

República de Cuba
Ministerio de Energía y Minas

**Estudio para la Recolección de Datos sobre el Sector de
Electricidad en la República de Cuba**
Informe Final

Marzo de 2016

Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA)

Nippon Koei Co., Ltd.
West Japan Engineering Consultants, Inc.

5R
JR
16-016

República de Cuba
Ministerio de Energía y Minas

**Estudio para la Recolección de Datos sobre el Sector de
Electricidad en la República de Cuba**
Informe Final

Marzo de 2016

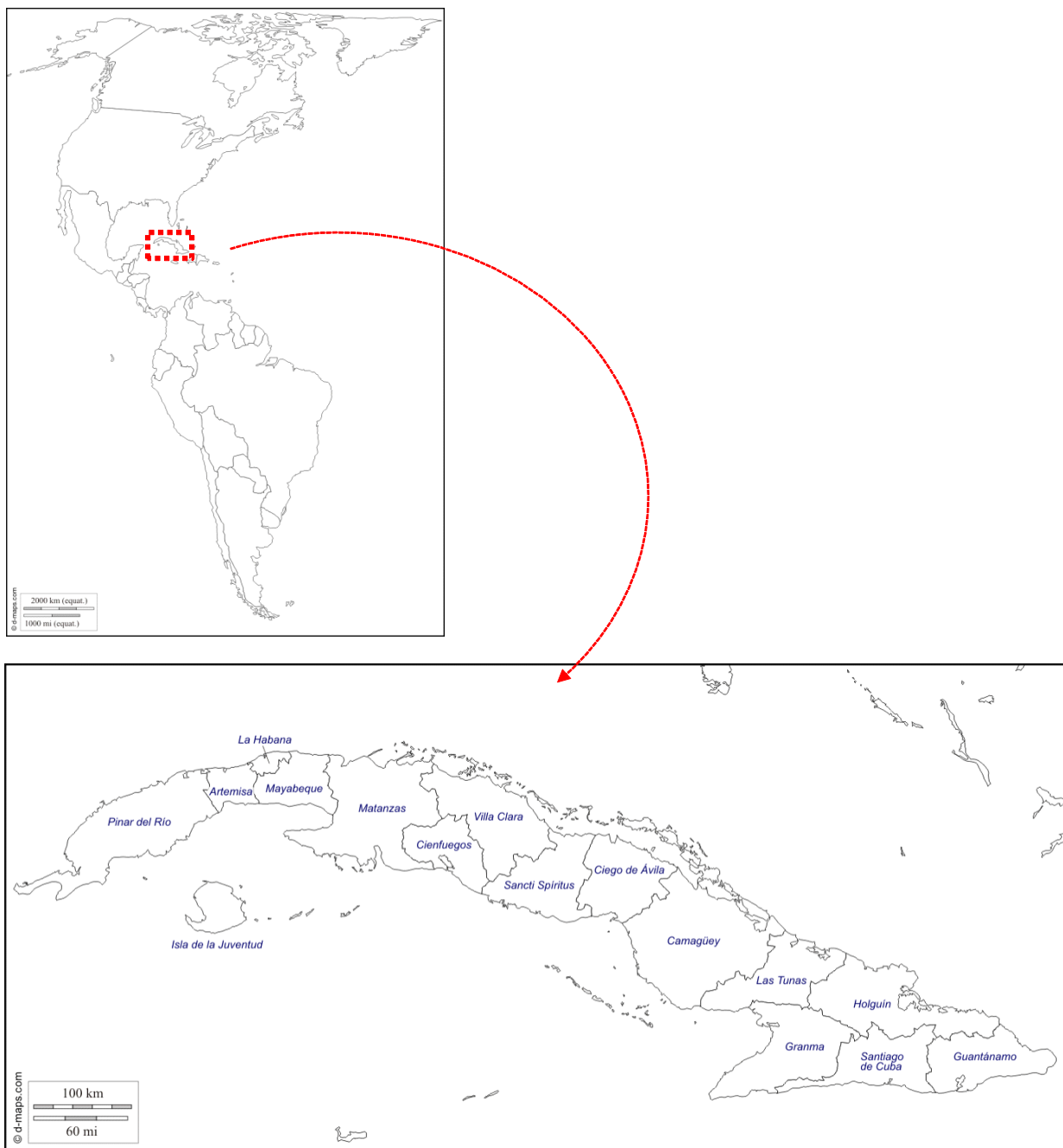
Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA)

Nippon Koei Co., Ltd.

West Japan Engineering Consultants, Inc.

Plano de ubicación del objeto del Estudio

El área objeto del Estudio es todo el territorio cubano.



(Fuente del mapa: d-maps.com)

Tabla de Contenido

Plano de ubicación del objeto del Estudio	i
Tabla de Contenido	ii
Terminología en Japonés, español e inglés	ix
Unidad de la moneda y tipo de cambio	xi
Capítulo 1. Introducción	1
1.1 Antecedentes del Estudio	1
1.2 Objetivos del Estudio	1
1.3 Miembros del Equipo de Estudio	2
1.4 Programa del estudio.....	2
Capítulo 2. Información básica del sector eléctrico.....	3
2.1 Instituciones del sector de energía eléctrica.....	3
2.1.1 Estructura institucional del gobierno de Cuba	3
2.1.2 Ministerio de Energía y Minas	4
2.1.3 Unión Eléctrica de Cuba	6
2.2 Políticas y planes principales de desarrollo nacional del sector de energía y electricidad.....	12
2.2.1 Políticas principales de desarrollo nacional del sector de energía y electricidad	12
2.2.2 Política sobre la energía eléctrica.....	14
2.3 Situación actual del sector de energía eléctrica y plan de desarrollo	15
2.3.1 Situación actual	15
2.3.2 Plan de desarrollo.....	17
2.3.3 Principales esfuerzos de Cuba para mejorar de la eficiencia del suministro eléctrico	20
2.4 Actividades de otros donantes.....	21
2.5 Situación sobre la inversión privada en el sector de energía eléctrica y la ley de inversión extranjera	22
Capítulo 3. Información sobre el sector de generación eléctrica	23
3.1 Organización y administración	23
3.1.1 Clasificación del sector de generación de energía térmica y sus nombres	23
3.1.2 Sistema del sector de generación de energía termoelectrica	24
3.2 Energía primaria para la generación eléctrica	25
3.2.1 Recursos de combustibles fósiles en el país.....	25
3.2.2 Combustibles fósiles importados	27
3.3 Información sobre las centrales eléctricas existentes	28
3.3.1 Centrales termoelectricas existentes	28
3.3.2 Generadores eléctricos diésel existentes	36
3.4 Plan de ampliación de fuentes eléctricas.....	41
3.4.1 Proyectos en ejecución.....	42
3.4.2 Plan de desarrollo.....	42
Capítulo 4. Información sobre el sector de transmisión eléctrica	43
4.1 Organización y administración	43
4.2 Información básica sobre el sistema de transmisión eléctrica.....	43
4.3 Líneas de transmisión eléctrica existentes	45

4.4	Subestaciones existentes	47
4.5	Plan de ampliación del sistema de transmisión.....	49
4.5.1	Proyectos en proceso de ejecución.....	49
4.5.2	Plan de Desarrollo.....	50
Capítulo 5.	Información sobre el sector de distribución eléctrica.....	53
5.1	Organización y administración	53
5.2	Información básica del sistema de distribución eléctrica.....	53
5.3	Sistema de distribución existente	55
5.4	Plan de ampliación del sistema de distribución	58
5.4.1	Proyectos en proceso de ejecución.....	58
5.4.2	Plan de desarrollo.....	60
Capítulo 6.	Régimen ambiental pertinente.....	61
6.1	Perfil del régimen.....	61
6.2	Trámites para la evaluación de impacto ambiental	61
6.3	Proceso de trámites	61
6.3.1	Trámites	61
6.3.2	Método de implementación de EIA en la Unión Nacional Eléctrica.....	62
6.3.3	Principales criterios.....	63
Capítulo 7.	Información de energías renovables.....	64
7.1	Políticas nacionales de desarrollo de energías renovables	64
7.2	Potencial de energías renovables	65
7.2.1	Biomasa.....	65
7.2.2	Energía eólica.....	68
7.2.3	Energía solar	69
7.2.4	Energía hidroeléctrica	71
7.3	Unidad de generación eléctrica con el uso de energías renovables existentes	72
7.3.1	Generación eléctrica por biomasa (bagazo)	73
7.3.2	Generación eólica.....	74
7.3.3	Generación solar fotovoltaica y aprovechamiento de calor solar.....	75
7.3.4	Generación hidroeléctrica	77
7.4	Plan de desarrollo de energías renovables y los proyectos en implementación	79
7.4.1	Biomasa.....	79
7.4.2	Energía eólica.....	81
7.4.3	Energía solar	83
7.4.4	Energía hidroeléctrica	84
Capítulo 8.	Información sobre el uso eficiente de la energía.....	87
8.1	Información sobre el consumo de energía.....	87
8.2	Estado de establecimiento de las leyes y regímenes relacionados con la mejora de la eficiencia energética	90
8.3	Estudio sobre la situación de diferentes establecimientos.....	91
8.3.1	Hotel.....	92
8.3.2	Oficinas gubernamentales	95
8.3.3	Hospital	97
Capítulo 9.	Información sobre establecimientos de entrenamiento sobre la energía eléctrica.....	101
Capítulo 10.	Problemas pendientes y soluciones	102
10.1	Problemas pendientes.....	102

10.2	Medidas de solución.....	106
10.3	Tecnología japonesa ventajosa.....	111
Capítulo 11.	Proyectos candidatos de la cooperación japonesa.....	114

Adjuntos

(Capítulo 2 Información básica del sector eléctrico)

- ♦ Adjunto A2-1 Sistema tarifario no residencial

(Capítulo 5 Información del sector de distribución eléctrica)

- ♦ Adjunto A5-1 Condiciones del suministro eléctrico: Cayo Coco
- ♦ Adjunto A5-2 Condiciones del suministro eléctrico: Cayo Santa María
- ♦ Adjunto A5-3 Condiciones del suministro eléctrico: Isla de la Juventud

(Capítulo 7 Información sobre energías renovables)

- ♦ Adjunto A7-1 Insolación media nacional mensual sobre la superficie plana
- ♦ Adjunto A7-2 Fotografías relacionadas con energías renovables tomadas en la visita de campo

(Capítulo 8 Información sobre el uso eficiente de energías)

- ♦ Adjunto A8-1 Estado del uso de la eficiencia energética en el Centro de Entrenamiento La Habana 1 de la Unión Eléctrica
- ♦ Adjunto A8-2 Condiciones de la fábrica de climatizador en Cuba
- ♦ Adjunto A8-3 Situación del alumbrado y aire acondicionado de la fábrica de panel solar
- ♦ Adjunto A8-4 Aprovechamiento de energías en instalaciones de desalinización en la central

Lista de Tablas

Tabla 2.1.1-1	Ministerios del Gobierno de Cuba	4
Tabla 2.1.3-1	Instalaciones y equipos principales	8
Tabla 2.1.3-2	Empresas de servicio con su nombre en japonés	9
Tabla 2.1.3-3	Estado de pérdidas y ganancias.....	11
Tabla 2.1.3-4	Balance financiero.....	12
Tabla 2.2.1-1	Aspectos relacionados con el sector de energía y electricidad dentro de los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución	13
Tabla 2.3.1-1	Sistema tarifario de consumo eléctrico para las familias normales.....	17
Tabla 2.3.2-1	Desglose de la energía eléctrica a generarse en 2030 por tipos de generación	19
Tabla 3.1.1-1	Clasificación del sector de generación de termoeléctrica en Cuba y sus nombres.....	23
Tabla 3.1.2-1	Rol de cada empresa del grupo en la generación termoeléctrica.....	24
Tabla 3.2.2-1	Precios de combustibles que compra UNE	28
Tabla 3.3.1-1	Perfil de las centrales termoeléctricas alimentadas a petróleo existentes.....	29
Tabla 3.3.1-2	Plan de reparación de la central termoeléctrica CMC	30
Tabla 3.3.1-3	Plan de reparación de central termoeléctrica alimentada a petróleo Este-Habana	32
Tabla 3.3.1-4	Perfil de las centrales termoeléctricas alimentadas a gas de ENERGAS	34
Tabla 3.3.1-5	Plan de reparación de central termoeléctrica alimentada a gas ENERGAS.....	35
Tabla 3.3.2-1	Resumen de los generadores eléctricos diésel existentes	37
Tabla 3.3.2-2	Plan de reparación de los generadores eléctricos diésel de D1. Habana220	38
Tabla 3.3.2-3	Plan de reparación de los generadores eléctricos diésel de la Planta San José	40
Tabla 4.3-1	Resumen de las líneas de transmisión eléctrica existentes.....	45
Tabla 4.3-2	No. de apagones en las redes de 220kV	46
Tabla 4.4-1	Subestaciones existentes	47
Tabla 5.2-1	Detalles de las obras realizadas en 2014 en las redes de distribución eléctrica de 34,5 kV	

	54
Tabla 5.3-1	Pérdidas en la transmisión y distribución.....	57
Tabla 7.2.1-1	Área de producción y producción real de caña de azúcar en el país	66
Tabla 7.2.4-1	Precipitaciones mensuales de cada Provincia en 2012 y 2013.....	72
Tabla 7.3-1	Unidad de generación eléctrica con el uso de energías renovables existentes	73
Tabla 7.3-2	Electricidad generada con respectivas energías renovables en 2014.....	73
Tabla 7.3.2-1	Principales factores y comienzo de la operación de los parques eólicos.....	75
Tabla 7.3.3-1	Capacidad instalada de los parques solares existentes	76
Tabla 7.3.4-1	Instalaciones de generación hidroeléctrica existentes	78
Tabla 7.4.1-1	Sitios planeados para la generación eléctrica alimentada a biomasa.....	80
Tabla 7.4.1-2	Proyectos en implementación y los que estarán próximamente	81
Tabla 7.4.2-1	Sitios proyectados de parques eólicos y sus capacidades instaladas.....	82
Tabla 7.4.2-2	Proyectos en implementación y los que estarán próximamente	83
Tabla 7.4.3-1	Capacidad instalada de las unidades de generación fotovoltaica conectadas con redes, prevista para cada año hasta 2029	83
Tabla 7.4.3-2	Proyectos en implementación	84
Tabla 7.4.3-3	Ubicación de los parques solares en construcción con fondos de Abudabí.....	84
Tabla 7.4.4-1	No. de sitios de generación hidroeléctrica proyectada por Provincia y capacidad instalada total	85
Tabla 7.4.4-2	Resumen del plan de desarrollo de generación hidroeléctrica en la 1ª etapa	86
Tabla 8.1-1	Consumo anual de energía per cápita en Cuba.....	87
Tabla 8.1-2	Consumo de energía en los establecimientos objeto de estudio.....	88
Tabla 10.1-1	Ordenamiento y evaluación de la situación actual del sector eléctrico en Cuba.....	103
Tabla 10.2-1	Medidas de solución de los problemas en el sector de energía eléctrica en Cuba.....	107
Tabla 10.3-1	Tecnología japonesa ventajosa	111
Tabla 11-1	Proyectos candidatos de la cooperación japonesa.....	114
Tabla 11-2	Cálculo de la capacidad de batería del sistema de red inteligente.....	116

Lista de Figuras

Figura 2.1.1-1	Estructura institucional del Gobierno de Cuba	3
Figura 2.1.2-1	Organigrama del Ministerio de Energía y Minas	5
Figura 2.1.3-1	Organigrama del Grupo UNE	6
Figura 2.1.3-2	Organigrama de la oficina central de la UNE	7
Figura 2.1.3-3	Lista de empresas de servicio.....	9
Figura 2.1.3-4	Organigrama de INEL.....	10
Figura 2.3.1-1	Capacidad de las plantas de generación eléctrica (MW) por tipos y proporción correspondiente de diciembre de 2014.....	15
Figura 2.3.1-2	Energía generada (MWh) por tipos de plantas y proporción correspondiente de 2014 ..	16
Figura 2.3.1-3	Curva de carga eléctrica al día en Cuba	16
Figura 2.3.2-1	Pronóstico de demanda de energía eléctrica del país hasta 2030 (consumo eléctrico anual).....	18
Figura 2.3.2-2	Pronóstico de máxima demanda, potencia instalada y potencia disponible.....	18
Figura 2.3.2-3	Plan de incremento de la proporción de energía renovable en la generación eléctrica hasta 2030	19
Figura 2.3.2-4	Plan de reducción de la importación de combustibles para las plantas de generación	

	eléctrica hasta 2030.....	20
Figura 3.1.2-1	Ejemplo del sistema de central termoeléctrica.....	25
Figura 3.2.1-1	Ubicación de campos petroleros e instalaciones relacionadas con el petróleo en Cuba ..	26
Figura 3.2.1-2	Evolución de la explotación del crudo y los gases asociados en Cuba	26
Figura 3.2.1-3	Explotación de crudo y escenario del estudio	27
Figura 3.3.1-1	Ubicación de las centrales termoeléctricas alimentadas a petróleo existentes	28
Figura 3.3.1-2	Fotografías de central termoeléctrica alimentada a petróleo CMC.....	31
Figura 3.3.1-3	Fotografías de central termoeléctrica alimentada a petróleo Este-Habana.....	33
Figura 3.3.1-4	Ubicación de las centrales termoeléctricas alimentadas a gas de ENERGAS	34
Figura 3.3.1-5	Fotografías de la central termoeléctrica alimentada a gas Boca de Jaruco	36
Figura 3.3.2-1	Ubicación de unidades de generadores eléctricos diésel alimentados a petróleo pesado y gasoil instaladas	37
Figura 3.3.2-2	Fotografías de la D1 Habana 220.....	39
Figura 3.3.2-3	Fotografías de los generadores eléctricos diesel de la Planta San José.....	41
Figura 4.1-1	Organigrama del Despacho Nacional de Carga.....	43
Figura 4.2-1	Supuestas rutas de las redes troncales de transmisión eléctrica de 220 kV, elaboradas a partir de imágenes satelitales	44
Figura 4.3-1	Cantidad total anual de interrupciones por cada 100km de líneas de transmisión	46
Figura 4.3-2	Evolución de pérdidas en la transmisión eléctrica en las redes de 220kV	46
Figura 4.3-3	Evolución de la demanda eléctrica pico (2005-2014)	47
Figura 4.4-1	Transformador de 220/110 kV de la S/E Habana 220.....	48
Figura 4.4-2	Unidad de transformador de Energas S.A. Planta Boca de Jaruco.....	48
Figura 4.4-3	Subestación de Cienfuegos	49
Figura 4.5-1	Plan de construcción de subestación Metropolitano de 220 kV y líneas de transmisión eléctrica de 220 kV	50
Figura 4.5-2	Ejemplo 1 del Proyecto de ampliación de líneas de transmisión eléctrica.....	51
Figura 4.5-3	Ejemplo 2 del Proyecto de ampliación de líneas de transmisión eléctrica.....	51
Figura 4.5-4	Proyecto de ampliación de líneas de transmisión eléctrica de 110 kV, relacionado con la construcción de nuevo parque eólico de Maisí	52
Figura 5.1-1	Organigrama del Despacho Provincial de Carga la Habana.....	53
Figura 5.2-1	Evolución del número de usuarios y del consumo eléctrico medio/mes/ usuario	54
Figura 5.3-1	Transformador de Simón Bolívar de 34,5/13,8kV	56
Figura 5.3-2	Horas de apagones/ año/usuario causados por accidentes en líneas de distribución eléctrica	56
Figura 5.3-3	Evolución de la frecuencia anual de interrupciones por cada 1,000 clientes	57
Figura 5.3-4	UDC de la línea de distribución de 13,8kV y transformador de 34,5/13,8kV instalado en el poste eléctrico.....	58
Figura 5.4.1-1	Fotografías de la subestación de Ciudad Libertad.....	59
Figura 5.4.1-2	Fotografías de vatihorímetros digital	60
Figura 7.2.1-1	Producción de caña de azúcar	67
Figura 7.2.2-1	Potencial eólico en el territorio cubano (a 50m sobre el suelo)	68
Figura 7.2.2-2	Instrumento de observación de condiciones de viento en el sitio piloto de Turiguanó (a 50m sobre la tierra)	69
Figura 7.2.3-1	Radiación solar media anual sobre la superficie plana en Cuba (kWh/m ² -día)	70
Figura 7.3.1-1	Instalaciones de generación eléctrica existente con bagazo (4 MW): Fábrica azucarera Panchito Gómez Toro, Provincia de Villa Clara.....	74

Figura 7.3.2-1	Ubicación y capacidad instalada de los parques eólicos	74
Figura 7.3.2-2	Unidad de generación eléctrica existente del parque eólico de Turiguano (250 kW×2unidades)	75
Figura 7.3.3-1	Unidades de generación fotovoltaica existentes.....	76
Figura 7.3.3-2	Instalaciones de generación solar fotovoltaica existentes	77
Figura 7.3.3-3	Ejemplo de instalación de calentador de agua alimentado a energía solar existente.....	77
Figura 7.3.4-1	Central hidroeléctrica de Zaza (capacidad instalada 1.350 kW×2unidades).....	79
Figura 7.4.1-1	Sitios de generación eléctrica alimentada a biomasa en el Plan de Desarrollo	80
Figura 7.4.2-1	Sitios proyectados de parques eólicos	82
Figura 7.4.4-1	Ubicación de centrales hidroeléctricas proyectadas	85
Figura 8.1-1	Proporción de consumo de energía por sectores	88
Figura 8.2.3-1	Fotografías del Instituto de Refrigeración y Climatización	91
Figura 8.3.1-1	Resultado del análisis de consumo de energía en el Hotel Habana Libre	93
Figura 8.3.1-2	Fotografías del Hotel Habana Libre	94
Figura 8.3.2-1	Resultado del análisis de consumo de energía en las oficinas gubernamentales relacionadas con la energía	96
Figura 8.3.2-2	Fotografía del edificio de oficinas gubernamentales.....	97
Figura 8.3.3-1	Resultado del análisis de consumo de energía en el Hospital Julio Díaz González	99
Figura 8.3.3-2	Fotografías del Hospital Julio Díaz González.....	100
Figura 10.1-1	Ordenamiento y evaluación de la situación actual del sector eléctrico en Cuba	102
Figura 10.1-2	Problemas pendientes a emprender	105
Figura 11-1	Plan de introducción de red inteligente a nivel nacional.....	115

Terminología en Japonés, español e inglés

Japonés	Español	Inglés	Acrónimo/ Observaciones
Ministerios			
エネルギー鉱山省	Ministerio de Energía y Minas	Ministry of Energy and Mines	MINEM
地質調査局(エネルギー鉱山省)	Dirección de Geología del MINEM	Geological Department of MINEM	MINEM
エネルギー効率利用局	Oficina nacional de uso racional de la energía (ONURE)	National Office for Use of Rational Energy (ONURE)	MINEM
水資源庁	Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos	National Institute of Water Resources	INRH
農業省	Ministerio de la Agricultura	Ministry of Agriculture	MINAGRI
貿易及び外国投資省	Ministerio del Comercio Exterior y la Inversión Extranjera	Ministry of External Trade and Foreign Investment	MINCEX
観光省	Ministry de Turismo	Ministry of Tourism	Mintur
気象庁	Instituto de Meteorología	Institute of Meteorology	INSMET
国家エネルギー効率利用局	Oficina Nacional de Uso Racional de Energía	National Office of Rational Use of Energy	ONURE
国家規格局	Oficina Nacional de Normalización	Office for National Standardization	CITMA
環境検査センター 科学技術環境省 (CITMA)	Center de Inspección y Control ambiental (ORASEN), CITMA	Center for Inspection and Environmental Control (ORASEN), CITMA	Ministry of Science Environmental and Technology (CITMA)
Empresas relacionadas con la electricidad			
キューバ電力公社	Unión Eléctrica	National Electric Company	UNE
電気設備設計計画会社	Empresa de Ingeniería y Proyectos de Electricidad	Company of Engineering and Projects for Electricity	INEL
ハバナ配電会社 / ハバナ地区配電指令所	Empresa Eléctrica la Habana / Despacho Provincial de Carga la Habana	Habana Electricity Distribution Company / Habana Provincial Load Dispatch	
水力発電会社	Empresa de Hidroenergía	Hydro Power Electric Enterprise	
ザザ水力発電会社	Hidroeléctrica de Zaza	Enterprise for Hydro Energy	ZAZA project site
エステハバナ火力 発電会社	Central Termoeléctrica Este-Habana	Thermal Power Plant Este-Habana	
シエンフエゴス火 力発電会社	Empresa Termoeléctrica Cienfuegos	Thermal Power Plant of Cienfuegos	
再生可能エネルギー 開発投資会社	Empresa de Desarrollo e Inversión en Fuentes Renovables de Energía	Enterprise for Development and Investment in Renewable Energy	EDIFRE
キューバ石油会社	Unión Cuba-Petróleo		CUPET
発電プラント補修 会社	Empresa de Mantenimiento a Centrales Eléctricas		EMCE
ディーゼル発電補 修会社	Empresa de Mantenimiento de Grupo Electrónicos Fuel		EMGEF
発電・電気サービス 会社	Empresa de Grupos Electrónicos y Servicios Eléctricos		GEYSEL
情報技術・自動化会 社	Empresa de las Tecnologías Información y la Automática		ATI
独立系発電事業者	Productor Independiente de Energía	Independent Power Producer	IPP

Japonés	Español	Inglés	Observaciones
Instalaciones de suministro eléctrico			
中央給電指令所	Despacho Nacional de Carga	National Dispatch Center	DNC
カヨココ島独立発電供給所	Estación de Suministro de Energía Sistema Aislado	Isolated Power Supply Plant	At Cayo Coco island, Ciego de Avila
ハバナ ディーゼル発電所	D1 Habana 220	Habana 220 Diesel Power Station	
エネルギーボカデハルゴガスコンバインドサイクル発電所	Energas S.A. Planta Boca de Jaruco	Energas S.A. Boca de Jaruco Gas Combined Cycle Power Station	
ハバナ 220kV 変電所	S/E Habana 220	Habana 220 Substation	
サンホセディーゼル発電所	Planta San José	San Jose Diesel Power Station	
クルセス太陽光発電パーク	Parque Solar Fotovoltaico de Cruces	Solar Photovoltaic Park	in CRUCES, Cienfuegos
トゥリグアノ風力発電パーク	Parque de Eólico	Existing Wind park	At Turiguano, Ciego de Avila
キウダリベルタ 110/13.8kV 変電所	S/E 110kV Ciudad Libertad	Ciudad Libertad 110/13.8kV Substation	
シモンボリファル 34.5/13.8kV 変電所	Subestación Simón Bolívar	Simón Bolivar 34.5/13.8kV Substation	

Abreviatura	Nombre oficial	Japonés
Clasificación de instalaciones de generación termoeléctrica		
CTE Crude	Central Termoeléctrica generado con Crudo	原油焼き石油火力発電所
CTE Fuel	Central Termoeléctrica generado con Fuel	重油焼き石油火力発電所
GE Motor	Grupos Electrógenos Motores Fuel Central Termoeléctrica	火力発電所構内ディーゼルエンジン発電設備
GE Fuel	Grupos Electrógenos Fuel Distribuidos	重軽油焼きディーゼルエンジン発電設備
GE Diesel	Grupos Electrógenos Diesel Distribuidos	軽油焼きディーゼルエンジン発電設備
Picos	Plantas Picos	ピーク対応ガスタービン発電設備

Japonés	Español	Inglés	Observaciones
Otros			
IH ヒーター組み立て会社	Fábrica de cocinas de inducción	Induction Heater (IH) cooker assembly factory	Ministry of Industry
冷蔵空調研究所	Instituto de Refrigeración y Climatización	Institute of Refrigeration and Air conditioning (Laboratory)	IRC
電気機器品質管理ラボ	Laboratorio de Equipamientos Eléctricos Tecnológicos (Centro de Tecnología y Calidad Industrial)	Laboratory for Electrical Equipment (Industrial Quality Center)	LABET
太陽光パネル生産工場	Planta de Paneles Solares Fotovoltaicos	Solar PV panel Assembling Industry	At Pinar de Rio
インディオアウエ農業試験研究所	Estación Experimental Indio Hatuey	Experimental Station Indio Hatuey	IH (in Matanzas)
キューバ砂糖生産グループ	AZCUBA	Sugar Industry Enterprise of Cuba	AZCUBA
AZCUBA 砂糖工場	Central Azucarero "Panchito Gómez Toro" en Villa Clara	AZCUBA Sugar Factory	in Villa Clara
ピナル・デ・リヨ小水力発電可能な既存農業用ダム	Presa de Irrigación de Pinar del Rio para Pequeño central Hidroeléctricas	Existing Irrigation Dam using Small Hydro at Pinar del Rio	At Pinar de Rio Site
フリヨ・ディアス・ゴンサレス病院	Hospital "Julio Díaz González "	Julio Diaz Gonzalez Hospital	Hospital の調査
フリオリマー	FRIOCLIMA	FRIOCLIMA	FRIOCLIMA (Air Conditioner) Factory の調査

Unidad de la moneda y tipo de cambio

- ◆ CUP: peso cubano
- ◆ CUC: peso convertible (CUC 1,0 = CUP 25)
En la contabilidad empresarial en Cuba, se adopta CUC 1.0 = CUP 1.0.
- ◆ USD: dólar norteamericano (USD 1.0 = CUC 1.0)

Capítulo 1. Introducción

1.1 Antecedentes del Estudio

La República de Cuba (en lo sucesivo referido como “Cuba”) es un país que tiene un alto potencial de crecimiento económico por sus recursos naturales y recursos humanos con alto índice de alfabetismo. Constituye para el gobierno uno de los desafíos más grandes mantener el equilibrio de oferta y demanda de la energía eléctrica para hacer frente al incremento de la demanda energética asociada con el futuro crecimiento económico.

En la proporción de las energías eléctricas según la fuente energética en 2014 en Cuba, la generación termoeléctrica incluyendo la generación con motor diésel representa el 94,8% aproximadamente, las energías renovables, al 5,2% (Biomasa: 4,5%, energía eólica: 0,1%, energía hidroeléctrica: 0,5%, y energía solar fotovoltaica: 0,1%). A pesar de que Cuba es importador de crudo, no es buena la calidad del mismo y el 38% (2013) de los combustibles petroleros en la generación eléctrica depende de la importación. La importación de este recurso constituye una gran carga sobre el balance de pagos, además de que es susceptible a la situación internacional. Por consiguiente, Cuba tiene por objetivo aumentar la proporción de la generación eléctrica con energías renovables al 24% antes de 2030, para lograr una diversificación de las fuentes energéticas. En el año 2006 el gobierno de Cuba anunció la “Revolución Energética de Cuba”, y está invirtiendo esfuerzos en el ahorro energético, ampliación de la red nacional de transmisión, suministro de energía en todo el país a través de las pequeñas plantas eléctricas tipo sistema energético distribuido, implementación de nuevas tecnologías relacionada con la energía renovable, desarrollo y aumento de la producción del petróleo nacional y del gas natural asociado a este, cooperación con la sociedad internacional, etc.

En abril de 2013, la Misión Conjunta de Consultas sobre Políticas conformada por el Ministerio de Relaciones Exteriores del Japón y la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), sostuvo discusiones con las autoridades cubanas llegando a acordar promover la cooperación tipo asociación público-privada. En esta oportunidad, el gobierno de Cuba propuso el sector de la electricidad como uno de los sectores objeto de la cooperación. Por otro lado, en abril de 2015, JICA y el Ministerio de Energía y Minas de Cuba confirmaron la necesidad de recolectar y organizar la información básica para iniciar el análisis de las propuestas concretas de cooperación en el sector de la electricidad. La información que se requiere recolectar incluye los desafíos, las necesidades del sector y, la tecnología japonesa aplicable para la solución a estos problemas.

El presente Estudio consiste en recabar y analizar información sobre la situación actual del sector de electricidad de Cuba, identificar los desafíos y las posibles soluciones para superar dichos desafíos.

1.2 Objetivos del Estudio

A continuación se indican los objetivos del presente Estudio.

- ♦ Recabar y analizar integralmente la información del sector de electricidad de Cuba.
- ♦ Identificar los desafíos que deben ser abordados.
- ♦ Recabar información sobre la tendencia de la asistencia de otros donantes en el sector de electricidad.
- ♦ Recabar información sobre la tecnología japonesa que se espera aplicar en Cuba.

- ♦ Poner en orden las medidas concretas que la AOD japonesa pueda llevar a cabo para obtener medidas de solución de problemas o para solucionarlos a corto plazo (dentro de 1 ó 2 años), a mediano plazo (en los 5 próximos años) y a largo plazo (en el futuro).
- ♦ Invitar a las autoridades del sector de electricidad de Cuba al Japón con el fin de dar a conocer la tecnología y las experiencias japonesas, así como para intercambiar opiniones sobre la posibilidad de extender la cooperación japonesa.
- ♦ Asistir a la organización de los seminarios de JICA en Japón y en Cuba con el fin de transmitir información sobre el contenido del presente Estudio.











1.3 Miembros del Equipo de Estudio

El Estudio fue realizado por los 6 expertos abajo indicados.

	Nombre apellido	Cargos	Organización
1	Tomoyasu Fukuchi	Jefe del Equipo / Plan de desarrollo eléctrico	Nippon Koei Co., Ltd.
2	Masashi Higo	Generación térmica	West Japan Engineering Consultants, Inc.
3	Deepak Bista	Energía renovable	Nippon Koei Co., Ltd.
4	Teruaki Matsuo	Plan de transmisión y distribución	West Japan Engineering Consultants, Inc.
5	Toru Takaobushi	Uso eficiente de energía / Ahorro energético	Nippon Koei Co., Ltd.
6	Shinji Nambo	Consideraciones ambientales y sociales / Finanza, Organización y Institución	West Japan Engineering Consultants, Inc.

1.4 Programa del estudio

El programa general del Estudio se presenta a continuación.

Año y mes	2015			2016			
	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Cuba							
Japón							
Presentación de Informes		 Informe Inicial (A principios de octubre)		 Borrador del Informe Final (A finales de enero)	 Informe Final	 Informe Final (A mediados de marzo)	

Trabajos en Cuba

1er trabajo local

Del 30 de septiembre (miércoles) al 1 de noviembre (domingo) de 2015 (Estadía en Cuba: del 30/09 al 29/10)

2º trabajo local

Del 1 de diciembre (martes) al 16 de diciembre (miércoles) de 2015 (Estadía en Cuba: del 02/12 al 14/12)

3er trabajo local

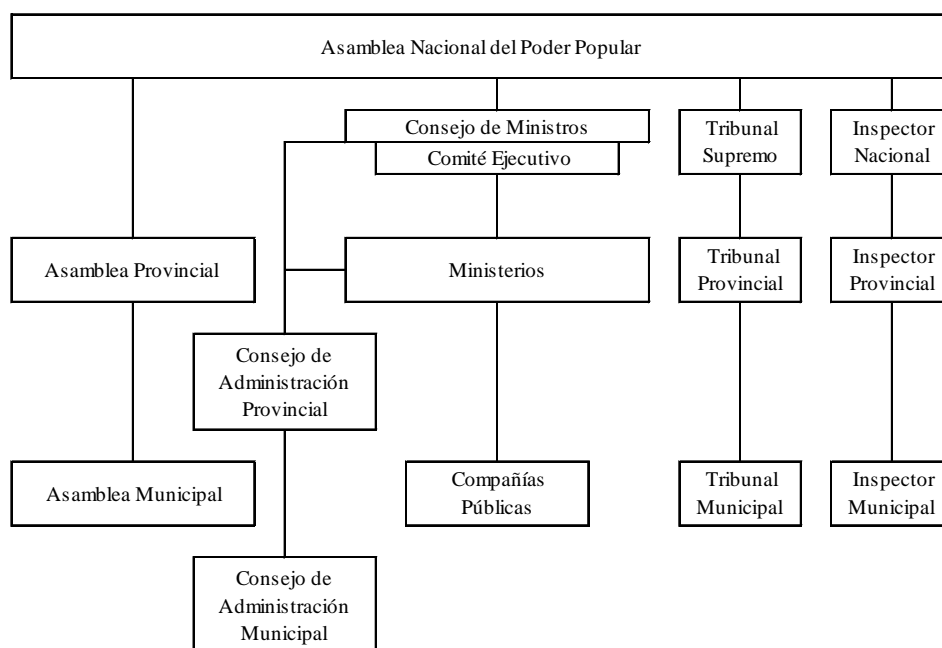
Del 19 de enero (martes) al 3 de febrero (miércoles) de 2016 (Estadía en Cuba: del 20/01 al 31/01)

Capítulo 2. Información básica del sector eléctrico

2.1 Instituciones del sector de energía eléctrico

2.1.1 Estructura institucional del gobierno de Cuba

La estructura institucional del Gobierno de Cuba es tal como se muestra en la Figura 2.1.1-1, clasificándose en los niveles central y local, el cual se divide a su vez en el nivel provincial (provincias) y el municipal (municipalidades). El nivel central, a cuya cabeza se encuentra la Asamblea Nacional del Poder Popular, cuenta con 4 potestades: judicial, legislativa, ejecutiva e inspectora. En el gobierno central se encuentra el Consejo del Estado y el Consejo de Ministros, y bajo éste último existen 29 ministerios (véase la Tabla 2.1.1-1).



Fuente: Mapa Informativo, Geo, 2009

Figura 2.1.1-1 Estructura institucional del Gobierno de Cuba

Tabla 2.1.1-1 Ministerios del Gobierno de Cuba

1	Ministerio de Economía y Planificación
2	Ministerio de Gobierno
3	Ministerio de Agricultura
4	Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente
5	Ministerio de Comercio Interior
6	Ministerio de Información y Comunicaciones
7	Ministerio de Construcción
8	Ministerio de Cultura
9	Ministerio de Educación
10	Ministerio de Educación Superior
11	Ministerio de Finanzas y Precios
12	Ministerio de Industria Alimentaria
13	Ministerio de Energía y Minas
14	Ministerio del Interior
15	Ministerio de Justicia
16	Ministerio de Relaciones Exteriores
17	Ministerio de Salud Pública
18	Ministerio de Trabajo y Seguridad Social
19	Ministerio de Transporte
20	Ministerio de Turismo
21	Ministro del Comercio Exterior y la Inversión Extranjera
22	Contraloría General de la República
23	Instituto de Aviación Civil de Cuba
24	Instituto Cubano de Radio y Televisión
25	Instituto Nacional de Deportes, Educación Física y Recreación
26	Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos
27	Banco Nacional de Cuba
28	Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias
29	Ministerio de Industrias

Nota 1: Se indican los ministros de acuerdo con el texto original, que se basa en el orden alfabético en español.

Fuente: Documento recibido de la UNE, Consejo de Ministros

2.1.2 Ministerio de Energía y Minas

El órgano competente y responsable de las políticas de energía es el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), que tiene bajo su jurisdicción los siguientes sectores:

- ♦ Sector de la energía: Generación, transmisión, distribución y venta de energía eléctrica, uso racional de energía, y desarrollo de energía renovable
- ♦ Sector del petróleo y gas: Prospección, desarrollo, refinación y venta de petróleo y gas
- ♦ Sector de desarrollo de recursos minerales: Investigación, evaluación y desarrollo

El trabajo fundamental del MINEM consiste en elaborar, realizar y supervisar las políticas, y se asienta en el principio de hacer un desarrollo sostenible.

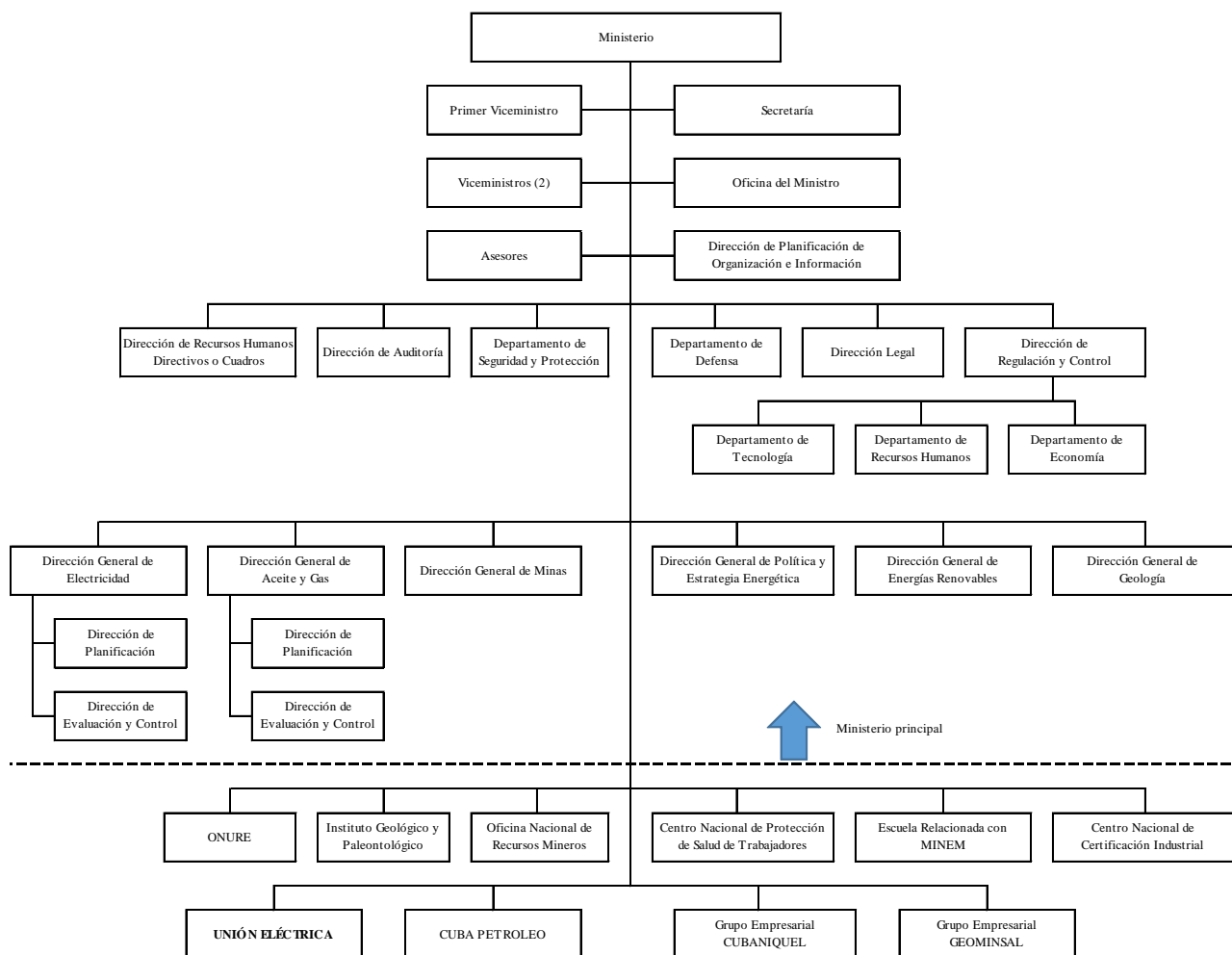
Dentro de los sectores arriba indicados, existen las siguientes políticas aprobadas en el Consejo de Ministros:

- 1) Política sobre la ampliación de actividades de estudio geológico
- 2) Política sobre la venta libre de equipos de cocción y combustible para uso doméstico

3) Política sobre el desarrollo de energía renovable y uso racional de energía

Además, política sobre minería y energía esta en proceso de elaboración¹.

El organigrama del MINEM es tal como se muestra abajo, en la Figura 2.1.2-1.



Nota: ONURE es la Oficina Nacional de Uso Racional de Energía

Fuente: Datos del MINEM presentados en el seminario sobre la situación actual del sector de energía eléctrica en Cuba

Figura 2.1.2-1 Organigrama del Ministerio de Energía y Minas

El órgano competente y responsable de la política de energía es la Dirección de Política y Estrategia Energética Nacional. Cuando se trata concretamente de la política de la energía eléctrica, la Dirección General de Electricidad es la autoridad competente. Esta dirección general se compone de la Dirección de Planificación y la Dirección de Evaluación y Control. En cuanto a la energía renovable, la Dirección de Energía Renovable es la autoridad responsable. Todas estas direcciones, junto con la Dirección de Política y Estrategia Energética Nacional, estudian entre sí la política de la energía para elaborar la política energética. La plantilla del MINEM consta de 150 empleados propios, aproximadamente, y el número total de personas que trabajan para él es de 95.000, incluyendo a las entidades relacionadas².

Dentro del MINEM, como entidad relacionada con la energía, se encuentra la Oficina Nacional de Uso Racional de Energía (ONURE). La ONURE es una oficina que pretende promover el uso racional de

¹ Datos obtenidos mediante preguntas al MINEM y datos del MINEM presentados en el seminario organizado por JICA sobre la situación actual del sector de energía eléctrica en Cuba, noviembre de 2015.

² La información sobre la jurisdicción se ha obtenido a través de la explicación del MINEM, y los otros datos provienen de la información proporcionada por el MINEM en el seminario organizado por JICA sobre la situación actual del sector de energía eléctrica en Cuba, noviembre de 2015.

energía, y otras oficinas que están en este mismo nivel sus cargos son realizar y supervisar las políticas. La ONURE cuenta con un total de 16 delegaciones y 513 personas³ cubriendo todas las provincias y la isla de la Juventud.

El Centro Nacional de Certificación Industrial (CNCI) es una entidad que acreditan las técnicas de alto nivel, realizando también la capacitación técnica necesaria para alcanzar dicho objetivo. El contenido de la capacitación se indicará más adelante.

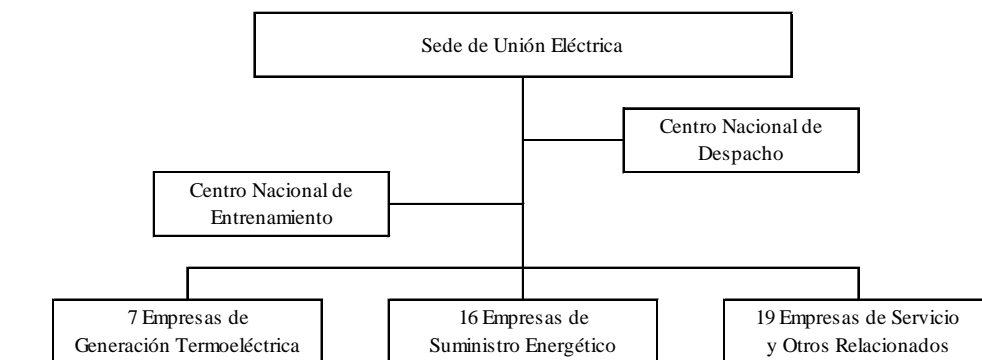
La Unión Eléctrica de Cuba (UNE) es la entidad responsable de la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica de todo el territorio cubano. En cuanto a los detalles, se explicarán en el siguiente apartado.

2.1.3 Unión Eléctrica de Cuba

(1) Generalidades

La UNE, debajo de MINEM, es la entidad responsable de la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica y de la recaudación de la tarifa de electricidad. El Grupo UNE tiene 3.766 mil conexiones residenciales, con la venta total de 8.984 millones de pesos cubanos en el 2014, y sus activos ascienden a 7.822 millones de pesos. La capacidad instalada es de 5.500MW, aproximadamente, suministrando energía eléctrica para atender la máxima demanda, de 3.200MW, en las horas pico.

La UNE es una organización que cuenta con un total de 50 mil empleados, aproximadamente, y tal como se muestra en la Figura 2.1.3-1, está compuesta por la Oficina Central, Despacho Nacional de Carga, Centro Nacional de Capacitación y empresas afiliadas.



Fuente: Datos sobre la UNE y entrevistas

Figura 2.1.3-1 Organigrama del Grupo UNE

Existen 42 empresas filiales, que consisten en 16 empresas de distribución de energía eléctrica, 7 empresas térmicas generadoras de gran escala, 2 empresas pequeñas de generación distribuidas y gestión (GEYSEL y EMGEF) y 17 empresas de servicios. Se dice que la razón de haberse dividido en estas empresas es para mejorar la eficiencia y lograr la facilidad de microgestión.

Hay 16 empresas de distribución de energía eléctrica para cubrir las 15 provincias y la Isla de la Juventud. Hay 7 centrales termoeléctricas de gran escala, cada una opera como una empresa independiente. Las 2 empresas pequeñas de generación distribuida y gestión son: EMGEF (Empresa de Mantenimiento de Grupos Eléctricos), que cuenta con centrales térmicas de petróleo pesado, y GEYSEL (Grupo Eléctrico y Servicios Eléctricos), que dispone de plantas térmicas diésel. En octubre de 2015 se hizo la transferencia de la administración de las plantas pequeñas de generación eléctrica, distribuidas por todo el

³ En el mismo nivel se encuentra la ONRM (Oficina Nacional de Recursos Minerales).

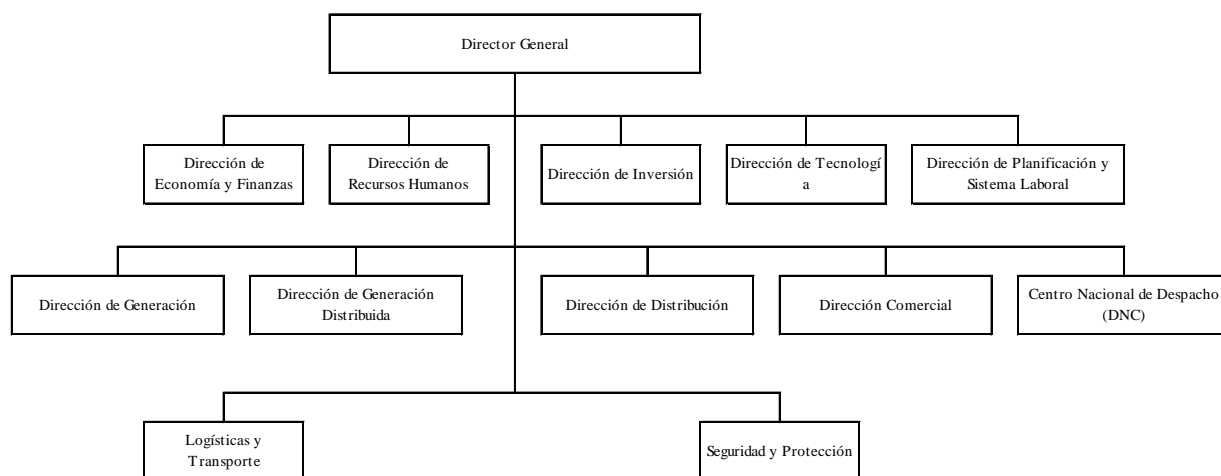
país, a estas 2 empresas, por lo que las mismas pasaron a clasificarse como empresas del sector de generación eléctrica en lugar de empresas de mantenimiento.

La configuración de las 25 empresas, conformadas por las 7 empresas de generación eléctrica y las 16 de distribución eléctrica, junto con EMGEF y GEYSEL, es similar al sistema de compañía interempresarial de Japón. Es decir, los gastos de operación y el costo de inversión son cubiertos totalmente por la UNE, y la venta total de suministro eléctrico es recaudada una vez por la UNE. Se calculan los ingresos y los gastos cada mes haciendo una cuenta unificada. Los beneficios se distribuyen en principio de acuerdo con el número de empleados entre todas las entidades afiliadas, incluida la oficina central de la UNE.

La razón de tener una sola cuenta unificada es que en la situación actual el servicio de suministro eléctrico en Cuba se basa en los subsidios del gobierno, tratándose de un servicio estatal monopolizado. Para lograr la eficiencia en este servicio estatal, la UNE, que es una organización de gran tamaño, se dividió en varias empresas. Con esto, las empresas resultantes de la división podían realizar el servicio de manera autónoma y a su propia discreción, lo cual permitió maximizar los beneficios de cada empresa de modo eficaz, contribuyendo a la mejora de eficiencia en la totalidad de la UNE. Sin embargo, por tratarse de un servicio basado totalmente en los subsidios, se necesita el trabajo de minimizar los mismos y optimizar su distribución dentro del servicio de suministro eléctrico. Para este trabajo se requiere controlar los beneficios de manera unificada.

(2) Oficina central de la UNE

La oficina central de la UNE controla las 42 empresas afiliadas, y tiene atribuciones para elaborar el plan de inversión, determinar la eficiencia general y distribuir los gastos y beneficios. En la Figura 2.1.3-2 se muestra el organigrama de la oficina central, que cuenta con 300 empleados, aproximadamente.



Fuente: Entrevistas a la UNE

Figura 2.1.3-2 Organigrama de la oficina central de la UNE

En la Tabla 2.1.3-1 se muestran las principales instalaciones y equipos de los que dispone el Grupo UNE. Existen centrales de generación eléctrica de gran escala en 7 lugares, plantas de petróleo en 39 lugares, plantas diésel de pequeña escala en 150 lugares, subestaciones de 220kV en 24 lugares, subestaciones de 110kV en 137 lugares, subestaciones de 34,5kV en 1.985 lugares, línea de transmisión de 220kV con longitud total de 3.086km y línea de transmisión de 110kV con longitud total de 4.560km.

Tabla 2.1.3-1 Instalaciones y equipos principales

Central de generación eléctrica de gran escala	7 lugares
Planta de petróleo pesado (GE Fuel)	39 lugares
Planta diésel de sistema distribuido (GE Fuel)	150 lugares
Subestación de 220 kV	24 lugares
Subestación de 110 kV	137 lugares
Subestación de 34,5 kV	1.985 lugares
Línea de transmisión de 220 kV	3.086 km
Línea de transmisión de 110 kV	4.560 km
Línea de transmisión de 34,5 kV	10.882 km
Línea de distribución	42.221 km
Transformador de distribución	171.275 unidades

Fuente: Datos de la presentación de la UNE en inglés

(3) Despacho Nacional de Carga

El Despacho Nacional de Carga se encuentra situado por debajo de la UNE. Las centrales de generación eléctrica y las líneas de transmisión de 220 kV y 110 kV son operadas por este despacho, y otras líneas inferiores se operan a través del Despacho Provincial de Carga.

El Despacho Nacional de Carga cuenta con un total de 75 personas, que trabajan en 5 equipos. Cada equipo consta de 7 personas, que son 3 operadores, incluido el jefe, y 4 asistentes.

En este despacho se pronostica la demanda diaria con un día de antelación, y se monitorea la demanda real del día actual, con el objetivo de gestionar la operación de las plantas de generación eléctrica de acuerdo con esta demanda. El objetivo es suministrar electricidad más económica, estable y de mejor calidad.

(4) Empresas de servicio

Como empresas de servicio, se pueden citar: Empresa de Ingeniería de Proyectos para la Electricidad (INEL), Empresa de Hidroenergía (Hidroenergía), Empresa Importadora y Exportadora (ENERGOIMPORT), Empresa de Tecnología, Informática y Automática (ATI), Empresa Desarrolladora de Inversión de Fuentes de Energía Renovable (EDIFRE), Empresa de Construcción de la Industria Eléctrica (ECIE), etc.

En la Figura 2.1.3-3 se muestra la lista de las empresas de servicio, y en la Tabla 2.1.3-2 se indica en japonés el nombre de cada empresa dando importancia a su función.



Nota) Desde octubre de 2015, GEYSEL y EMGEF empezaron a contar con centrales de generación eléctrica. Como consecuencia de esto, ambas empresas quedan fuera del ámbito de las empresas de servicio, aunque están incluidas en la figura de arriba.

Fuente: Datos de la UNE y entrevistas a la misma

Figura 2.1.3-3 Lista de empresas de servicio

Tabla 2.1.3-2 Empresas de servicio con su nombre en japonés

Denominación o abreviatura	Denominación oficial	Denominación en japonés
1 EMCE	Empresa de Mantenimiento Centrales Eléctricas	メンテナンス会社
2 GEDICH	Generación Distribuida Ciudad Habana	ハバナ配電会社
3 Empresa de Hidroenergía		水力発電会社
4 ENERGOIMPORT	Empresa Importadora y Exportadora	機器輸出入会社
5 ENERGMAT	Empresa de Materiales para la Energía	機材部品供給会社
6 EPE	Empresa de Producciones Electromecánicas	電気機器製造会社
7 ECIE	Empresa de Construcción de la Industria Eléctrica	電気工事会社
8 ESTEC	Empresa de Servicios Técnicos Especializados	特殊技術会社
9 ETEP	Empresa de Transportes y Equipos Pesados	輸送会社
10 ATI	Empresa de Tecnología, Información y Automática	電装・計測会社
11 UNECAMOTO		小規模ジェネレータ設置会社
12 UNECAMOTO Montana		ジェネレータ山岳設置会社
13 INEL	Empresa de Ingeniería de Electricidad y Proyectos para la electricidad	電気設備設計会社
14 SIECSA	Servicios de Ingeniería y Eléctrica Cubana S.A	対外技術指導会社
15 EDFRE	Empresa de Inversión de Fuentes de Energía Renovable	風力PV投資会社
16 ENERGAS		カナダ民間企業合弁会社
17 SERVICIASICA	Empresa de Servicios del Ministerio de Energía y Minas y La Union Electrica	施設サービス・メンテナンス会社

Nota) La Empresa de Hidroenergía está clasificada como empresa de servicio, ya que la capacidad de generación eléctrica es pequeña.

Fuente: Datos de la presentación de la UNE en inglés y entrevista a la UNE

Dentro de las empresas de servicio, existe la Empresa de Ingeniería de Proyectos de Electricidad (INEL), que realiza trabajos relacionados con la ingeniería eléctrica. INEL cuenta con 559 empleados, y tiene 2 sucursales fuera de La Habana y un centro de investigación. Más del 90% de los trabajos se realizan para

la UNE. El diseño, ingeniería, supervisión de obras de instalación, análisis, etc., sobre los proyectos de electricidad son contratados por INEL. En la Figura 2.1.3-4 se muestra el organigrama.



Fuente: Unión Eléctrica de Cuba

Figura 2.1.3-4 Organigrama de INEL

(5) Operación de la UNE

La UNE elabora el plan de operación al comenzar un nuevo año fiscal⁴, para obtener la aprobación del Ministerio de Economía y Planificación y recibir presupuesto. Los gastos de personal, mantenimiento y combustible necesarios para la generación eléctrica se cubren con los ingresos de la tarifa y subsidios. En caso de obtener beneficios por la mejora de eficiencia, ahorros, etc. se reparten entre las empresas del grupo. Las inversiones grandes se cubren por el financiamiento del Banco Central de Cuba, y con los beneficios se pagan el interés y los débitos.

No obstante, las 17 empresas de servicio son diferentes de lo indicado arriba. Para el plan de inversión, se necesita la aprobación de la oficina central de la UNE, sin embargo, cada empresa tiene su propia cuenta independiente. Por ejemplo, en el caso de INEL, aunque el 90% de las ventas proviene del Grupo UNE, hay ventas exteriores, por lo que calcula los beneficios de las ventas logradas independientemente de la UNE.

⁴ En Cuba el año fiscal empieza el 1 de enero y termina el 31 de diciembre.

(6) Datos financieros de la UNE

En la Tabla 2.1.3-3 se muestran los datos financieros. Las cifras reflejan las operaciones de todas las firmas debajo de UNE. Las ventas están aumentando, y la tasa de crecimiento de las mismas en los años 2013 y 2014 respecto al año anterior es del 2% y 37%, respectivamente. De acuerdo con este crecimiento, el costo de generación eléctrica también ha aumentado, pero las ganancias operativas se incrementaron igualmente, registrándose el crecimiento respectivo del 29% y 52% con relación al año anterior. Sin embargo, en cuanto a los ingresos netos, existen variaciones, en el 2013 han tenido déficit, pero en 2014 han ganado superávit. La tasa de ganancia respecto a la venta (ingresos netos/venta) es inferior al 1,5%. Si no hubiese subsidios, la cuenta de los años 2012 y 2013 tendría déficit, pero en 2014 se pudo asegurar un superávit.

Tabla 2.1.3-3 Estado de pérdidas y ganancias

Unidad: CUP(=CUC)	2014	2013	2012
Ventas	8.983.973.215	6.579.754.349	6.450.116.962
Subsidios	105.459.218	131.242.072	80.783.323
Devoluciones	-101.124	-9.930.338	-23.396
Subtotal	9.089.331.309	6.701.066.083	6.530.876.889
Costos de ventas	8.416.981.472	6.257.522.505	6.129.606.619
Impuesto sobre ventas	251.786.621	150.673.710	138.210.567
Otros gastos	90.296.942	75.028.533	93.697.885
Subtotal	8.759.065.035	6.483.224.748	6.361.515.071
Beneficios o pérdidas sobre operación	330.266.274	217.841.335	169.361.818
Otros gastos	305.109.380	272.228.225	159.195.237
Otros ingresos	95.768.351	45.145.383	42.438.537
Subtotal neto de otros	-209.341.029	-227.082.842	-116.756.700
Beneficios o pérdidas brutos	120.925.245	-9.241.507	52.605.118
Impuesto sobre ventas	47.572.761	0	27.988.790
Beneficios o pérdidas netos	73.352.484	-9.241.507	24.616.328

Nota) 1CUP=1CUC =1USD

Fuente: Unión Eléctrica

En la Tabla 2.1.3-4 se muestra el balance financiero. El porcentaje de capital en los años 2012, 2013 y 2014 es alto, tratándose del 61%, 57% y 55%, respectivamente, sin embargo, hay una tendencia a la disminución. El porcentaje de liquidez es del 133%, 125% y 154%, respectivamente. La rentabilidad financiera es del 1% en el 2012, y 3% en el 2014. La rentabilidad económica es del 0,4% en el 2012, y 1,6% en el 2014.

Tabla 2.1.3-4 Balance financiero

Unidad: CUP(=CUC)	2014	2013	2012
Activos			
Activos corrientes	3.044.977.563	2.805.502.304	2.649.422.023
Activos fijos	4.612.980.013	4.502.337.002	4.274.846.103
Otros activos	163.637.763	513.756.033	897.327.213
Total de activos	7.821.595.339	7.821.595.339	7.821.595.339
Activos y pasivos			
Pasivos corrientes	1.970.859.384	2.247.190.857	1.995.595.986
Pasivos a largo plazo	1.511.136.393	913.115.499	739.640.610
Otros pasivos	13.770.046	12.355.897	13.790.712
Capital y reservas	4.325.829.516	4.257.238.584	4.312.311.219
Activos y pasivos totales	7.821.595.339	7.429.900.837	7.061.338.527

Fuente: Unión Eléctrica de Cuba

2.2 Políticas y planes principales de desarrollo nacional del sector de energía y electricidad

2.2.1 Políticas principales de desarrollo nacional del sector de energía y electricidad

El Ministerio de Energía y Minas (MINEM) es la autoridad competente de las políticas energéticas, y MINEM adopta con las políticas básicas establecidas por la Asamblea Nacional como liniamiento básico.

Las políticas básicas actuales se sustentan en los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, aprobados en el Sexto Congreso del Partido Comunista de Cuba del 11 de abril del 2011. Dichos lineamientos no se limitan sólo a la energía, sino que abarcan también otros sectores, y existen asimismo diversas estipulaciones sobre la energía⁵. En la Tabla de abajo 2.2.1-1 se muestran algunos aspectos relacionados con el sector de la energía y generación de electricidad, que están indicados en estos lineamientos.

⁵ Debido a la caída de la Unión Soviética en los inicios de la década de los 90, la economía social de Cuba llegó a un punto muerto en la segunda mitad de dicha década. Los lineamientos en cuestión fueron elaborados como resultado de las discusiones sobre las medidas para salir de esta situación, tratándose de un plan básico para activar la economía social.

Tabla 2.2.1-1 Aspectos relacionados con el sector de energía y electricidad dentro de los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución

No. de asunto	Contenido
234	Reducir el consumo de energía en el sector de producción del Acero ..
242	Elevar la eficiencia en la generación eléctrica, priorizar los mantenimientos.
243	Priorizar la instalación de ciclos combinados (Boca de Jaruco, Calicito y Santa Cruz).
243	Concluir el programa de instalación de los grupos electrógenos de fuel oil.
244	Mantener una política activa en el acomodo de la carga eléctrica que disminuya la demanda máxima y reduzca su impacto sobre las capacidades de generación.
245	Proseguir programas para disminución de pérdidas en distribución y transmisión. (Rehabilitación y modernización de redes y subestaciones, y eliminación de zonas de bajo voltaje.)
245	Avanzar en el programa de electrificación de zonas aisladas del SEN, usando las fuentes más económicas.
246	Fomentar cogeneración y trigeneración donde sea posible. Elevar la generación con biomasa en la agroindustria azucarera.
247	Potenciar el aprovechamiento de las distintas fuentes renovables de energía (biogás, eólica, hidráulica, biomasa, solar y otras) priorizar las de mayor efecto económico.
248	Alcanzar el potencial de ahorro identificado en el SECTOR ESTATAL, y lograr la captación de las reservas de eficiencia del SECTOR RESIDENCIAL.
248	Revisar las tarifas vigentes para que cumplan su papel de regulador de la demanda. Aplicar tarifa eléctrica sin subsidios al sector NO ESTATAL de producción y servicios.
249	Elevar eficacia de servicios de reparación a equipos eléctricos de cocción.
250	Estudiar la venta liberada de combustible doméstico y de otras tecnologías avanzadas de cocción, como opción adicional y a precios no subsidiados
251	Prestar especial atención a la eficiencia energética en el sector del transporte.
252	Concebir las nuevas inversiones, mantenimientos constructivos y reparaciones con soluciones para el uso racional de la energía e instrumentar su supervisión
253	Perfeccionar la planificación y control del uso de los portadores energéticos.
254	Proyectar el sistema educativo y los medios de difusión en función la política de ahorro y uso racional y sostenible de la energía
267	Aplicar en el sector de turismo medidas para disminuir los índices de consumo de agua y de portadores energéticos. Incrementar la utilización de fuentes de energía renovable y el reciclaje de los desechos.
269	Modernización y reordenamiento del transporte terrestre y marítimo.
270	Uso de esquemas y medios más eficientes para cada tipo de transportación.
295	Promover la introducción de tecnologías constructivas que ahorren materiales y recursos energéticos.
302	Priorizar y ampliar programa de rehabilitación de redes, acueductos y alcantarillados hasta la vivienda, para elevar la calidad del agua, disminuir las pérdidas, incrementar su reciclaje y reducir el consumo energético.

Fuente: Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, dentro del documento sobre el Desarrollo de Capacidades para la Integración de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Energía, Metas e Indicadores en los Programas Nacionales de Estadísticas de los Países de América Latina.

Estos lineamientos constituyen la base para promover el uso de energía renovable y el ahorro energético por parte del MINEM, y por parte también de los Ministerios de Turismo y de Agricultura.

Las políticas relacionadas con los sectores competentes al MINEM y aprobadas en el Consejo de Ministros son las siguientes:

- 1) Política sobre la ampliación de actividades de estudio geológico
- 2) Política sobre la venta libre de equipos de cocción y combustible de uso doméstico
- 3) Política sobre el desarrollo de energía renovable y el uso racional de energía

Además, política sobre minería y energía esta en proceso de elaboración⁶.

⁶ Información obtenida mediante discusiones con MINEM y la presentación en el seminario organizado por JICA sobre la

Según el MINEM, no hay leyes que sirvan de respaldo para la política sobre la energía, ya que la oferta y demanda de la energía varían según la manera de trazar el crecimiento económico. Existe una ley sobre la electricidad que estipula la relación entre la UNE y el Gobierno, pero dicha ley es vieja, habiéndose establecido en 1975, por lo que la UNE insiste en la necesidad de modificarla.

2.2.2 Política sobre la energía eléctrica

La política sobre la energía eléctrica consta de 3 pilares. El primero se refiere al incremento de la capacidad de generación eléctrica para responder al incremento de la demanda eléctrica, el segundo al ahorro de energía, y el tercero a la energía renovable. En cuanto al primer pilar, relativo al incremento de la capacidad de generación eléctrica, se tratará más adelante.

(1) Ahorro de energía

El MINEM, de acuerdo con la política de promoción de energía renovable y uso racional de energía, establecida en 2014, está desplegando el sistema de ahorro energético y la promoción de energía renovable⁷. Ahorro energético de aparatos de iluminación, aire acondicionado, y de cocinación, etc. están en implementación (Se muestra algunos resultados en 2.3.3). Asimismo, sobre el ahorro de energía, tiene establecido un criterio llamado “Norma Cubana”, que determina el rendimiento de los equipos eléctricos, como el aire acondicionado, refrigerador, etc. También cuenta con un laboratorio de inspección de equipos eléctricos, y solo los equipos aprobados en la inspección pueden ser importados. Existen realmente listas con los resultados de evaluación de dichos equipos, de acuerdo con las cuales se prohíbe la importación de equipos de bajo rendimiento en los aeropuertos y puertos. Por lo tanto, los importadores deben obtener el certificado de aprobación emitido por dicho laboratorio para importar los productos eléctricos. Por otra parte, a fin de promover las inversiones exteriores, se aceptan las concesiones e intervenciones privadas.

(2) Energía renovable⁸

Se está llevando a cabo la actividad de introducción de la energía renovable de manera positiva. La base de esta actividad proviene de la política de promoción de energía renovable y uso racional de energía, establecida en 2014, para lograr: reducción del uso de los combustibles fósiles, reducción de las tarifas relativamente caras de energía eléctrica generada con combustibles fósiles, estabilización del suministro de energía eléctrica, mitigación de los impactos ambientales, mejoramiento de los efectos económicos, y diversificación de fuente de energías. En base de esta política, se ha elaborado el plan de aumentar al 24% hasta 2030 la proporción del volumen de generación actual de energía renovable respecto al volumen total de generación eléctrica.

Como principales fuentes de energía renovable, se pueden indicar la luz solar, el calor solar, el viento, el biogás (fermentación de excretas de ganado, etc.), la biomasa (bagazo: residuo de las cañas de azúcar después de extraer su jugo) y las pequeñas corrientes de agua⁹. Existe un plan a largo plazo para asegurar la generación eólica de 633MW, generación solar fotovoltaica de 700MW, generación mini-hidroeléctrica de 56MW y generación eléctrica por biomasa de 755MW.

En el siguiente apartado se muestran la situación actual y el plan de desarrollo.

situación actual del sector de energía eléctrica en Cuba, noviembre de 2015

⁷ No se ha publicado por tratarse de política ministerial.

⁸ Las cifras se deben principalmente al documento de presentación de la UNE en inglés y al documento Desarrollo de las Fuentes Renovables de Energía.

⁹ Se piensan en introducir la generación eléctrica de biomasa con el uso de los residuos de madera de los aserraderos y el combustible extraído de la *jatropha* y otras plantas de aceite.

Como políticas para fomentar la introducción del ahorro de energía y la introducción de energías renovables, se dan incentivos para el mejoramiento ambiental, es decir, a las importaciones de los equipos para mejorar el medio ambiente se les aplican una reducción del 50% del impuesto de importación y una depreciación acelerada. Aquella se estipula en la Resolución No.13 de mayo de 1999 del Ministerio de Economía y Planificación (puesta en vigor en mayo, 1999) y esta, en el Capítulo 63 de la Ordenanza No. 81 (Ley de Medio Ambiente) (1997).

2.3 Situación actual del sector de energía eléctrica y plan de desarrollo

2.3.1 Situación actual

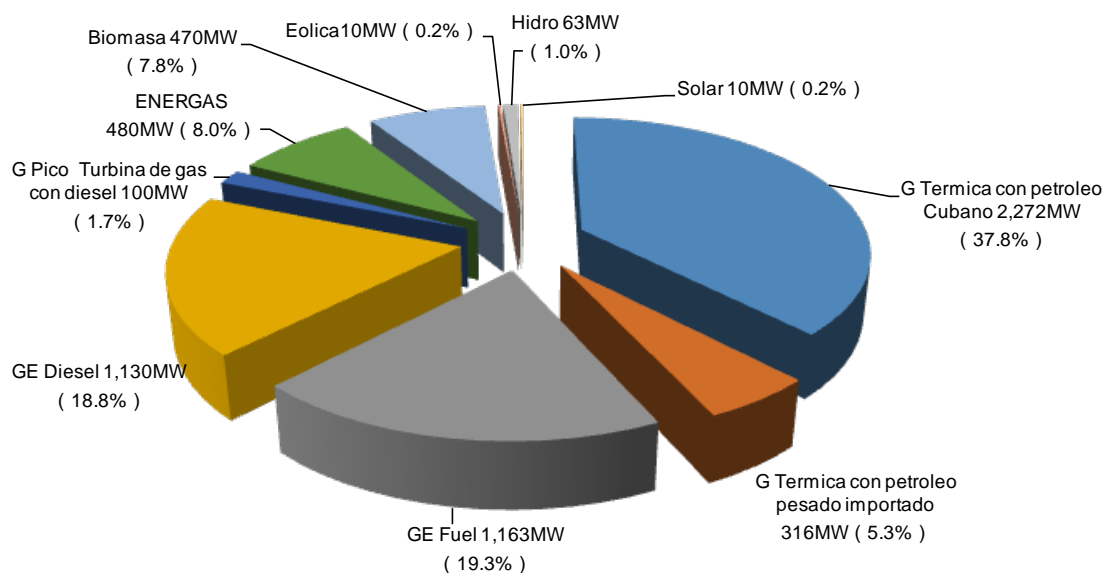
Cuba tiene una tasa de electrificación del 99% en 2015, por lo que el servicio eléctrico cubre toda la población.

A continuación se describe la situación actual de la generación eléctrica, demanda eléctrica y tarifas eléctricas.

(1) Estado de la generación de energía eléctrica

En relación con el estado de la generación eléctrica, en la Figura 2.3.1-1 se muestra la capacidad de las plantas de generación eléctrica por tipos en el momento a finales de diciembre de 2014.

Se destacan más las centrales termoeléctricas de gran escala, con un volumen de 2.272 MW, que ocupa el 38% de la totalidad. Para la generación termoeléctrica, además de lo mencionado antes, existen plantas picos, grupos electrógenos motores fuel central termoeléctrica (GE Fuel), grupos electrógenos diésel distribuidos (GE Diésel)¹⁰ y planta de ciclo combinado (ENERGAS), que ocupan el 90% (37,8 + 5,3 + 19,3 + 18,8 + 1,7 + 8) de la totalidad.

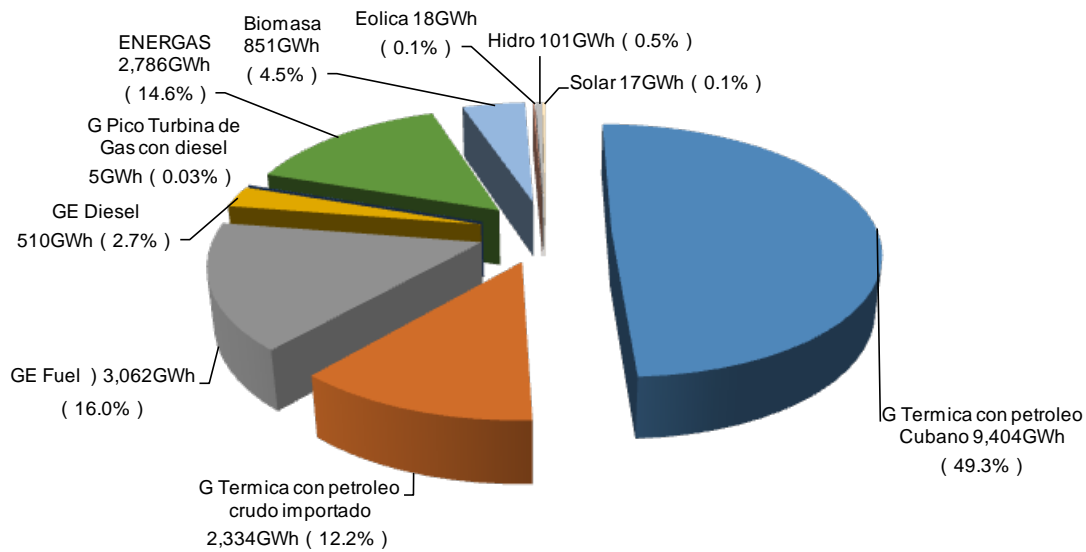


Fuente: Elaborado por la Misión de JICA según los resultados de la encuesta realizada en varios lugares en Cuba
Figura 2.3.1-1 Capacidad de las plantas de generación eléctrica (MW) por tipos y proporción correspondiente de diciembre de 2014

En la Figura 2.3.1-2 se muestra la energía generada por tipos de plantas a finales de diciembre de 2014. La energía generada por las centrales termoeléctricas es más grande, con un volumen de 9.404GWh, que ocupa el 49,3% de la totalidad. Como otras plantas térmicas, existen las centrales de generación

¹⁰ GE Diésel y GE Fuel Oil están instaladas en la red de distribución con 34,5kV o menos, y por lo tanto, se denomina sistema distribuido.

distribuida para atender la demanda en horas pico, las plantas de generación distribuida (GE Diésel y GE Fuel oil) las plantas de ciclo combinado (ENERGAS), etc., que ocupan el 95% (49.3 + 12.2 + 16.0 + 2.7 + 0.03 + 14.6).

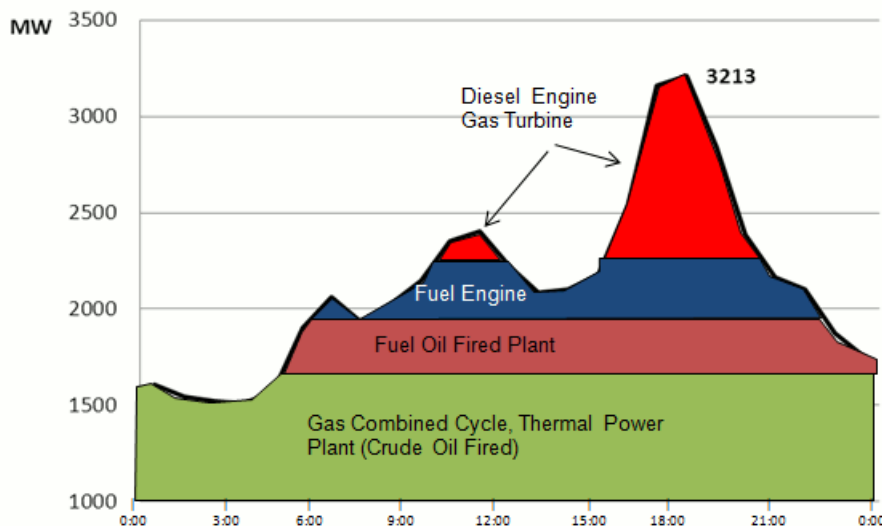


Fuente: Elaborado por la Mision de JICA segn los resultados de la encuesta realizada en varios lugares en Cuba

Figura 2.3.1-2 Energía generada (MWh) por tipos de plantas y proporción correspondiente de 2014

(2) Demanda de energía eléctrica

En la Figura 2.3.1-3 se muestra la curva de carga eléctrica de un día de invierno en todo el país. El porcentaje que ocupa el consumo residencial dentro del consumo total de energía eléctrica es alto como 55%, por lo que las horas pico coinciden con las horas de las comidas, produciéndose 3 picos, por la mañana, a mediodía y por la noche. El pico más alto se produce por la noche, habiendo una demanda máxima de 3.213MW. Esto se debe a la preparación de la cena, al aire acondicionado y al alumbrado en invierno; la hora pico dura unos 20 minutos.



Nota) Datos del 24 de noviembre de 2014

Fuente: Datos del MINEM presentados en el seminario organizado por JICA sobre la situación actual del sector de energía eléctrica en Cuba, noviembre de 2015

Figura 2.3.1-3 Curva de carga eléctrica al día en Cuba

En el lado del suministro, los generadores eléctricos diésel y los con turbina de gas atienden a la demanda pico.

(3) Tarifa eléctrica

La tarifa eléctrica especialmente en el sector residencial es barata, tal como muestra la Tabla 2.3.1-1. El precio unitario hasta el consumo de 100kWh es sólo de 0,09 CUP. Cuando el consumo supera los 300 kWh, el precio unitario sube a 1,5 CUP/kWh, sobrepasando, por fin, 1 CUP, pero aún sigue siendo barato ¹¹. Esta es la causa principal de que no se puedan cubrir todos los gastos de suministro eléctrico con los ingresos de la tarifa eléctrica.

Tabla 2.3.1-1 Sistema tarifario de consumo eléctrico para las familias normales

Rango (kWh)	Precio unitario (CUP/kWh)
1-100	0,09
101-150	0,30
151-200	0,40
201-250	0,60
251-300	0,80
301-350	1,50
351-500	1,80
501-1.000	2,00
1.001-5.000	3,00
más de 5.000	5,00

Fuente: Unión Eléctrica de Cuba

Por otra parte, las tarifas no residenciales (uso industrial o comercial) están establecidas de manera que permita recuperar el precio de coste de generación eléctrica. El adjunto A 2-1 presenta el sistema tarifario eléctrico no residencial.

(4) Recaudación de las tarifas eléctricas

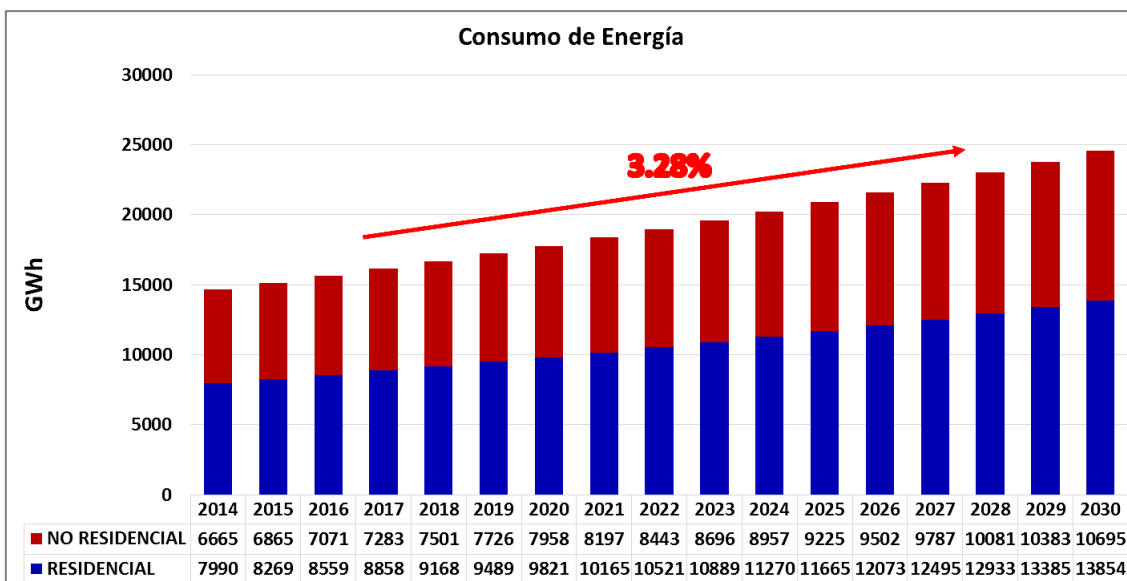
Para el pago de las tarifas eléctricas, las oficinas comerciales de la empresa de distribución eléctrica emite mensualmente una factura a cada uno de los hogares o instalaciones y el pago se hace con una domiciliación o en la caja de la empresa de distribución eléctrica de la zona, o a través de recaudadores de la misma empresa.

2.3.2 Plan de desarrollo

(1) Pronóstico de demanda y plan de generación de energía eléctrica

Se supone que la demanda de energía eléctrica basada en el consumo eléctrico se incrementará en un 3,28% promedio anual. En la Figura 2.3.2-1 se muestra el pronóstico de demanda anual del país hasta 2030.

¹¹ El precio es bastante barato, ya que el tipo de cambio de divisas es 1US\$ = 25 CUP (el sueldo mensual de un trabajador es de 20US\$=500CUP, aproximadamente). Según los datos, el sueldo de un profesor universitario es de 40US\$=1.000CUP, mientras que la tarifa eléctrica de su casa es de 45 a 85CUP.)

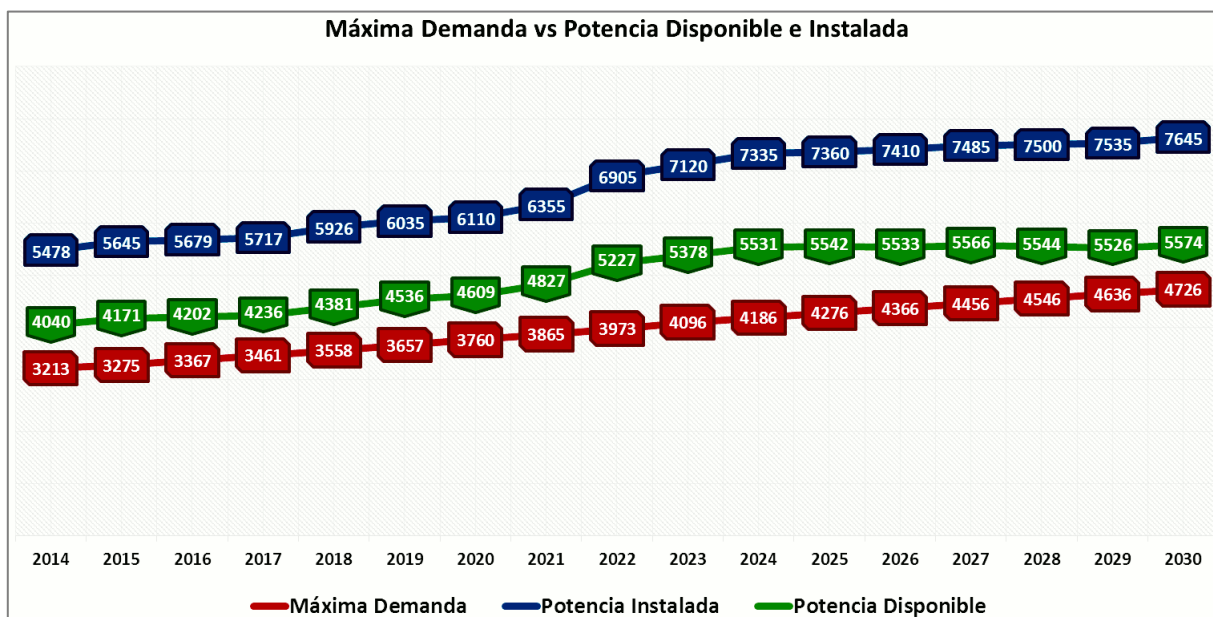


Nota) Residencial: Vivienda particular, No Residencial: Otros propósitos

Fuente: Unión Eléctrica de Cuba

Figura 2.3.2-1 Pronóstico de demanda de energía eléctrica del país hasta 2030 (consumo eléctrico anual)

En la Figura 2.3.2-2 se muestran el pronóstico de máxima demanda de energía eléctrica del país, la potencia instalada de generación eléctrica necesaria para cubrir dicha demanda y la potencia disponible que se puede generar realmente con las plantas actuales. Según esta figura, se supone la máxima demanda del año 2030 en 4.726MW, y se prevé aumentar la potencia instalada a 7.645MW y la potencia disponible a 5.574MW para cubrir dicha demanda.



Fuente: Unión Eléctrica de Cuba

Figura 2.3.2-2 Pronóstico de máxima demanda, potencia instalada y potencia disponible

(2) Plan de desarrollo de fuentes eléctricas

El lineamiento básico para el plan de generación eléctrica futura consiste en reducir la importación del petróleo crudo (fuel oil), que se utiliza como combustible de generación en las termoeléctricas, en la medida de lo posible, y promover el uso del petróleo de producción nacional. De acuerdo con este lineamiento, el uso positivo de la energía renovable constituirá un pilar importante en el desarrollo de las

fuentes de generación de energía eléctrica. Según el plan, se incrementará la cantidad de generación eléctrica por energía renovable al 24% de la cantidad total de energía generada.

En la Tabla 2.3.2-1 se muestra el desglose de la energía eléctrica a generarse en 2030 por tipos de generación.

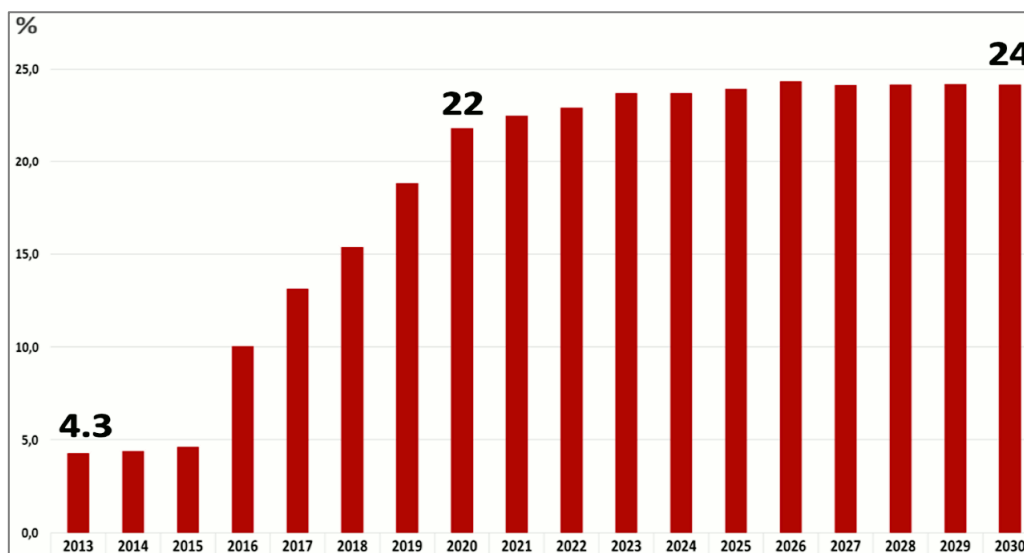
Tabla 2.3.2-1 Desglose de la energía eléctrica a generarse en 2030 por tipos de generación

Tipo de generación	Proporción (%)
Centrales termoeléctricas de gran escala (excepto la de Cienfuegos)	32
Central termoelectrica Carlos M de Cespedes en Cienfuegos (planta de Hitachi)	5
Plantas de GE Fuel, Generación distribuida con Fuel	9
Plantas de GE Diesel, Generación distribuida con Diesel	1
ENERGAS (plantas de ciclo combinado)	8
Energía hidráulica	1
Biomasa	14
Energía solar	3
Energía eólica	6
Otras técnicas nuevas	21
Total	100

Fuente: Entrevistas a la UNE

El desglose de la energía renovable es el siguiente: 1% de energía hidráulica, 14% de biomasa, 3% de energía solar y 6% de energía eólica. En cuanto al 21% de otras técnicas nuevas, se suponen nuevas técnicas de suministro eléctrico adaptables en el futuro, sin embargo, no se han concretado todavía las técnicas por las que se optará.

Si se tiene por objetivo alcanzar el 24% en la proporción de la energía renovable hasta el 2030, el plan de incremento de la proporción de dicha energía en la generación eléctrica hasta 2030 es tal como se muestra en la Figura 2.3.2-3.

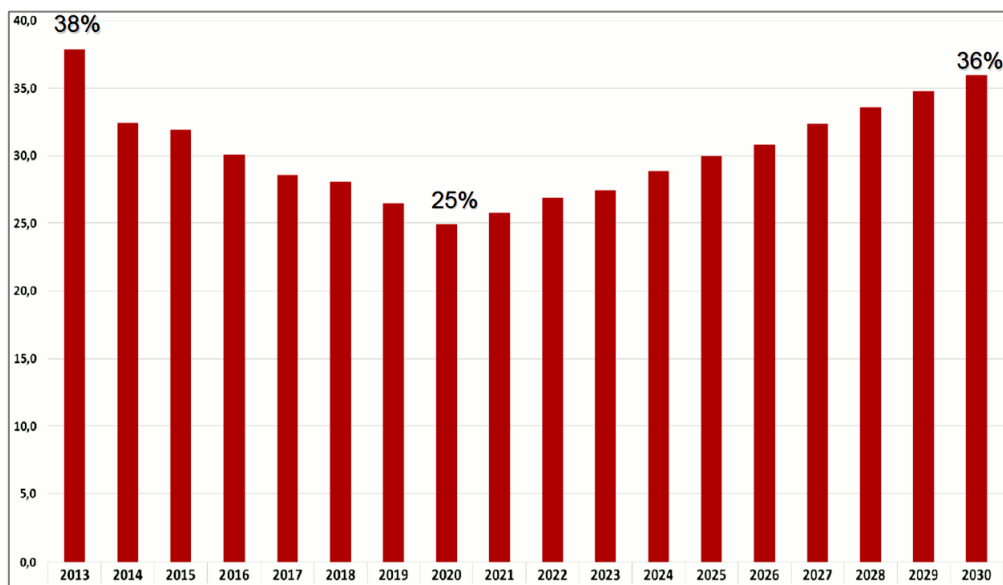


Fuente: Datos del MINEM presentados en el seminario organizado por JICA sobre la situación actual del sector de energía eléctrica en Cuba, noviembre de 2015

Figura 2.3.2-3 Plan de incremento de la proporción de energía renovable en la generación eléctrica hasta 2030

Al mismo tiempo para lograr el objetivo arriba indicado, se pretende reducir al 36% la dependencia de la importación de combustibles como fuente de energía para la generación eléctrica en el 2030. Según el

plan, en el 2030 dicha dependencia no superará el 38%, porcentaje establecido para el año inicial de 2013. En la Figura 2.3.2-4 se muestra la evolución correspondiente.



Fuente: Datos del MINEM presentados en el seminario organizado por JICA sobre la situación actual del sector de energía eléctrica en Cuba, noviembre de 2015

Figura 2.3.2-4 Plan de reducción de la importación de combustibles para las plantas de generación eléctrica hasta 2030

El monto se incrementa después de 2020 porque las plantas importadas por Rusia se va empesar la generación desde a partir de 2020.

2.3.3 Principales esfuerzos de Cuba para mejorar de la eficiencia del suministro eléctrico¹²

Debido a la caída de la Unión Soviética en 1991, empezó a estancarse el apoyo de Rusia y disminuyó bruscamente la importación del petróleo, lo cual dio lugar a una disminución en la generación eléctrica. La situación social se volvió inestable y aumentó rápidamente el número de personas que emigraban de Cuba, por lo que fue preciso tomar medidas. De acuerdo con la producción de petróleo crudo nacional, y a pesar de su mala calidad, empezó a generarse la energía eléctrica con dicho desde 1995, estableciéndose la política de priorizar el uso del mismo.

Desde 1997, empezó a promoverse el ahorro de energía de las bombillas eléctricas a nivel nacional, y hoy en día estas bombillas ya no se utilizan como norma general, habiéndose cambiado por las lámparas fluorescentes o por las LED en los interiores, y utilizándose las lámparas de vapor de sodio o las LED en el alumbrado público.

Igualmente, desde 1997, comenzó a desarrollarse el movimiento de ahorro de energía a nivel nacional por parte del Ministerio de Educación, a través de las escuelas, fomentando una cultura energética en la población.

En 2005 el país se enfrentó a la segunda crisis energética, produciéndose apagones de duración superior a una hora y potencia superior a 100MW en más de 250 días de ese mismo año. Como consecuencia de esto, se elaboró el programa llamado “Revolución Energética”. Este programa consistía en mejorar el sector de generación de la energía eléctrica, aumento de producción del gas asociado del petróleo, promoción del ahorro energético, incremento del uso de energías renovables y cooperación internacional.

¹² La redacción se hizo en base a los datos de la presentación del MINEM en el taller sobre el Desarrollo de Capacidades para la Integración de Objetivos de Desarrollo Sostenible de Energía, celebrado desde el 4 hasta el 6 de febrero de 2015.

Como resultado de este programa, se introdujeron de nuevo varias plantas de generación distribuida para un total de 2.400MW , y se disminuyó el consumo de petróleo pesado a 262 g/kWh en el 2009, lográndose una reducción de 23g/kWh desde 2005. La energía de uso interno en la planta se mejoro 18% desde 2005 a 2009 y llego hasta 5.23%. Por otra parte, se instalaron generadores eléctricos en forma dispersa cubriendo todo el país, lo cual contribuyó a la reducción de pérdidas en la transmisión y distribución.

Durante la Revolución Energética, se cambiaron 215.000 postes eléctricos, 7.000km de la línea de transmisión, 1.800.000 acometidas en las viviendas, 33.700km de la línea de transmisión secundaria, 2.800.000 medidores, etc.

En las viviendas se cambiaron 9.400.000 bombillas por lámparas fluorescentes, y 4.400.000 unidades de equipos eléctricos (incluidos 2.600.000 refrigeradores y 1.000.000 ventiladores) por otros de alto rendimiento¹³.

Por otra parte, se revisó la tarifa eléctrica, haciendo una subdivisión para subir el precio unitario.

En cuanto al ahorro de energía, se aplicó el sistema de gestión de energía ISO5001, estableciéndose como norma propia cubana la NC ISO50001.

Con el objeto de eliminar los equipos eléctricos ineficientes , principalmente los refrigeradores domesticos y acondicionadores de aire, de bajo rendimiento, se establecieron normas y se instalaron laboratorios de inspección, como medidas para prohibir la importación de equipos que no pueden satisfacer las normas. Por lo tanto, los importadores pueden importar únicamente los equipos aprobados en la inspección.

2.4 Actividades de otros donantes

Existe apoyo desde Rusia y Canadá. Se ha acordado recientemente el proyecto de ampliación de capacidades en la central termoeléctrica Santa Cruz con tres unidades de 200 MW (600MW) y en la central termoeléctrica “Maximo Gomez” del Mariel con un bloque de 200 MW entre la UNE y Rusia, y actualmente este proyecto está en el proceso de obtener convenio entre los respectivos gobiernos. Se trata de una construcción mediante créditos, su periodo de repago es 10 año incluyendo 4 año de gracia, y la tasa de interés es 2,5% anual. Se espera a firmar el convenio a final del primer trimestre de 2016. Además de esto, existe un plan de hacer otra central térmica de petróleo con capacidad de 200MW, que ya hizo un estudio preliminar y necesita todavía el estudio de factibilidad. Hay esperanza de conseguir créditos de China, sin embargo, no se ha decidido nada.

Por otra parte, el Instituto Alberta, de Canadá, está llevando a cabo la cooperación técnica para el CNCI, realizando una colaboración conjunta para que la certificación sea tal como desea la UNE incluyendo teoría eléctrica, instrumentación, getion y operación de la planta de generación, etc.

Además de lo arriba mencionado, está en deliberación un apoyo de Kuwait para la construcción de central hidroeléctrica. Se plantea construir centrales hidroeléctricas tipo represa o de generación a filo de agua en un total de 74 sitios. El proyecto consta de aprovechamiento eficiente de represas existentes y nuevas. Se planea construir 34 centrales en la primera etapa y 40 centrales en la segunda etapa, con una capacidad total proyectada de 56 MW. Se prevé obtener un préstamo de Kuwait con un interés del 2,5% y un periodo de repago de 20 años. En enero de 2016 se está examinando el préstamo para la primera etapa.

¹³ Para cambiar los aparatos eléctricos se hizo una venta a precio de coste (con crédito) y para fomentar la introducción de cocina de inducción, una venta a precio rebajado con una subvención (con crédito).

Como cooperación técnica de la UE, existen proyectos de uso eficiente de residuos en el sector agrícola (con un monto de 1,2 millones de Euro) y aprovechamiento de Marabú como recurso combustible (1,4 millones de Euro) (ambos en 2015). Como cooperación técnica inglesa, hay un proyecto de aprovechamiento eficiente de bagazo y Marabú entre Havana Energy, empresa inglesa y Zerus, empresa cubana filial a ASCUBA (2013~14). Con Francia, Canadá, España y Suiza no se observa ninguna cooperación considerable referente a las energías¹⁴.

A mediados de la década de los 90, una cooperación española donó instalaciones de generación de energía eólica de mediano tamaño.

2.5 Situación sobre la inversión privada en el sector de energía eléctrica y la ley de inversión extranjera

En cuanto a la inversión privada en los proyectos en que interviene el Grupo UNE, sólo se puede citar el proyecto de la planta de ciclo combinado de ENERGAS. La inversión privada en la energía solar acaba de abrirse camino para el primer estudio. En cuanto a la energía eólica, 19 empresas extranjeras han ofertado su inversión en 7 parques eólicos, con capacidad equivalente de 327MW. Con respecto al proyecto de generación eléctrica en la empresa pública de cañas de azúcar, se están estudiando inversiones extranjeras en 3 plantas, habiéndose logrado ya fondos extranjeros para 150MW¹⁵.

Respecto a la inversión extranjera, conforme a la ordenanza No.77 de septiembre de 1995, fue establecida nuevamente en marzo de 2014 la Ley de inversión extranjera como Ley No.118. Dicha Ley tiene por objetivo fomentar la inversión extranjera en el país y en la cláusula 3 del artículo 1 constan las energías renovables como sector energético.

La Ley tiene amplio contenido. El Capítulo 3 sobre la garantía, garantiza las facilidades dadas a los inversionistas extranjeros hasta el final de los proyectos correspondientes. El Capítulo 5 sobre la forma de inversiones, en la cláusula 4 del mismo Capítulo admite la fundación de empresas con el 100% capital extranjero y el Capítulo 6 reconoce la posesión de inmuebles. El Capítulo 8 explica las negociaciones con los inversionistas y las autorizaciones y el Capítulo 10, sobre el sistema de exportación e importación. El Capítulo 12 estipula las medidas de exoneración como sistema tributario especial, que exime de pagar los impuestos sobre la renta individual, los impuestos corporativos durante 8 años desde la fundación de empresa y los impuestos de importación sobre los productos importados. El Capítulo 15 describe las necesidades de licencia ambiental y el Capítulo 17, el sistema de solución de litigios, determinando que los pleitos se llevarán a un tribunal provincial popular en virtud de la Ley cubana.

Según dicha Ley, en el Capítulo 3 consta que es posible expropiar bienes en caso de que lo juzgue necesario el Consejo de Ministros. En tal caso, estipula que se pagará cierta indemnización, pero habrá que tener en cuenta si es suficiente el monto de indemnización. Establece que en principio las empresas tienen libertad de transferir las utilidades obtenidas, pero no hace mención de la libertad de transferencia del ingreso de los individuos que lo hayan tenido como consecuencia de ofrecer servicios. Puesto que en el Capítulo 6 no hace constar el terreno como parte de inmueble, se supone imposible la posesión de terreno. El Capítulo 10 determina que tiene prioridad la adquisición de productos cubanos siempre y cuando sean iguales las condiciones de calidad, precio y periodo de entrega. Además, aunque se admite la transferencia de las utilidades al extranjero, la cuestión estará en el cambio de divisa.

¹⁴ Descripción basada en un estudio realizado por un experto de JICA.

¹⁵ Datos del MINEM presentados en el seminario organizado por JICA sobre la situación actual del sector de energía eléctrica en Cuba, noviembre de 2015

Capítulo 3. Información sobre el sector de generación eléctrica

3.1 Organización y administración

3.1.1 Clasificación del sector de generación de energía térmica y sus nombres

En Cuba la generación de energía termoeléctrica se clasifica según lo indicado en la tabla 3.1.1-1, de acuerdo con el tipo de combustible, método de generación y funciones, dándoles a cada uno un nombre.

Tabla 3.1.1-1 Clasificación del sector de generación de termoeléctrica en Cuba y sus nombres

No.	Nombre (en español)	Combustible, método de generación eléctrica y sus funciones	2014 Capacidad total disponible de generación (MW) ^{*1}
1	CTE Petróleo crudo cubano (CTE que opera con Crudo cubano)	Central termoeléctrica alimentada a crudo cubano (6 lugares)	2.588
2	CTE Fuel (CTE que opera con petróleo pesado importado)	Central termoeléctrica alimentada a petróleo pesado importado (de Venezuela) (2 lugares) ^{*2}	
3	GE Motor (Grupos Motores Fuel)	Generador eléctrico diésel instalado en centrales termoeléctricas a limentadas a petróleo (Combustibles: Petróleo pesado y sólo para el arranque y la suspensión se usa el gasoil.)	429
1	GE Fuel (GE Fuel Distribuidos)	Generador eléctrico diésel (Combustibles: Petróleo pesado y sólo para el arranque y la suspensión se usa el gasoil.)	734
5	GE Diésel	Generador eléctrico diésel (Combustible: Gasoil)	1.130
6	Picos (Plantas Picos)	Generador eléctrico con turbina de gas para atender la demanda pico (Combustible: Gasoil)	100
Gran Total			4.981

*1: Es una simple suma de las capacidades disponibles de generación eléctrica de cada unidad generadora y difiere de la capacidad disponible de generación eléctrica a la red de distribución reduciendo las partes correspondientes a la revisión periódica y a la suspensión por las reparaciones.

*2: Una de las 2 centrales consume el 100% el petróleo pesado importado y la otra, el 40% el petróleo pesado importado y el 60% el crudo cubano. Esta central está contada como una de las 6 centrales termoeléctricas alimentadas a petróleo crudo cubano, por tanto, el número total de centrales termoeléctricas es 7.

Fuente: Elaborado por la Misión de JICA a partir de los datos indicados de la Unión Eléctrica.

Central termoeléctrica alimentada a petróleo crudo (CTE Crudo)

Es una central termoeléctrica alimentada a petróleo cubano y existen 6 centrales en el país. Sus detalles constan en “3.3.1 Central térmica existente”.

Central termoeléctrica alimentada a petróleo pesado (CTE Fuel)

Es una central termoeléctrica alimentada a petróleo pesado importado y existen 2 centrales. Una es la central termoeléctrica Carlos Manuel de Céspedes, que genera la electricidad con el 100% pesado importado. La otra es la central termoeléctrica Antonio Maceo, que genera el 40% de su potencia con el petróleo pesado importado. Sus detalles, al igual que CTE Crudo, constan en “3.3.1 Plantas termoeléctricas existentes”.

Generador eléctrico diésel instalado en centrales termoeléctricas (GE Motor)

Es un generador diésel instalado en las centrales termoeléctricas y sus combustibles son el petróleo pesado fundamentalmente. No obstante, para el arranque y la suspensión se utiliza gasoil. Concretamente, en el arranque empieza con la alimentación de gasoil hasta llegar a la carga del 50% y sustituye por el pesado al pasar el 50%. Por otra parte, para la suspensión, en medio de la manipulación de suspensión cambia del pesado al gasoil para lograr la suspensión.

Los generadores eléctricos diésel, incluyendo GE Fuel y GE Diésel, abajo mencionados, operan normalmente con una carga superior al 60%.

Generador eléctrico diésel alimentado a petróleo pesado y gasoil (GE Fuel)

Al igual que GE Motor, es un generador eléctrico diésel cuyo combustible principal es petróleo pesado y utiliza también gasoil para el arranque y la suspensión. Sus detalles constan en “3.3.2 Generadores eléctricos diésel existentes”.

Generador eléctrico diésel alimentado a gasoil (GE Diésel)

Es un generador diésel alimentado a gasoil. Sus detalles constan en “3.3.2 Central de generación diésel existente”.

Generador eléctrico de turbina de gas para atender la demanda pico (Picos)

Es un generador de turbina de gas alimentado a gasoil para atender la demanda pico.

3.1.2 Sistema del sector de generación de energía termoeléctrica

El sistema en el sector de generación de energía termoeléctrica es el siguiente.

(1) Administración como Grupo de la Unión Eléctrica

Tal como se ha descrito en la cláusula 2.1.3, las centrales termoeléctricas son administradas como empresas pertenecientes al Grupo de la Unión Eléctrica (UNE).

Entre las empresas pertenecientes al Grupo UNE, indicadas en la tabla 2.1.3-2, sobre la generación termoeléctrica (alimentada a petróleo y diésel), sobre todo, la Empresa de Ingeniería y Proyectos de Electricidad (INEL) se encarga de importantes trabajos. Sus principales gestiones son las siguientes.

- ♦ Elaboración de programas detallados de cada plan de desarrollo de fuentes eléctricas.
- ♦ Supervisión general de la construcción de nueva central.
- ♦ Análisis de nueva tecnología a introducir en el sector energético.

Los trabajos correspondientes a cada empresa en el servicio de generación termoeléctrica se presentan en la Tabla 3.1.2-1.

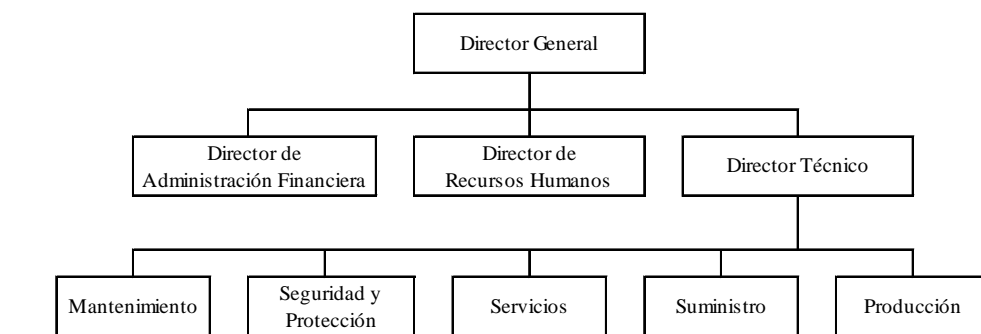
Tabla 3.1.2-1 Rol de cada empresa del grupo en la generación termoeléctrica

Tipo de central	Empresa propietaria de central y encargada de su operación	Trabajo de reparación de central y empresa encargada	
CTE Crudo CTE Fuel GE Motor	Cada central	Dirección integral	Cada central
		Maquinaria y electricidad	EMCE
		Control y mediciones	ATI
GE Fuel	EMGEF	Dirección integral	EMGEF
		Maquinaria	EMCE
		Electricidad	GEYSEL
		Control y mediciones	ATI
GE Diésel	GEYSEL	Reparaciones no periódicas ni completas	GEYSEL
		Reparaciones periódicas y completas	EMCE

Fuente: Elaborado por la Misión de JICA según los resultados de la encuesta realizada en varios lugares en Cuba

(2) Sistema de una central termoeléctrica

La Figura 3.1.2-1 presenta como un ejemplo del sistema de central termoeléctrica en Cuba, el organigrama de la Central Carlos Manuel de Céspedes.



Fuente: Empresa Central Termoeléctrica Carlos Manuel de Céspedes

Figura 3.1.2-1 Ejemplo del sistema de central termoeléctrica

Aunque varían los detalles según la central termoeléctrica, en principio por debajo del Director general existen la dirección de administración financiera, recursos humanos y la técnica. La dirección técnica tiene departamentos de operación, reparación, etc. Los detalles del departamento de operación constan en “3.3.1 Central termoeléctrica existente”. Al departamento de reparación pertenecen los encargados de maquinaria, electricidad, control mecánico, etc.

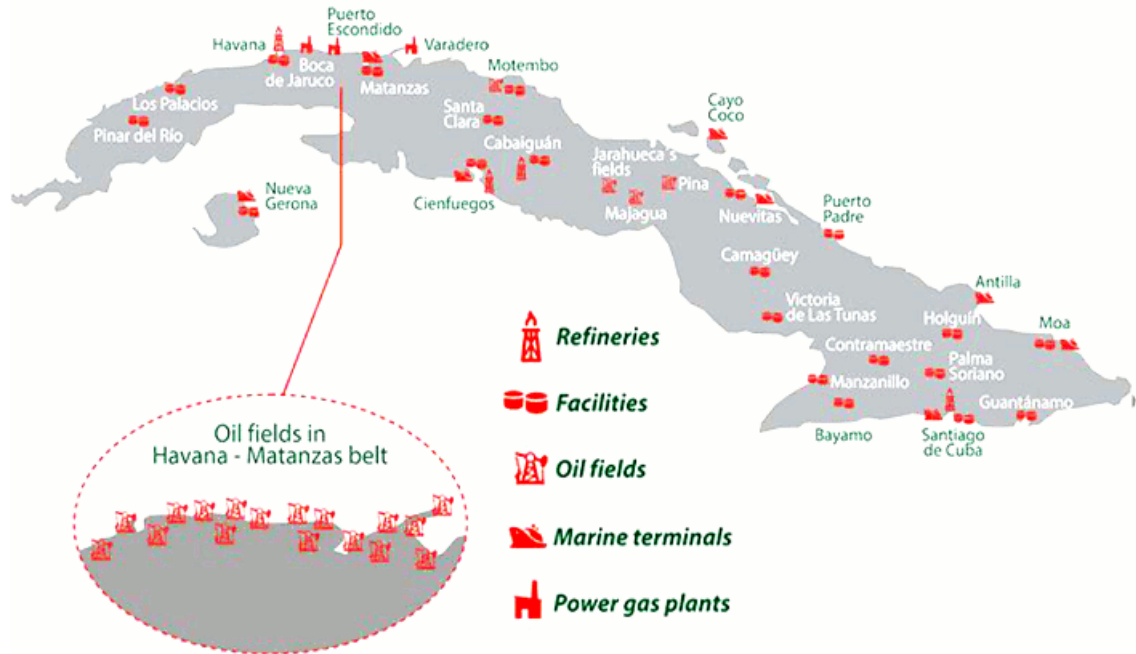
3.2 Energía primaria para la generación eléctrica

La energía primaria para la generación eléctrica se divide en combustibles fósiles y energías renovables. Aquí se menciona sobre combustibles fósiles. En Cuba, los combustibles fósiles usados para la generación eléctrica son combustibles petroleros y no carbón.

La empresa de combustible petroleros en Cuba es la Unión Cuba Petróleo (CUPET) que trabaja con el crudo cubano y todo el petróleo importado y suministra a las centrales termoeléctricas los combustibles incluyendo gases asociados de petróleo.

3.2.1 Recursos de combustibles fósiles en el país

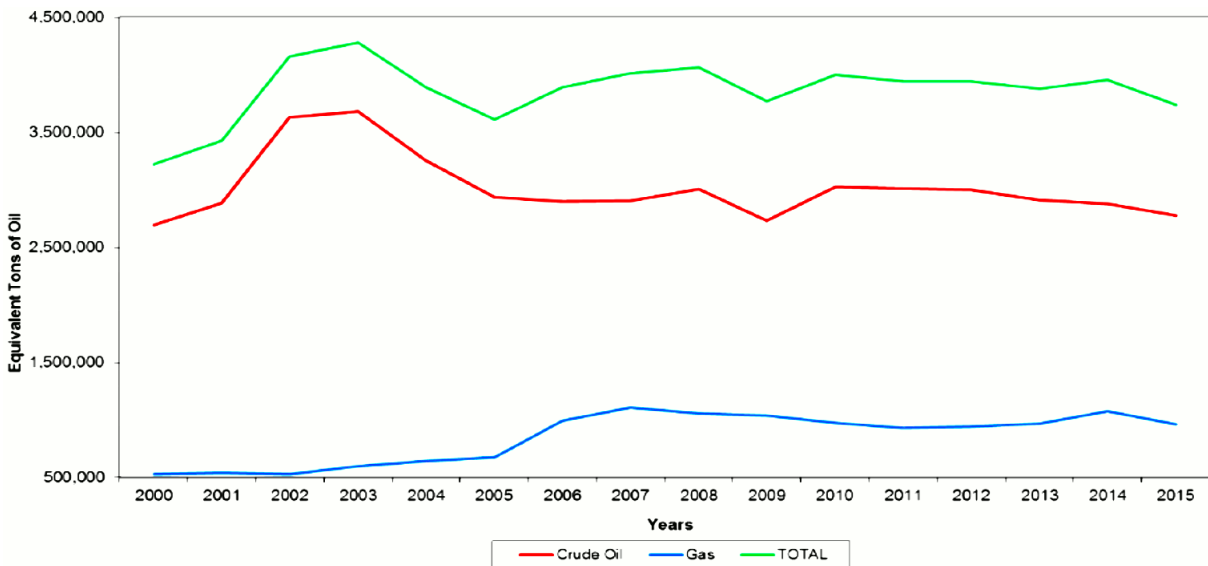
La Figura 3.2.1-1 presenta la ubicación de los yacimientos petroleros y las instalaciones petroleras en el país. En la cercanía de la ciudad de La Habana existe una zona de yacimientos petroleros llamada la franja de Habana - Matanzas. En dicha zona se producen el crudo y también los gases asociados de petróleo.



Fuente: Unión Cuba Petróleo

Figura 3.2.1-1 Ubicación de campos petroleros e instalaciones relacionadas con el petróleo en Cuba (1) Petróleo

La Figura 3.2.1-2 presenta la evolución de la producción anual del crudo y los gases asociados de petróleo. En el 2015, se explotaron 2,5 millones de t/año de crudo cubano y 0,8 millones de t/año de gases asociados al petróleo aproximadamente.

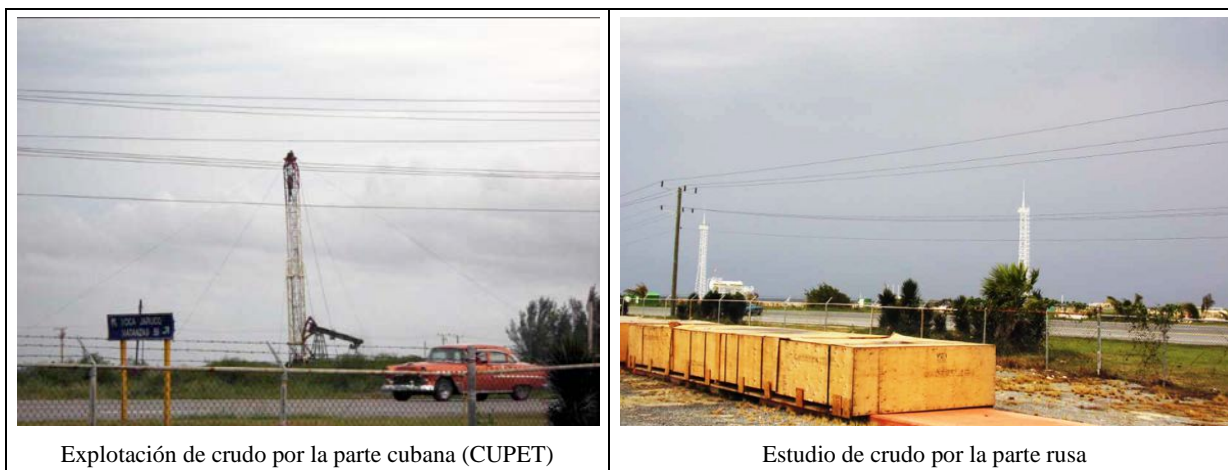


Fuente: Unión Cuba Petróleo

Figura 3.2.1-2 Evolución de la explotación del crudo y los gases asociados en Cuba

El estudio realizado por Rusia en 2004 sobre las reservas de crudo cubano concluye que se agotarán dentro de unos 20 años desde la fecha del estudio.

La Figura. 3.2.1-3 presenta fotografías de la explotación de crudo y de un escenario del estudio.



Fuente: Fotografías tomadas por la Misión de JICA (16 de octubre de 2015)

Figura 3.2.1-3 Explotación de crudo y escenario del estudio

El crudo cubano contiene el 12% de asfalteno y el 6% de azufre y al depositarse el asfalteno del crude, se sedimenta formando lodo que causa el atascamiento de quemador.

(2) Gas

Los recursos gaseosos cubanos son los gases asociados de petróleo que se obtienen en la producción de crudo. Son los gases suministrados a la empresa termoeléctrica ENERGAS.

Se supone que es posible explotar varios años los gases asociados de petróleo aun después de agotado el crudo. Razón por la cual ENERGAS tiene con la UNE un contrato de suministro eléctrico y con la Unión Cuba Petróleo un contrato de suministro de combustible por un periodo de 20 años a partir de 2006 teniendo en cuenta los 20 años, supuesto tiempo de agotamiento de petróleo, pero si son explotables dichos gases, está previsto estudiar la prolongación de los contratos.

3.2.2 Combustibles fósiles importados

Según la información obtenida en el presente Estudio, la totalidad de los combustibles fósiles importados proviene de Venezuela y no hay información de ningún otro país origen de importación¹⁶.

(1) Petróleo pesado

El combustible (petróleo pesado) suministrado a CTE Fuel, GE Motor, y GE Fuel son totalmente importado.

Según la estadística energética cubana, la importación de crudo anual es 5 millones de toneladas aproximadamente. De acuerdo con la explicación de la parte cubana, el precio de compra es un precio del nivel estándar internacional. Desde Venezuela, en la importación existe un trato preferencial de “periodo de gracia de 2 años hasta 15% del monto total de importacion”. Sin embargo, es necesario pagar el 85% restante en menos de 30 días después de la recepción del producto, por tanto, no se puede decir que sea un trato muy preferente. La razón por la que el país origen de importación está limitado, puede ser que casi no hay empresas o países que acepten la exportación de petróleo como negocio por la cuestión de la fiabilidad de pago.

¹⁶ Para la importación de gas natural líquido (GNL), muchas empresas extranjeras han presentado sus propuestas, pero no hay ningún proyecto que haya entrado en negociaciones con el gobierno cubano. Dicen que no hay propuestas de China. Puesto que UNE no es encargado de manipular combustibles fósiles, no cuenta con ningún plan concreto para realizar importación de GNL por sí misma.

(2) Gasoil

El gasoil suministrado al GE Diesel y Picos es producto importado.

(3) Precio de combustibles

Los precios de combustibles se definen por el Ministerio de Economía y Planificación en diciembre del año anterior al año correspondiente y de acuerdo con dichos precios la Unión Cuba Petróleo los vende. Los precios de combustibles que compra UNE de la Unión Cuba Petróleo en 2016 se indican en la tabla 3.2.2-1.

Tabla 3.2.2-1 Precios de combustibles que compra UNE

	Entregado en la Refinería	Entregado en la Planta de UNE
Gasoil	0,5304 CUP/l	0,6043 CUP/l
Petróleo Pesado	37,348 CUP/HL	44,238 CUP/HL
Petróleo Pesado	26,6008 CUP/HL	28,8508 CUP/HL

*1 La diferencia de los precios de cada clasificación es por el costo de transportación.

*2 En los datos de la compañía, 1 CUP = 1 CUC y 1CUC = 1 Dólar Americano

*3 1HL = 100 litros

Fuente: Unión Eléctrica (UNE)

3.3 Información sobre las centrales eléctricas existentes

3.3.1 Centrales termoelectricas existentes

(1) Ubicación y perfil de las centrales termoelectricas alimentadas a petróleo existentes

La ubicación y el perfil de 7 centrales termoelectricas alimentadas a petróleo en Cuba se presentan en la Figura 3.3.1-1 y la Tabla 3.3.1-1.



(Fuente del mapa: <http://www.ezilon.com/maps/images/caribbean/Cuba-physical-map.gif>)

Fuente: Elaborado por la Misión de JICA según los resultados de la encuesta realizada en Cuba

Figura 3.3.1-1 Ubicación de las centrales termoelectricas alimentadas a petróleo existentes

Tabla 3.3.1-1 Perfil de las centrales termoeléctricas alimentadas a petróleo existentes

No.	Nombre de central	Municipio	Capacidad disponible de generación (MW)	No. de unidades	Tipo de combustible	País productor de unidad (Fabricante)
1	Máximo Gómez	Mariel	300	3 unidades ×100MW	Crudo cubano	Caldera: URSS ST: Ucrania
2	Este Habana	Santa Cruz del Norte	300	3 unidades ×100MW	Crudo cubano	URSS
3	Antonio Güiteras	Matanzas	330	1 unidad ×330MW	Crudo cubano	Francia (Alstom)
4	Carlos Manuel de Céspedes	Cienfuegos	316	2 unidades ×158MW	Petróleo pesado importado	Japón (Hitachi, Co. Ltd.)
5	10 de Octubre	Nuevitás	439	3 unidades ×125MW 1 unidad ×64MW	Crudo cubano	Checoslovaquia (SKODA)
6	Lidio Ramón Pérez	Felton	500	2 unidades ×250MW	Crudo cubano	Checoslovaquia (SKODA)
7	Antonio Maceo	Santiago de Cuba	400	4 unidades ×100MW	Crudo cubano: 60% Petróleo pesado importado: 40%	URSS
Total			2.585*			

*: Los datos varían según la fuente de información y difieren algo de los valores indicados en la tabla 3.1.1-1.

Fuente: Elaborado por la Misión de JICA según los resultados de la encuesta realizada en la Unión nacional eléctrica y varios lugares en Cuba

Además de lo anterior, existen 2 centrales termoeléctricas alimentadas a petróleo: Otto Parellada (64 MW) y José Martí (30 MW), pero debido a que está previsto su cierre en el futuro, no se consideran dentro de la capacidad de suministro.

(2) Resultados del estudio de las centrales termoeléctricas alimentadas a petróleo existentes

A continuación se describen los resultados del presente estudio de dos centrales termoeléctricas alimentadas a petróleo.

1) Central termoeléctrica Carlos Manuel de Céspedes

El estudio fue llevado a cabo el 20 de octubre (martes) de 2015. Los resultados son los siguientes.

(a) Resumen

El nombre de la empresa es Central Termoeléctrica “Carlos Manuel de Céspedes” radicada en la Ciudad de Cienfuegos, la misma tiene dos unidades generadoras CMC3 y CMC4¹⁷ con una potencia de 158MW respectivamente.

(b) Especificaciones

La unidad CMC3 entró en operación el 28 de noviembre de 1978 y CMC4, el 27 de junio de 1979, siendo ambos productos de Hitachi, Ltd. (actual Mitsubishi Hitachi Power Systems, Ltd.). Las Especificaciones de cada unidad son las siguientes (CMC3 y CMC4 son de mismo modelo).

- ♦ Potencia de la central: 158 MW (potencia mínima: 40 MW)
- ♦ Condición de vapor: 127 atg-538/538°C (Principal presión de vapor: 127 atg, principal temperatura de vapor: 538°C, temperatura de vapor recalentado: 538°C)
- ♦ Caldera
 Tipo: Instalación exterior con radiación, recalentamiento y circulación natural

¹⁷ Esta central fue inaugurada en 1892 con 4 unidades. Y, después de aumentar el número de unidades fue aumentado y discontinuar el uso, actualmente funcionan sólo 2 unidades: No.3 y No.4.

Evaporación: 535 t/h

Ventilación: Ventilación forzada

Combustibles: Gasoil (sólo para el arranque) y petróleo (importado)

- ♦ Turbina
 Tipo: Turbina de condensación con 2 carcasas tipo broqueta (Instalación exterior, TC2F-26)
 Rotación: 3.600 rpm
- ♦ Generador
 Tipo: Generador síncrono tipo cilíndrico con campo giratorio
 Modo de refrigeración: Refrigeración indirecta por hidrógeno con estatores y directa con rotores
 Sistema de excitación: Excitación con tiristores estáticos
- ♦ Calentador de agua de alimentación: Un total de 7 etapas con 3 de alta presión, 3 de baja presión y un purgador de aire.

(c) Características

- ♦ La Central fue construida por Hitachi, Ltd., viene operando de manera estable sin problemas significativos y está considerada como una de las fuentes eléctricas clave en Cuba.
- ♦ La obra de modernización de CMC4 fue llevado a cabo en 2009, principalmente para cambiar y renovar las piezas obsoletas de la unidad¹⁸. La modernización de CMC3 está prevista para junio de 2016.
- ♦ A solicitud de la parte cubana, la empresa japonesa Hitachi está analizando desde noviembre de 2015 la obra de “remodelación para mejorar la eficiencia” de CMC4. El objetivo es el reforzamiento de la potencia y mejoramiento de eficiencia para la reducción del consumo de combustibles con el cambio de rotor de turbina del vapor.
- ♦ El equipo de control de abertura y cierre exterior se ha mantenido intacto desde el comienzo de la operación.
- ♦ En 2004 se obtuvo ISO14001 y en 2008, ISO9001.

(d) Sistema de operación

- ♦ No. de operadores: 14 operadores/ equipo × 4 equipos = 56 operadores
- ♦ Horario de trabajo: 2 turno de 12 horas (8:00-20:00 y 20:00-8:00)

(e) Plan de reparación

Tabla 3.3.1-2 Plan de reparación de la central termoelectrica CMC

Tipo de reparación	Intervalo	Días para la reparación
Sencilla	Cada 4 meses	4~7 días
Parcial	Cada año	25~32 días
Mediana	Año intermedio entre las reparaciones completas	40~45 días
Completa	Cada 7 años	90 días

Fuente: Empresa Termoelectrica Cienfuegos

- ♦ El plan de reparación se elabora primero por CMC y una vez ajustado con UNE, será determinado.
- ♦ El procedimiento de la reparación será deliberado entre la Empresa de Mantenimiento a Centrales Eléctricas (EMCE) y CMC para ser determinado.

¹⁸ Actualmente no se produce el petróleo pesado del crudo cubano. Pero, suponiendo la posibilidad de su producción en el futuro, las unidades han sido renovadas de manera que puedan alimentarse también al petróleo producido del crudo cubano.

- ♦ Los trabajos de cada empresa en el momento de la reparación son los siguientes.
CMC: Supervisión general y los trabajos que no corresponden a EMCE y a la Empresa de Tecnología, Informática y Automatización (ATI)
EMCE: Trabajos de maquinaria y electricidad
ATI: Trabajos de control y medición
- ♦ No obstante, CMC3 viene operando 19 años sin recibir ninguna inspección de plena escala. Está previsto realizar una inspección definitiva y la obra de modernización en junio de 2016.

Las fotografías de la central termoelectrica alimentada a petróleo CMC se presentan en la Figura 3.3.1-2.



Fuente: Fotografías tomadas por la Misión de JICA (20 de octubre de 2015)

Figura 3.3.1-2 Fotografías de central termoelectrica alimentada a petróleo CMC

2) Central Termoeléctrica alimentada a petróleo Este-Habana

El estudio fue llevado a cabo el 23 de octubre (viernes) de 2015. Los resultados son los siguientes.

(a) Resumen

La empresa se llama “Empresa Central Termoeléctrica Este-Habana” y cuenta con 3 unidades (del No.1 al No.3) con una potencia de 100MW respectivamente.

(b) Especificaciones

No fue posible obtener Especificaciones detalladas. En principio están alimentadas al crudo cubano y las unidades No.1 y No. 2 pueden ser alimentadas también a gas.

(c) Características

- ♦ La central se abastece de 20 ó 30 t/h de agua de reposición de la unidad de desalinización del agua marina instalada al lado.
→ Aunque varía según las Especificaciones de las unidades de la central, normalmente el suministro de agua de reposición suele ser 10 t/h, por tanto, es posible que haya fuga en alguna parte.
- ♦ Ya que no está instalada la unidad de desulfuración de los gases de combustión, se supone que se emiten SO_x (óxidos de azufre) de alta concentración.
- ♦ Junto a la unidad No.3, está previsto construir 200 MW \times 3 unidades (3 de las 4 nuevas unidades rusas proyectadas). Estas unidades tendrán equipada la unidad de desulfuración de los gases de combustión. Una vez construidas, las 3 unidades existentes (100 MW \times 3) de la central Termoeléctrica alimentada a petróleo Este-Habana serán suspendidas.

(d) Sistema de operación

- ♦ No. de operadores: 55 operadores/ equipo (operadores + reparadores) \times 4 equipos = 220 operadores
- ♦ Horario de trabajo: 24 horas (cambio del turno a AM 7:00) + 3 días de descanso

(e) Plan de reparación

Tabla 3.3.1-3 Plan de reparación de central termoeléctrica alimentada a petróleo Este-Habana

Tipo de reparación	Intervalo	Días para la reparación
Sencilla	Cada 6 meses	10 días
Parcial	Cada 2 años	30~40 días
Completa	Cada 5 años	1 año máximo

Fuente: Central Termoeléctrica Este-Habana

- ♦ El mayor problema pendiente para implementar una reparación es la falta de recursos financieros para adquirir piezas de repuesto, lo que está atrasando la reparación completa.

Las fotografías de central termoeléctrica alimentada a petróleo Este-Habana se presentan en la Figura 3.3.1-3.



Vista panorámica de la central (Unidades No. 1-3 desde izquierda)

Vista panorámica de la central (vista desde la unidad de desalinización del agua marina)

Humo que sale de la chimenea

Maqueta de la central (El edificio de frente es donde está instalada la unidad de desalinización del agua marina)

Unidad de desalinización del agua marina

Mapa a utilizar ante la llegada de huracán (marco verde: advertencia y marco rojo: alerta)

Fuente: Fotografías tomadas por la Misión de JICA (23 de octubre de 2015)

Figura 3.3.1-3 Fotografías de central termoeléctrica alimentada a petróleo Este-Habana

(3) Ubicación y perfil de las centrales termoeléctricas alimentadas a gas existentes

ENERGAS es un productor independiente de energía (IPP) en Cuba y cuenta con 3 centrales termoeléctricas alimentadas a gas. Son las únicas centrales termoeléctricas alimentadas a gas existentes en el país. La ubicación y el perfil de las 3 centrales se presentan en la Figura 3.3.1-4 y la Tabla 3.3.1-4.



(Fuente del mapa: <http://www.ezilon.com/maps/images/caribbean/Cuba-physical-map.gif>)

Fuente: Elaborado por la Misión de JICA según los resultados de la encuesta a ENERGAS

Figura 3.3.1-4 Ubicación de las centrales termoeléctricas alimentadas a gas de ENERGAS

Tabla 3.3.1-4 Perfil de las centrales termoeléctricas alimentadas a gas de ENERGAS

Nombre de central	Capacidad instalada(MW)	No. de unidades	Fabricante
Boca de Jaruco	300	GT: 5 unidades×30MW ST: 1 unidad ×150MW	GT: GE ST: SKODA(Checoslovaquia)
Puerto Escondido	20	GT: 1 unidad ×20MW	GT: GE
Varadero	160	GT: 3 unidades×30MW ST: 1 unidad ×70MW	GT: GE ST: Alstom

Fuente: ENERGAS

La potencia total de las 3 centrales termoeléctricas alimentadas a gas son 480 MW, de las cuales, 20 MW de la central Puerto Escondido están destinados a las siguientes cargas y no se envían a las líneas de transmisión de UNE.

- ♦ Insumos de la unidad de eliminación de H₂S instalada en 3 centrales termoeléctricas alimentadas a gas
- ♦ Energía consumida dentro de las centrales termoeléctricas alimentadas a gas Boca de Jaruco y de Varadero.

(4) Resultados del estudio de las centrales termoeléctricas alimentadas a gas de ENERGAS

A continuación se describen los resultados del estudio realizado el 16 de octubre (viernes) de 2015 sobre ENERGAS y la central termoeléctrica alimentada a gas Boca de Jaruco que pertenece a la misma empresa.

1) ENERGAS

(a) Resumen

Fue fundada en 1996 y es un IPP con la inversión de 3 empresas: UNE, Sherritt (Canadá) y CUPET con partes iguales.

(b) Especificaciones

Las Especificaciones de la turbina de gas (GT) instalada en 3 centrales termoeléctricas alimentadas a gas son las siguientes.

- ♦ Boca de Jaruco y Varadero: Fabricante GE, Frame 6 (30 MW)
- ♦ Puerto Escondido: Fabricante GE, Frame 5 (20 MW)

El generador de vapor para la turbina de vapor (ST) (OTSG: Once through Steam Generator) que aprovecha el vapor de GT, tiene instalado quemador auxiliar para subir la temperatura del gas de escape. Para la conexión con la línea de transmisión: transformador en el lado GT: 110 kV y transformado en el lado ST: 220 kV.

(c) Características

- ♦ Cada central posee un equipo eliminador de H₂S de los gases asociados del crudo cubano, que es combustible (Capacidad de tratamiento de los gases asociados de petróleo: Central termoeléctrica alimentada a gas Boca de Jaruco: 320.000 m²/día, Central termoeléctrica alimentada a gas Puerto Escondido: 2.000.000 m²/día, y Central termoeléctrica alimentada a gas Varadero: 1.000.000 m²/día).
- ♦ Parte de lo tratado en Central termoeléctrica alimentada a gas Puerto Escondido está enviada a Central termoeléctrica alimentada a gas Boca de Jaruco.
- ♦ Los gases asociados que son combustibles, se suministran de CUPET y la energía eléctrica generada se vende a UNE. El contrato de suministro de combustible y el de venta de electricidad tienen un periodo de 20 años, con una posibilidad de prolongación (ver “3.2.1 Recursos de combustibles fósiles en el país, (2) Gas”).

(d) Sistema de operación

- ♦ No. de operadores:
 7 operadores/ equipo × 4 equipos = 28 operadores (Central termoeléctrica alimentada a gas Boca de Jaruco)
 7 operadores/ equipo × 4 equipos = 28 operadores (Central termoeléctrica alimentada a gas Varadero)
 4 operadores/equipo × 4 equipos =16 operadores (Central termoeléctrica alimentada a gas Puerto Escondido)
- ♦ Horario de trabajo: 2 turno de 12 horas (7:00-19:00 y 19:00-7:00)

(e) Plan de reparación

Tabla 3.3.1-5 Plan de reparación de central termoeléctrica alimentada a gas ENERGAS (GT)

Tipo de reparación	Intervalo	Días para la reparación
Inspección de equipo de combustible	Cada 12.000 horas	4 días
Inspección de chimenea de gas de combustión	Cada 24.000 horas	7 días
Completa	Cada 48.000 horas	24 días

(ST)

Tipo de reparación	Intervalo	Días para la reparación
Sencilla	Cada 8.000 horas	1 semana
Completa	Cada 5 años	24 días

Fuente: ENERGAS

- ♦ En la reparación a plena escala de GT recibe el apoyo de la Empresa de Mantenimiento a Centrales Eléctricas (EMCE). Las demás inspecciones y reparaciones se hacen por sí misma.

Las fotografías de la central termoeléctrica alimentada a gas Boca de Jaruco se presentan en la Figura 3.3.1-5.



Fuente: Fotografías tomadas por la Misión de JICA (16 de octubre de 2015)

Figura 3.3.1-5 Fotografías de la central termoeléctrica alimentada a gas Boca de Jaruco

3.3.2 Generadores eléctricos diésel existentes

(1) Ubicación y perfil de los generadores eléctricos diésel existentes

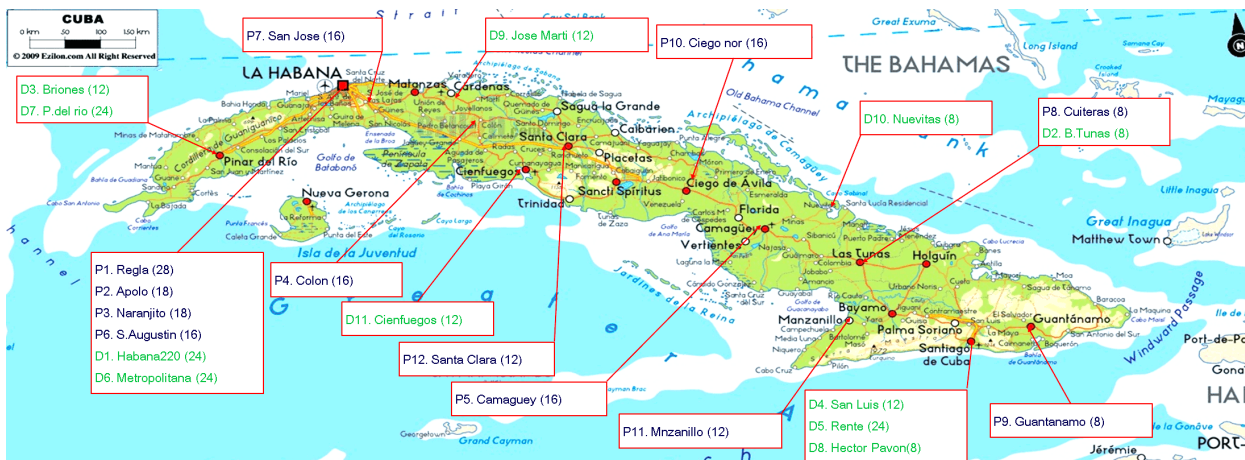
Tal como se muestra en la Tabla 3.1.1-1, existen 2 tipos de centrales eléctricas diésel en Cuba:

- ♦ GE Fuel: Alimentada a petróleo pesado + gasoil (sólo para arranque)
- ♦ GE Diésel: Alimentada a gasoil

Estas instalaciones fueron construidas después de la Revolución Energética de 2006.

La ubicación de GE Fuel identificado en D1 Habana 220 se presenta en la Figura 3.3.2-1. Las letras verdes en el mapa representan los generadores con una capacidad unitaria de 2,5 MW y las letras azules, los generadores con una capacidad unitaria de 1,7 MW.

El resumen de los constrictores y fabricantes de equipos se muestra en la Tabla 3.3.2-1.



Fuente: D1 Habana 220

Figura 3.3.2-1 Ubicación de unidades de generadores eléctricos diésel alimentados a petróleo pesado y gasoil instaladas

Tabla 3.3.2-1 Resumen de los generadores eléctricos diésel existentes

Tipo de generador	Capacidad instalada(MW)	Capacidad unitaria (MW)	Rotación (rpm)	Fabricante
Generador eléctrico diésel alimentado a petróleo pesado y gasoil	1.163	1,7	900	Hyundai (Corea)
		2,5		
Generador eléctrico diésel alimentado a gasoil	1.130	18	720	MAN (Alemania)
		0,8	1.800	Guascor (España)
		0,9		MTU (Alemania)
		1,4		

Fuente: Elaborado por la Misión de JICA según los resultados de la encuesta realizada en la Planta San José u otros lugares.

Además de los indicados en la tabla 3.3.2-1, están instaladas 5 generadores eléctrico de turbina de gas alimentadas a gasoil para atender la demanda pico, llamadas Picos, de 20 MW/unidad (con un total de 100 MW) (entregadas por Hitachi, Ltd. en 1973). Los detalles de Picos constan en “(2) 2) Planta San José”.

En la Isla de la Juventud están instaladas un generador eléctrico diésel de 28,6 MW de fabricante alemán MAN y uno de 4,8 MW, de fabricante alemán MTU.

(2) Resultados del estudio de generadores eléctricos diésel existentes

A continuación se describen los resultados del estudio de los 2 generadores eléctricos diésel.

1) D1. Habana220

El estudio fue llevado a cabo el 15 de octubre (jueves) de 2015. Los resultados del estudio son los siguientes.

(a) Resumen

La ubicación del generador eléctrico aparece en la Figura 3.3.2-1 como “D1. Habana 220”.

(b) Especificaciones

- ♦ El generador es el tipo diésel alimentado a petróleo pesado y gasoil y están instaladas 24 unidades de generación eléctrica diésel de 2,5 MW/ unidad, fabricadas por Hyundai, Corea. Las especificaciones de generador eléctrico diésel constan en la Tabla 3.3.2-1.
- ♦ El motor diésel tiene 9 cilindros.
- ♦ El combustible principal es petróleo pesado y para el arranque y la suspensión se utiliza el gasoil. Se utiliza un petróleo pesado equivalente a petróleo pesado C.
- ♦ Para calentar el petróleo pesado se aprovecha como fuente térmica el calor residual del motor diésel. Una caldera para recuperar el calor residual está instalada para cada 4 unidades de motor diésel (instalado un total de 6 calderas).

(c) Características

- ♦ Las comunicaciones con el Despacho Nacional de Carga (DNC) sobre la suspensión del arranque de las unidades y la variación de la carga se hacen por teléfono. El cable de fibra óptica está instalado y está previsto introducir la comunicación digital en el momento de la próxima actualización del sistema SCADA.
- ♦ Uno de los principales problemas es el hollín producido a veces después de la combustión de petróleo pesado de deteriorada calidad. Existe un laboratorio en La Habana que se dedica a la inspección de calidad de petróleo pesado y lubricantes.
- ♦ De la operación y mantenimiento diario se encarga la Empresa de Mantenimiento a Grupos Electrónicos Fuel (EMGEF) que posee los generadores eléctricos diésel.

(d) Sistema de operación

- ♦ No. de operadores: 11 operadores/ equipo \times 4 equipos = 44 operadores
- ♦ Horario de trabajo: 2 turnos de 12 horas (7:00-19:00 y 19:00-7:00)

(e) Plan de reparación

Tabla 3.3.2-2 Plan de reparación de los generadores eléctricos diésel de D1. Habana220

Tipo de reparación	Intervalo	Días para la reparación
Sencilla	2.000 horas	3 días
Mediana	12.000 horas	6 días
Completa	24.000 horas	11 días

Fuente: D1. Habana220

Las fotografías de la D1 Habana 220 se presentan en la Figura .3.3.2-2.



Fuente: Fotografías tomadas por la Misión de JICA (15 de octubre de 2015)

Figura 3.3.2-2 Fotografías de la D1 Habana 220

2) Planta San José

El estudio fue llevado a cabo el 21 de octubre (miércoles) del 2015. Los resultados son los siguientes.

(a) Resumen

Están instalados los generadores eléctricos diésel alimentados a gasoil (GE Diésel) y generadores eléctricos de turbina de gas para atender la demanda pico, llamados Picos.

(b) Especificaciones

- ♦ Están instalados 40 generador eléctrico diésel de 0,8 MW/unidad del fabricante español Guascor. Las especificaciones del generador eléctrico diésel se presentan en la tabla 3.3.2-1.

- ♦ El motor diésel tiene 6 cilindros \times 2 sistemas.
- ♦ Están instaladas 3 unidades de turbina de gas alimentada a gasoil para atender la demanda pico, llamadas Picos, de GT 20 MW/ unidad fabricadas por GE estadounidense (Frame 5)¹⁹.

(c) Características

- ♦ Las comunicaciones con el Despacho Nacional de Carga sobre la suspensión del arranque de las unidades y la variación de la carga, al igual que GE Fuel, se hacen por teléfono.
- ♦ En la primera fase después de instalado el generador eléctrico diésel, las válvulas presentaron frecuentes problemas, pero desde que fueron cambiadas, ya no producen más problemas.
- ♦ GT en Picos son 5 unidades \times 20 MW = 100 MW, introducidas por Hitachi, Ltd. cuando se presentó una deficiencia de la capacidad de suministro en 1973. Transcurridos más de 40 años, todavía están funcionando como fuente de suministro en el momento pico.
- ♦ De la operación y mantenimiento diario se encarga la empresa de grupos electrógenos y servicios eléctricos (GEYSEL) que posee los generadores eléctricos diésel.

(d) Sistema de operación

(GE Diésel)

- ♦ No. de operadores: 6 operadores/ equipo \times 4 equipos = 24 operadores
- ♦ Horario de trabajo: 24 horas + 3 días de descanso

(Picos)

- ♦ No. de operadores: 2 operadores/ equipo \times 4 equipos = 8 operadores
- ♦ Horario de trabajo: 24 horas + 3 días de descanso

(e) Plan de reparación

Tabla 3.3.2-3 Plan de reparación de los generadores eléctricos diesel de la Planta San José
 (GE Diésel)

Tipo de reparación	Intervalo	Días para la reparación
Sencilla	500 horas	1 día
Parcial	1.000 horas	1 día
Mediana	3.000 horas	1 día
Completa	10.000 horas	7 días

(Picos)

Tipo de reparación	Intervalo	Días para la reparación
Sencilla	Cada 15 días	Sin suspensión
Completa	Cada 1.500 arranques	30~60 días

Fuente: Planta San José

- ♦ Hay veces que no es posible llevar a cabo la reparación, debido a la dificultad de adquirir las piezas de repuesto necesarias para la reparación.

Las Fotografías de los generadores eléctricos diesel de la Planta San José se presentan en la Figura 3.3.2-3.

¹⁹ En toda Cuba existen 5 unidades instaladas con una potencia total de 100 MW, pero no fue posible obtener información de la ubicación de las 2 unidades restantes.



Fuente: Fotografías tomadas por la Misión de JICA (21 de octubre de 2015)

Figura 3.3.2-3 Fotografías de los generadores eléctricos diesel de la Planta San José

3.4 Plan de ampliación de fuentes eléctricas

En esta cláusula consta la información obtenida a partir de las encuestas dirigidas a UNE sobre el plan de ampliación de fuentes eléctricas. La información aquí se refiere a central termoeléctrica y generadores eléctricos diesel y el plan de desarrollo de energías renovables se describe en el Capítulo 7.

3.4.1 Proyectos en ejecución

En el presente informe se definen “proyectos en implementación” como aquellos que no estén terminados y que tengan disponibles los recursos financieros y empezados los preparativos de los contratos para la construcción o instalación correspondientes.

Proyectos de generación termoeléctrica aplicables a la definición anterior no hay en diciembre de 2015. Pero, existe un proyecto con alta posibilidad de entrar en implementación, que próximamente será financiado con créditos de Rusia.

3.4.2 Plan de desarrollo

Está previsto construir una capacidad total de 1.000 MW con los siguientes detalles.

- ♦ 200 MW × 4 unidades: Producto ruso que será desarrollado por el gobierno cubano con un préstamo de Rusia. Ubicación: 3 unidades en Santa Cruz y 1 unidad en Mariel.
- ♦ 200 MW × 1 unidad: Producto chino que será desarrollado por el gobierno cubano con un préstamo de China. Ubicación: Matanzas

Según los resultados de la encuesta dirigida al Ministerio del Comercio Exterior y la Inversión Extranjera (MINCEX) sobre la situación actual y el futuro programa, tanto Rusia como China todavía no han firmado y la firma con Rusia será para el primer trimestre de 2016 y la con China, a partir de la mitad de 2016.

El combustible para todas las unidades es el crudo cubano y está planeado mejorar la eficiencia de consumo de combustible a 250 g/kWh aprox. (la de las centrales eléctricas existentes es entre 270 y 280 g/kWh). Todas las unidades tendrán una caldera tipo tambor con una principal presión de vapor de 130 a 140 bar.

Las razones por las cuales se adopta el tipo tambor son las siguientes.

- ♦ Actualmente la demanda pico de la energía eléctrica nacional en Cuba son 3.000 MW aprox. Teniendo en cuenta el posible impacto sobre el sistema eléctrico en caso de que quede suspendida la operación de un generador, está planeado que la capacidad unitaria de generador sea el 10% (menos de 300 MW aprox.) de la demanda total. Por lo general, debido a que la capacidad mínima instalada de una caldera de paso continuo son 500 MW aprox., no es posible adoptar una caldera de paso continuo.
- ♦ Para el enfriamiento de vapor en el condensador se utiliza el agua marina, pero en unidades existentes se presentan fugas de agua marina, que son difíciles de atender. Aun en una unidad nueva, si se produce un problema similar, una caldera de paso continuo requiere un control de calidad más avanzado en comparación con el de una caldera tipo tambor, por lo que se considera difícil atenderlo por el presente.

Una vez construida la capacidad de 1.000 MW, está previsto discontinuar el uso de una de las 7 centrales termoeléctricas alimentadas a petróleo y actualmente se está analizando una central objeto de cierre.

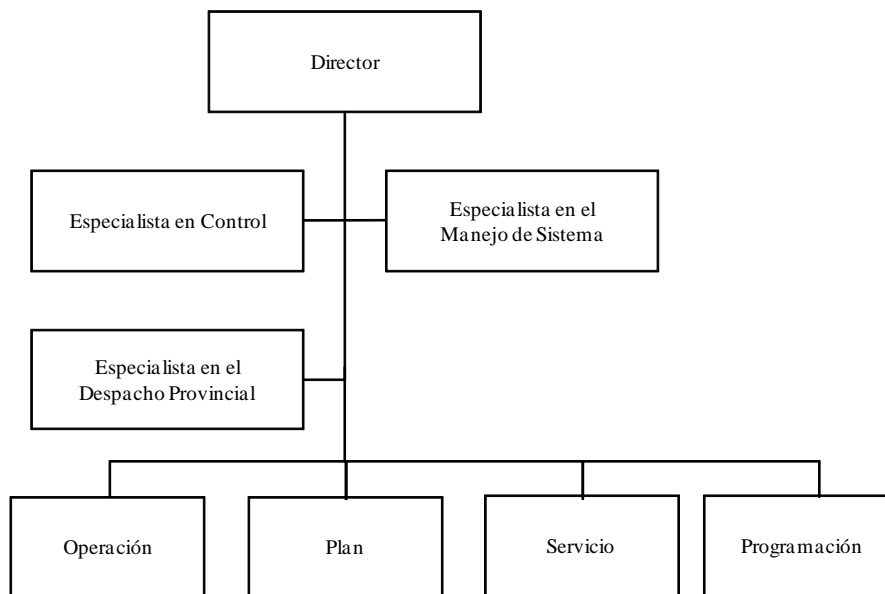
Capítulo 4. Información sobre el sector de transmisión eléctrica

4.1 Organización y administración

La Unión Nacional Eléctrica (UNE) es poseedora de las líneas de transmisión eléctrica de 220kV y 110kV, y de todas las subestaciones de 220/110kV, 110/34,5kV y 110/13,8kV de la totalidad del país.

El Despacho Nacional de Carga (DNC) de la UNE vigila y da instrucciones de operación a las redes nacionales de 220kV y 110kV.

La Figura 4.1-1 presenta el organigrama del Despacho Nacional de Carga.



Fuente: Despacho Nacional de Carga

Figura 4.1-1 Organigrama del Despacho Nacional de Carga

Cada una de las 16 Provincias en Cuba cuenta con un Despacho Provincial de Carga y una empresa distribuidora eléctrica provincial que monitorea, administra y mantiene las redes de distribución eléctrica primaria de 34,5kV y 13,8kV y las redes de distribución eléctrica secundaria inferior a 240 V de su competencia.

La UNE elabora los planes de desarrollo y mantenimiento de las redes de transmisión eléctrica, y la Empresa de Ingeniería y Proyectos de Electricidad (INEL), organización subordinada de la UNE, se encarga del servicio de ingeniería, desde el diseño general hasta la supervisión de obras de las redes de transmisión y subestaciones. La construcción de las redes de 220kV se realiza por la Empresa de Construcciones de la Industria Eléctrica (ECIE), empresa que igualmente ofrece servicios, y la construcción de las redes inferiores a 110kV se atiende por la empresa distribuidora eléctrica de cada provincia. Del trabajo de mantenimiento se encargan también la empresa de servicios afiliada a la UNE.

4.2 Información básica sobre el sistema de transmisión eléctrica

(1) Redes nacionales

Las redes nacionales constan de las líneas troncales de transmisión eléctrica de 220 kV, las líneas ramales de 110 kV, las subestaciones y las centrales conectadas con dichas redes. Las redes nacionales han sido desarrolladas de forma dividida en la región occidental y la oriental del país y actualmente se han unificado a una sola red conectando la occidental con la oriental mediante dos redes de transmisión eléctrica de 220 kV.

La Figura 4.2-1 presenta las supuestas rutas de las redes troncales de transmisión eléctrica de 220 kV, elaborada por la Misión a partir de imágenes satelitales de 2014.



Fuente: Elaborado por la Misión de JICA

Figura 4.2-1 Supuestas rutas de las redes troncales de transmisión eléctrica de 220 kV, elaboradas a partir de imágenes satelitales

(2) Antecedentes del desarrollo

Debido al huracán que se produjo en 2004, Cuba experimentó un corte eléctrico en las redes de la región occidental durante 2 semanas. En aquel entonces, Cuba sólo podía hacer el mantenimiento de nivel preventivo elemental de los sistemas de transmisión y distribución, y las instalaciones de generación eléctrica se encontraban lejos de los lugares de consumo, además de que la capacidad de las líneas de transmisión no era suficiente, razón por la cual se producían apagones en diferentes áreas debido a la sobrecarga. Había necesidad de construir sistemas de alimentación eléctrica estable, además de tomar medidas contra huracanes, en la Revolución Energética que empezó a partir de 2005.

Antes de 2005 las fuentes energéticas fueron todos grandes generadores eléctricos termoeléctricos, donde 7 plantas de generador eléctrico con turbina de vapor estaban conectadas con las redes de 220 kV (parcialmente con redes de 110 kV) y fueron llamadas sistema de generación centralizada. A través de la Revolución Energética este sistema se viene pasando a un sistema al que pueden suministrar la electricidad tanto las redes nacionales como el sistema de generación distribuida²⁰. El primer objetivo de esta política es recuperarse de la crisis energética nacional que se enfrentaba en ese momento y el segundo objetivo es lograr una rápida atención a la variación de la demanda eléctrica y una reducción de pérdidas en la transmisión eléctrica con las fuentes energéticas instaladas cerca de los centros de consumo. Además, los sistemas de generación distribuida ubicados cerca de los centros de consumo, pueden suministrar la energía eléctrica por sí mismos en cada área en caso de que queden dañadas las redes nacionales a causa de huracanes y otros.

(3) Administración de las redes

El Despacho Nacional de Carga monitorea las redes de transmisión eléctrica de 220 kV y 110 kV, las subestaciones y las centrales conectadas con dichas redes. Para el monitoreo de la operación de las subestaciones de 220 kV y 110 kV y todas las centrales, se transmite la información mediante el cable de fibra óptica. El trabajo de dar instrucciones de suministro eléctrico consiste en primero calcular previamente una estimada demanda eléctrica nacional para el día siguiente, preparar las instrucciones dirigidas a cada una de las centrales y subestaciones para que el voltaje y la frecuencia de las redes

²⁰ En Cuba se llama también generación en grupo.

nacionales se mantengan estables por debajo de los valores estándares conforme al suministro eléctrico y el día de la operación correspondiente enviar mediante la línea telefónica exclusiva dichas instrucciones a las centrales y subestaciones. Para el análisis de los sistemas se utiliza un programa cubano llamado DECOUP, que evalúa las instrucciones de dicho Despacho.

El Despacho Provincial de Carga, que recibe las instrucciones del Despacho Nacional de Carga, realiza la operación de las redes de 110kV, 34,5kV, 13,8kV y 240V dentro de cada provincia.

4.3 Líneas de transmisión eléctrica existentes

(1) Resumen de las instalaciones

Por lo general las redes de transmisión eléctrica de 220 kV son de cable de ACSR (conductores de aluminio reforzados con acero) de 400 mm² y la mayoría de los soportes son torres de acero y existen parcialmente postes de concreto. Las redes de transmisión eléctrica de 110kV son normalmente de ACSR de 185 mm² o AAAC (conductores de aleación de aluminio) de 200 mm². Para una parte de redes de transmisión eléctrica se adopta ACSR de 150 mm² y los soportes son torres de acero o postes de concreto.

La Tabla 4.3-1 presenta el resumen de las redes de transmisión eléctrica existentes

Tabla 4.3-1 Resumen de las líneas de transmisión eléctrica existentes

No.	Línea de transmisión y voltaje nominal	Longitud constante	Especificaciones
1	Línea principal de transmisión de 220kV	3.086 km	ACSR 400mm ² , torre de acero, poste de concreto
2	Línea principal de transmisión de 110kV	4.560 km	ACSR 185mm ² , AAAC 200mm ² , ACSR 150mm ² , torre de acero, poste de concreto
3	Línea de sub-transmisión de 34,5kV / Línea de distribución primaria	10.882 km	ACSR 150mm ² , poste de concreto, poste de madera

Nota: Las cables de 34,5 kV pueden ser utilizadas como redes de transmisión eléctrica o redes de distribución eléctrica según la zona.

Fuente: Unión Nacional Eléctrica

Como una de las medidas contra huracanes en la Revolución Energética, se hizo el refuerzo de las redes de transmisión eléctrica para aumentar la resistencia al viento. Las torres de acero de transmisión eléctrica en Cuba fueron diseñadas según las normas americanas (45m/s: promedio de 3 segundos), pero las torres actuales cumplen con las normas de IEC 60826, aplicando la presión de viento según cada área (normalmente, 45,6m/s: promedio de 10 minutos).

(2) Confiabilidad

Por la Revolución Energética las redes de transmisión eléctrica de 220 kV y 110 kV que atraviesan Cuba del este al oeste se han duplicada, por consiguiente ha aumentado la confiabilidad y reforzada la capacidad de suministro eléctrico regional por el sistema de generación distribuida, y se han reducido los riesgos de apagón en las instalaciones importantes en la vida de ciudadanía como los hospitales, panaderías, escuelas y supermercados.

La duplicación de las redes de 220 kV y las de 110 kV permitió reducir la mitigación de sobrecarga en las redes de transmisión eléctrica y transmitir electricidad esquivando puntos de accidente, lo que trajo un gran efecto en la reducción de la frecuencia de apagones. La Tabla 4.3-2 presenta los números de apagones en las redes de 220 kV en 2013 y 2014.

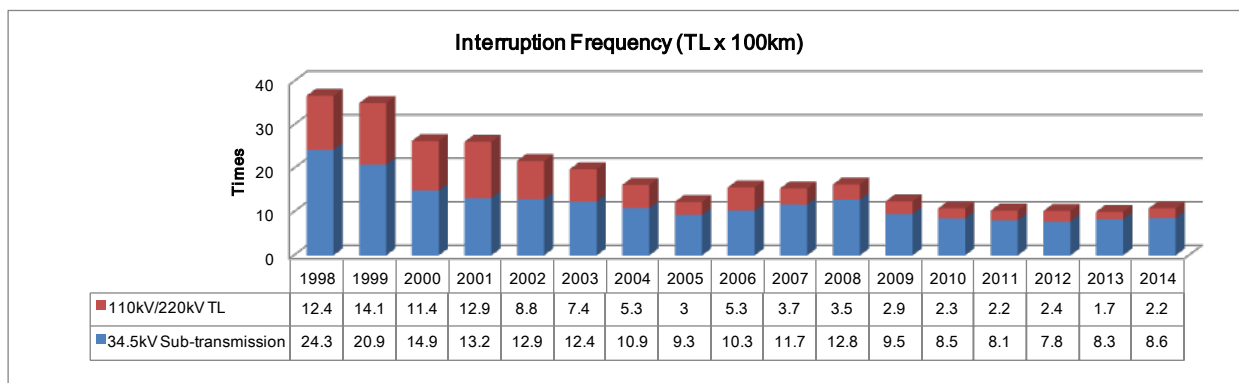
Tabla 4.3-2 No. de apagones en las redes de 220kV

Descripción	2013	Real 2014
Cantidad de interrupciones	12	10
Interrupción /100km	0,39	0,32
Índice de duración de interrupción promedio del sistema (SAIDI)	0,03	0,06

Nota: Los datos de 2014 corresponden a los de 11 meses de enero a noviembre.

Fuente: Unión Nacional Eléctrica

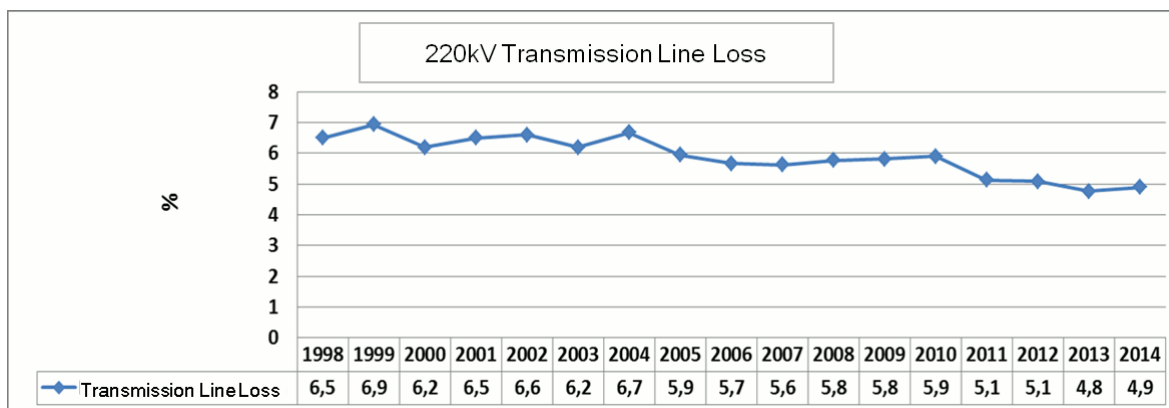
La UNE reforzó no sólo las redes nacionales, sino también las redes de 34,5kV, y tal como se observa en la tabla de abajo, se ha reducido anualmente la cantidad de interrupciones por cada 100km de la red nacional (220kV y 110kV) y de las redes de sub-transmisión (34,5kV), respectivamente.



Fuente: Unión Nacional Eléctrica

Figura 4.3-1 Cantidad total anual de interrupciones por cada 100km de líneas de transmisión (3) Pérdidas en la transmisión eléctrica

La Figura 4.3-2 presenta la evolución de la tasa de pérdidas en la transmisión eléctrica en las redes de 220kV.



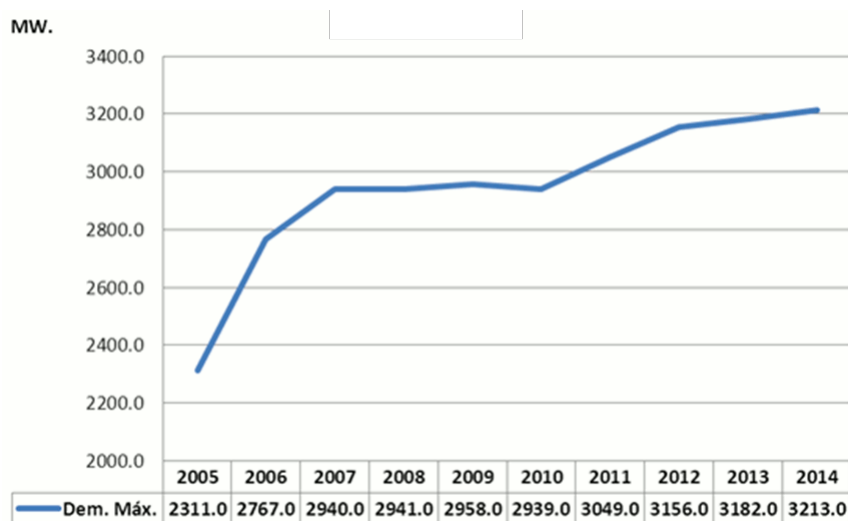
Fuente: Unión Eléctrica

Figura 4.3-2 Evolución de pérdidas en la transmisión eléctrica en las redes de 220kV

Se ha logrado una reducción del 2% aprox. de la tasa de pérdidas en 15 años desde 1999 con el 6,9% hasta 2014 con el 4,9%. El 4,9% como tasa de pérdidas en la transmisión eléctrica es un valor que aún cabe mejorar. En Cuba particularmente, la avanzada introducción del sistema de generación distribuida permite genera electricidad cerca de los centros de consumo, por lo que hay potencialidad de reducir aún más las pérdidas en la transmisión eléctrica. Sin embargo, según la UNE, tiene establecido un plan de suministro eléctrico económico basado en un indicador de precios unitarios de suministro eléctrico integral y como consecuencia, tiene adoptado una tasa de pérdidas un poco alta del 4,9%. Es decir, si aumenta la cantidad de generación eléctrica en el sistema de generación distribuida, puede reducirse las pérdidas en la transmisión eléctrica, pero por otra parte, el alto costo de los combustibles del sistema

(generador eléctrico diésel) eleva el costo unitario de la generación eléctrica. Por consiguiente, el sistema de generación distribuida se opera en un corto tiempo para atender a la demanda pico y las centrales termoeléctricas (de vapor) que producen pérdidas en la transmisión eléctrica por ser distantes de los centros de consumo, pero tienen reducido costo de combustible, funcionan como operación de carga base para así bajar el costo de suministro eléctrico integral.

Cabe destacar una cosa más con respecto a las pérdidas en la transmisión eléctrica en Cuba. Es la relación con la demanda pico de electricidad. La Figura 4.3-3 presenta la evolución de la demanda eléctrica pico entre 2005 y 2014.



Fuente: Unión Eléctrica

Figura 4.3-3 Evolución de la demanda eléctrica pico (2005-2014)

Según la figura anterior, la demanda eléctrica pico se ha hecho 1,4 veces más grande en 9 años de 2.311 MW en 2005 a 3.213 MW en 2014. Por otra parte, la tasa de pérdidas en la transmisión eléctrica en las redes de 220 kV ha logrado una reducción del 1% del 5,9% en 2005 al 4,9% en 2014.

Puesto que las pérdidas en las redes de transmisión eléctrica de 220 kV no tienen causas artificiales como el robo de electricidad, corresponden casi totalmente a pérdidas técnicas. Lo fundamental para disminuir las pérdidas técnicas en las redes de transmisión eléctrica es reducir la proporción del flujo de carga eléctrica efectiva con relación a la capacidad de transmisión de las redes de transmisión eléctrica. La duplicación de las redes de transmisión eléctrica aumentó la capacidad de transmisión eléctrica. Además, atención del sistema de generación distribuida a la demanda pico frena el aumento del flujo de carga eléctrica en las redes de transmisión eléctrica de 220 kV, sincronizado a la demanda pico. Las consecuencias de estos han logrado bajar las pérdidas en la transmisión eléctrica en el 1%, pese a que la demanda pico se ha hecho 1,4 veces más grande.

4.4 Subestaciones existentes

La Tabla 4.4-1 presenta el número de subestaciones existentes según el voltaje.

Tabla 4.4-1 Subestaciones existentes

No.	Subestación	Unidad	Observaciones
1	Subestación de 220kV	24	220/110kV SS
2	Subestación de 110kV	137	110/34,5kV SS 110/13,8kV SS
3	Subestación de 34,5kV	1.985	34,5/13,8kV

Fuente: Unión Nacional Eléctrica

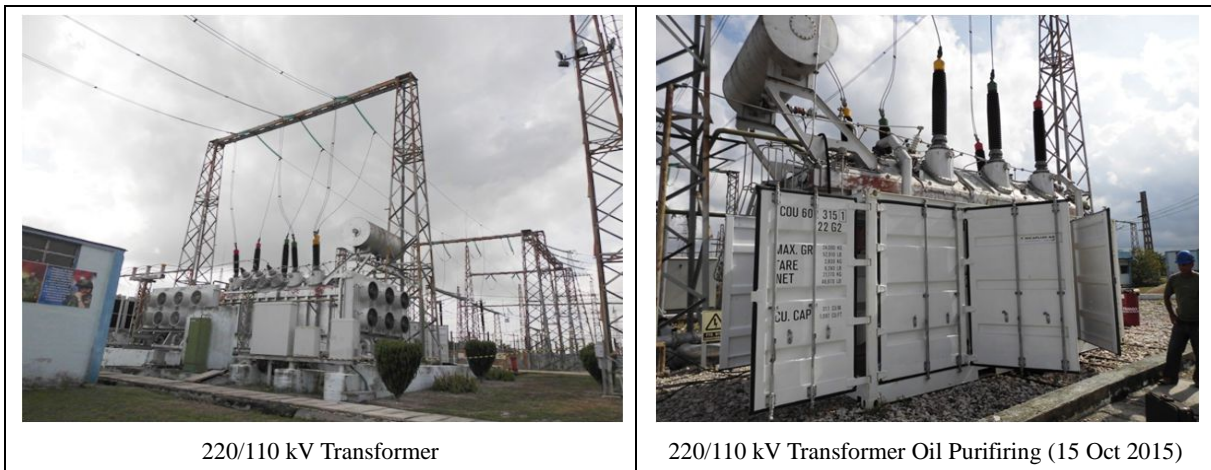
Las subestaciones de 220kV y 110kV se operan de acuerdo con las instrucciones del Despacho Nacional de Carga. Este Despacho monitorea la potencia activa y reactiva en cada subestación, así como estima la demanda a partir de la información sobre las condiciones meteorológicas, los eventos a celebrarse, etc., para dar instrucciones a las subestaciones superiores a 110kV y a todas las centrales eléctricas.

En octubre de 2015, las comunicaciones entre el Despacho Nacional de Carga y las subestaciones y las centrales se hacen mediante la línea telefónica exclusiva, teléfono celular, transmisor-receptor, radiocomunicación con microonda y teléfono satelital. Los datos del monitoreo se envían con la línea telefónica exclusiva y fibra óptica.

Según la información proporcionada de la UNE, el voltaje de las redes en las subestaciones se ajusta generalmente mediante un transformador con tomas, pero existen subestaciones que tienen instalados compensadores estáticos de potencia reactiva (SVC) para ajustar el voltaje de las redes.

Las frecuencias de las redes están controladas a entre 59,7Hz y 60,2 Hz.

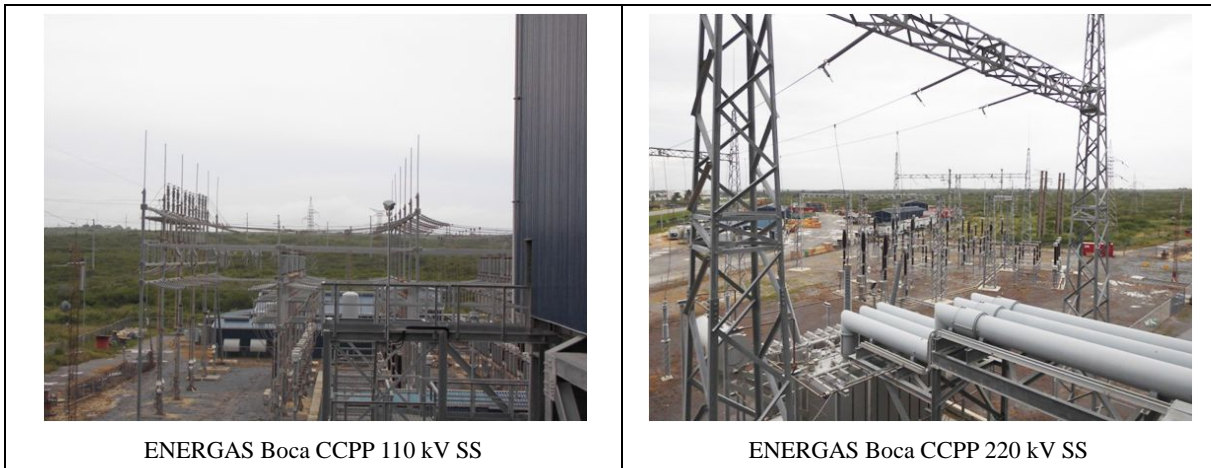
La Figura 4.4-1 presenta fotografías del transformador de 220/110 kV de la S/E Habana 220, que visitó la Misión. En el momento de la visita estaban limpiando el aceite aislante del transformador utilizando purificador de aceite.



Fuente: Fotografías tomadas por la Misión de JICA (15 de octubre de 2015)

Figura 4.4-1 Transformador de 220/110 kV de la S/E Habana 220

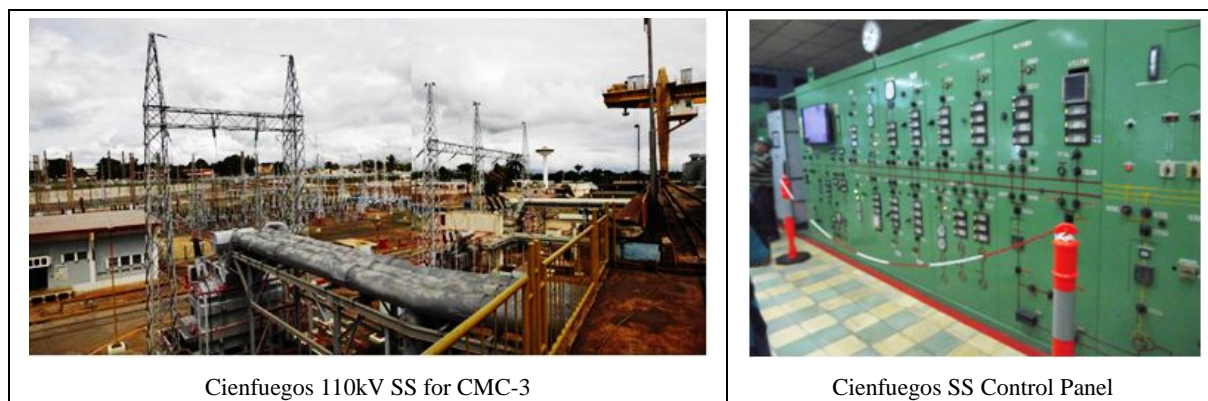
La Figura 4.4-2 presenta fotografías de la unidad de transformador de Energas S.A. Planta Boca de Jaruco, que visitó la Misión. La unidad está instalada en el terreno de la central y es de propiedad de ENERGAS. La unidad consta de un transformador de 220kV y 110 kV y un dispositivo de apertura y cierre.



Fuente: Fotografías tomadas por la Misión de JICA (15 de octubre de 2015)

Figura 4.4-2 Unidad de transformador de Energas S.A. Planta Boca de Jaruco

Las fotografías indicadas en la Figura 4.4-3 son de la subestación de la central termoeléctrica Cienfuegos que también visitó la Misión. La central conectada es la central termoeléctrica alimentada a petróleo Carlos Manuel de Céspedes (CMC).



Fuente: Fotografías tomadas por la Misión de JICA (20 de octubre de 2015)

Figura 4.4-3 Subestación de Cienfuegos

La fotografía de izquierda muestra el transformador instalado al aire libre y la fotografía de derecha, la sala de control de la central.

La central termoeléctrica alimentada a petróleo CMC es una central muy importante que se encarga de ajustar las frecuencias de las redes nacionales cubanas y la subestación Cienfuegos desempeña el rol de conectar dicha central con las redes nacionales. No obstante, el panel de control de dicha subestación no ha sido renovado desde que fue instalada la unidad No.3 en 1978 y la unidad No.4 en 1979 en la central termoeléctrica alimentada a petróleo. Razón por la cual tanto el frecuencímetro como el voltímetro en el panel de control no están funcionando a causa del deterioro con el tiempo y se está haciendo el monitoreo con un multímetro de fines generales instalado en lugar de los aquellos fuera de función. Para lograr un correcto monitoreo y operación en la subestación, es necesario modernizar el panel de control, dispositivo de protección y las instalaciones de DCS, entre otras.

4.5 Plan de ampliación del sistema de transmisión

4.5.1 Proyectos en proceso de ejecución²¹

Los proyectos en ejecución en el sector de transmisión eléctrica son los 2 siguientes.

- ♦ Renovación del sistema SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition) del Despacho Nacional de Carga
- ♦ Ampliación del transformador en la S/E Habana 220

El proyecto de renovación del sistema SCADA del Despacho Nacional de Carga tiene por objetivo mejorar la capacidad de procesamiento del sistema SCADA existente. Mientras el sistema existente procesa 2.000 datos de ingreso y salida, el nuevo sistema puede procesar 1 millón de datos. El nuevo sistema SCADA a introducir será “OASIS”, producto de la empresa Schneider. Asimismo mejorará las funciones de comunicación. Respecto a los métodos de comunicación existentes, los datos del monitoreo para SCADA se envían con el cable óptico y las instrucciones de suministro eléctrico se dan mediante la línea telefónica exclusiva. Una vez renovado, las comunicaciones telefónicas aprovecharán también el cable óptico para SCADA. El proyecto terminará dentro de 2016 con un presupuesto de ejecución de 9 millones de euro aprox.

²¹ Para la definición de los proyectos en implementación véase la cláusula 3.4.1

El proyecto de ampliación del transformador de la S/E Habana 220 consiste en instalar una unidad adicional de transformador en la subestación. Está previsto terminar el proyecto dentro de 2016 y en octubre de 2015 la obra está en implementación.

4.5.2 Plan de Desarrollo

Los principales proyectos de desarrollo en el sector de transmisión eléctrica son los 3 siguientes.

- ♦ Proyecto de construcción de nueva subestación de 220 kV en la ciudad de La Habana
- ♦ Proyecto de ampliación de líneas de transmisión eléctrica, relacionada con el refuerzo de fuentes energéticas
- ♦ Proyecto de introducción de compensadores estáticos de potencia reactiva (SVC) en la subestación

(1) Proyecto de construcción de nueva subestación de 220 kV en la ciudad de La Habana

La UNE tiene previsto construir una nueva subestación de 220kV, Metropolitano, durante los años 2017 al 2019.

Actualmente en la ciudad de La Habana existen 2 subestaciones: la S/E Habana 220 y la subestación Cotorro. Ambas reciben la electricidad de redes de 220 kV y la suministran para cubrir la demanda de 697 MW (en octubre de 2015) de la ciudad de La Habana. Este proyecto trata de suministrar de la subestación Metropolitano a construir nuevamente, parte de la carga de la S/E Habana 220 que le está empezando a ser una carga excesiva. El proyecto consiste en; (i) construir la subestación Metropolitano, y (ii) instalar líneas de transmisión eléctrica de 220 kV duplicadas entre la subestación Cotorro, la S/E Habana 220 y la subestación Metropolitano. Está previsto implementar el proyecto de 2016 a 2017 con los recursos financieros al cien por cien del gobierno cubano.

La Figura 4.5-1 indica el plan de construcción de la subestación Metropolitano de 220 kV y cables de transmisión de 220 kV.

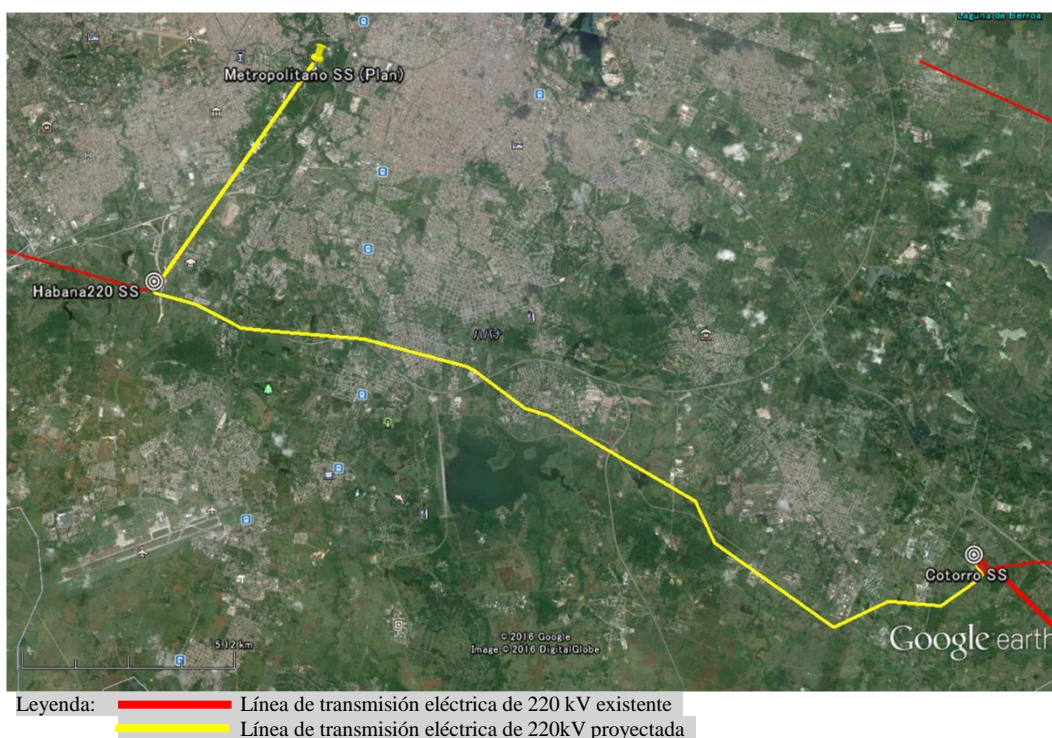
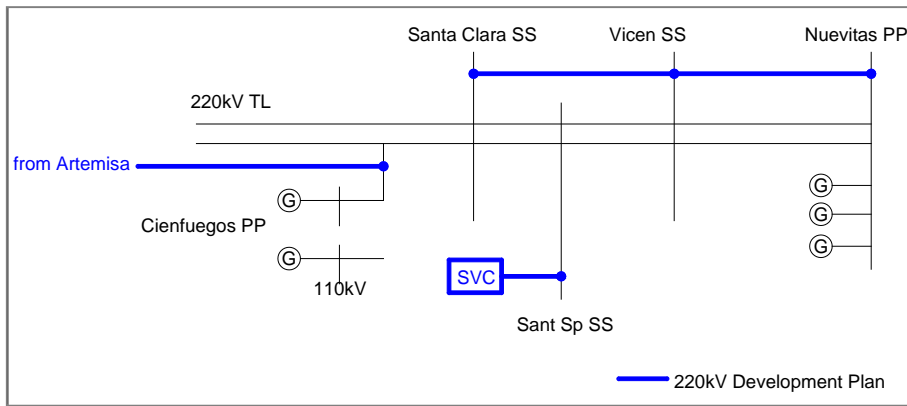


Figura 4.5-1 Plan de construcción de subestación Metropolitano de 220 kV y líneas de transmisión eléctrica de 220 kV

(2) Proyecto de ampliación de líneas de transmisión eléctrica, relacionada con el refuerzo de fuentes energéticas

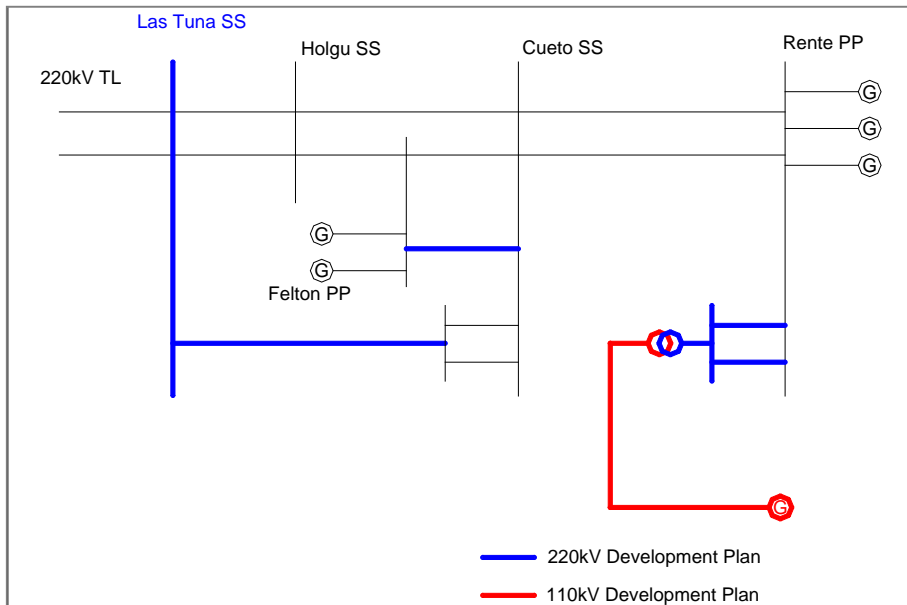
La UNE tiene elaborado un proyecto de ampliación de líneas de transmisión eléctrica, relacionada con el proyecto de desarrollo de fuentes energéticas hasta 2030, sin embargo los datos correspondientes no se han hecho públicos. Por lo tanto, la Misión hizo entrevistas a la UNE y a partir de la información obtenida elaboró un plano del sistema de líneas de transmisión eléctrica de mono conductor eléctrico de 2 proyectos como parte del proyecto de ampliación. La Figura 4.5-2 presenta el proyecto de instalación de nuevas líneas de transmisión eléctrica desde la subestación Mariel de la Provincia de Artemisa hasta la subestación Cienfuegos de la Provincia de Cienfuegos y el proyecto de ampliación de una línea adicional entre la subestación Santa Clara de la Provincia de Villa Clara, la subestación Vicente de la Provincia de Ciego de Ávila y la subestación Nuevitas de la Provincia de Camagüey.



Fuente: Elaborado por la Misión de JICA de acuerdo con la información de la Unión Eléctrica

Figura 4.5-2 Ejemplo 1 del Proyecto de ampliación de líneas de transmisión eléctrica

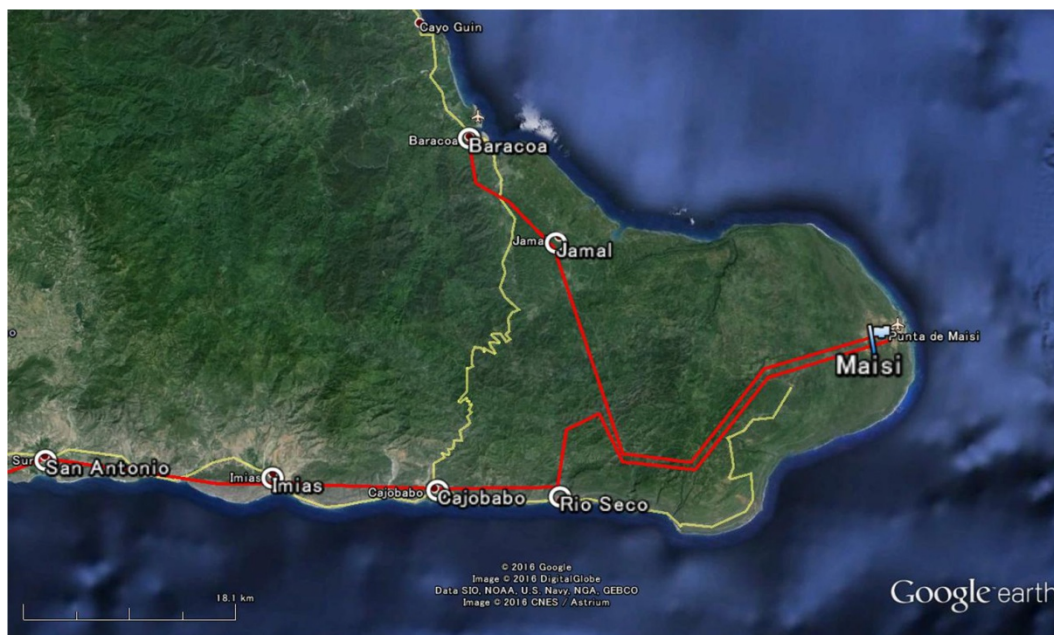
La Figura 4.5-3 muestra proyectos de construcción de nueva subestación Las Tunas de la Provincia de Las Tunas, instalación de nuevas líneas de transmisión eléctrica de 220 kV entre la nueva subestación Las Tunas y la subestación Cueto de 220 kV de la Provincia de Holguín y nuevas líneas de transmisión eléctrica entre la subestación Felton y la subestación Cueto de la Provincia de Holguín y la conexión con la subestación Rente de la Provincia de Santiago.




Fuente: Elaborado por la Misión de JICA de acuerdo con la información de la Unión Eléctrica

Figura 4.5-3 Ejemplo 2 del Proyecto de ampliación de líneas de transmisión eléctrica

La Figura 4.5-4 presenta como ejemplo del proyecto de ampliación de líneas de transmisión eléctrica, relacionado con la nueva introducción de energías renovables, el proyecto en la Provincia de Guantánamo.



Leyenda:  Línea de transmisión eléctrica de 110 kV proyectada

Fuente: Elaborado por la Misión de JICA a partir de la información proporcionada por la Empresa de Ingeniería y Proyectos de Electricidad (INEL)

Figura 4.5-4 Proyecto de ampliación de líneas de transmisión eléctrica de 110 kV, relacionado con la construcción de nuevo parque eólico de Maisí

Con el fin de enviar a las redes nacionales la energía eléctrica generada en el parque eólico cuya construcción está prevista en Maisí de la Provincia de Guantánamo, existe un proyecto que consiste en instalar líneas de transmisión eléctrica duplicadas de 110 kV desde dicho parque a la zona de Baracoa y la zona de San Antonio respectivamente para conectarlas con las redes nacionales.

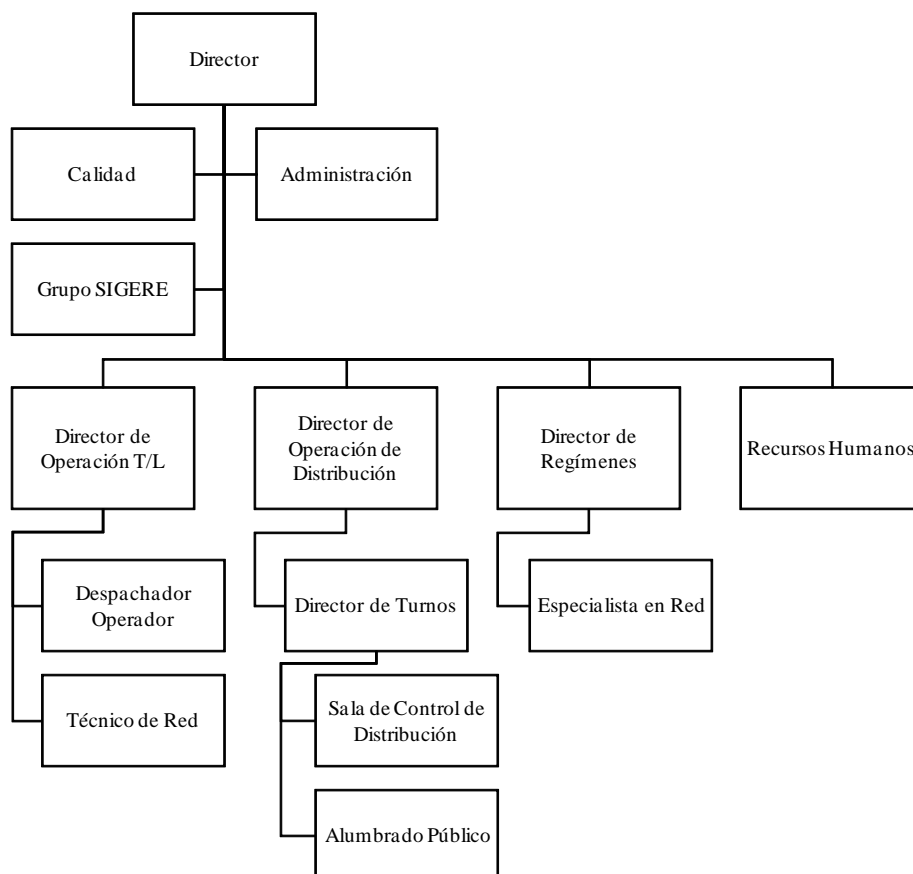
(3) Proyecto de introducción de compensadores estáticos de potencia reactiva (SVC) a subestaciones

La UNE planea no solamente el proyecto de desarrollo de instalaciones de generación eléctrica y el proyecto de ampliación de líneas de transmisión eléctrica, sino también la introducción de compensadores estáticos de potencia reactiva (SVC) como una medida para lograr un ajuste de voltaje estable y reducir las pérdidas en la transmisión eléctrica en la operación diaria de las redes nacionales. Asimismo lleva a cabo la evaluación de la economía para la introducción.

Capítulo 5. Información sobre el sector de distribución eléctrica

5.1 Organización y administración

Existen subestaciones de distribución de 110/34,5kV y 110/13,8kV o menos, que se encuentran dentro de la jurisdicción de la UNE. Por otra parte, el Despacho Provincial de Carga, que existe en cada una de las 16 provincias de Cuba, realiza el monitoreo, operación y mantenimiento de las líneas primarias de 34,5kV y 13,8kV y de las líneas secundarias inferiores a 240V, cuya energía distribuyen las diferentes compañías distribuidoras locales.



Fuente: Despacho Provincial de Carga la Habana

Figura 5.1-1 Organigrama del Despacho Provincial de Carga la Habana

Los datos de las líneas de distribución son controlados por el programa de administración llamado “SIGERE”.

El Despacho Nacional de Carga hace el pronóstico de la demanda de todo el país el día anterior y elabora la nota de órdenes para cada central eléctrica y subestación, teniendo en cuenta la tensión y frecuencia de la Red Nacional, y da las instrucciones respectivas del día mediante una línea telefónica exclusiva.

5.2 Información básica del sistema de distribución eléctrica

(1) Voltaje de la distribución eléctrica

El voltaje de la distribución eléctrica en Cuba cuenta con dos tipos: 120 V y 240 V, como voltaje secundario de redes de distribución eléctrica para el suministro a los usuarios en general y hay muchos casos en que un mismo usuario recibe ambos voltajes.

Los voltajes primarios de las redes de distribución eléctrica son principalmente 34,5 kV y 13,8 kV, que corresponden a la serie II de voltaje nominal especificada por IEC (International Electrotechnical Commission). Difieren de los voltajes pertenecientes a la serie I, adoptada generalmente en países de Asia y Europa. Además de lo anterior, parte de instalaciones antiguas de distribución eléctrica en la zona de Antigua Habana tiene adoptados 4,1 kV y 2,4 kV, que serán unificados a 13,8 kV.

(2) Antecedentes y características de desarrollo

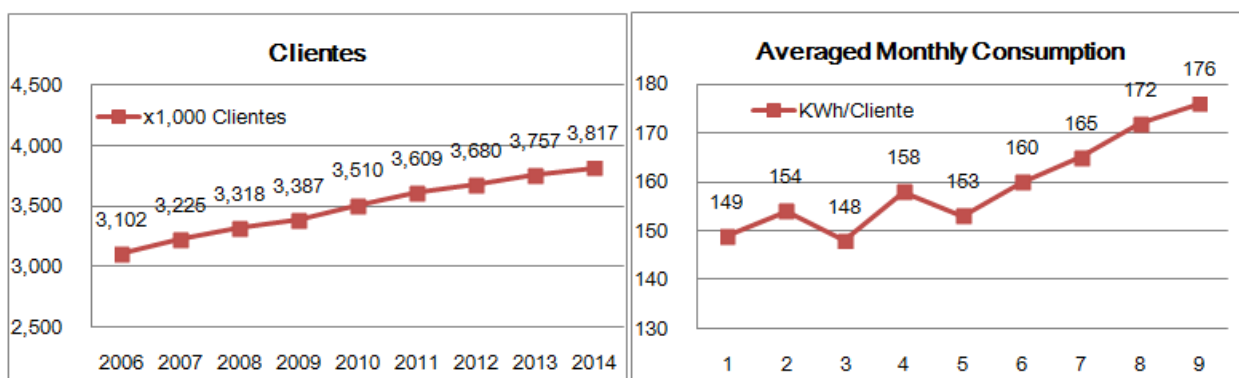
Bajo la Revolución Energética mencionada en la cláusula 4.2, el gobierno cubano comenzó en 2006 un plan de desarrollo que consiste en reemplazar 121.545 postes y líneas de transmisión y distribución eléctrica de un total de 21.293 km de longitud²². En 2010 reemplazó líneas de transmisión y distribución eléctrica de un total de 960 km de longitud y 5.700 postes. La Tabla 5.2-1 muestra los detalles de las obras realizadas en 2014 en las redes de distribución eléctrica de 34,5 kV por la Unión Eléctrica (UNE).

Tabla 5.2-1 Detalles de las obras realizadas en 2014 en las redes de distribución eléctrica de 34,5 kV

Acción principal tomada en 2014	
Línea de distribución primaria: Cambio de conductores	640 km
Línea de distribución secundaria: Cambio de conductores	2.236 circuitos
División del circuito de distribución secundaria	1.226 circuitos
Cambio de transformadores montados en poste	1.571 unidades
Cambio de postes	21.727 unidades
Cambio de transformadores (por otros de mayor capacidad)	84 MVA
Líneas nuevas de distribución	653,5 km

Fuente: Unión Nacional Eléctrica

De acuerdo con este plan de desarrollo, tanto el número de usuarios como el consumo eléctrico por usuario vienen aumentando año tras año. La Figura 5.2-1 presenta la evolución del número de usuarios y del consumo eléctrico medio/mes/ usuario.



Fuente: Unión Nacional Eléctrica

Figura 5.2-1 Evolución del número de usuarios y del consumo eléctrico medio/mes/ usuario

Según la figura de arriba, en 8 años entre 2006 y 2014, el número de usuarios ha aumentado en el 23% y el consumo eléctrico medio/mes/ usuario, el 18%.

La característica del sistema de distribución eléctrica cubana, tal como se ha descrito en la cláusula 4.2, es que muchas fuentes energéticas dispersas están conectadas al sistema de distribución eléctrica. Dichas fuentes energéticas dispersas cubren gran parte de la demanda pico y se puede decir que se tienen funciones de ajuste de demanda y suministro eléctrico a nivel del sistema de distribución eléctrica. El proyecto de introducción de energías renovables del gobierno cubano tiene previsto conectar casi todas

²² La línea de 34,5 kV sirve tanto para la transmisión eléctrica como para la distribución eléctrica. De las líneas de transmisión y distribución eléctrica, lo que se refiere a la línea de transmisión eléctrica referido aquí es la línea de transmisión eléctrica de 34,5 kV.

las fuentes al sistema de distribución eléctrica (la mayoría es de 34,5 kV). Desde el punto de vista de este proyecto de introducción de energías renovables, se puede decir que la característica del sistema de distribución eléctrica cubano de tener funciones de ajuste de demanda y suministro a través de las fuentes dispersas, implica que dicho sistema está altamente preparado para recibir energías renovables.

(3) Administración

Actualmente en las instalaciones de distribución eléctrica en Cuba están avanzando el monitoreo y manipulación a distancia. Cada despacho de carga tiene una sala de operación y dos operadores se encargan de monitorear y manipular a distancia las subestaciones para la distribución eléctrica y los dispositivos de apertura y cierre de carga del área de competencia. Una vez recibido un aviso de accidente del área de competencia, desde la sala de operación lo verifican. Con la manipulación a distancia del dispositivo de apertura y cierre, tratan de aislar el punto del accidente si es posible. Y, según necesidad envían personal al campo para realizar reparación. Los interruptores de las subestaciones para la distribución eléctrica y parte de los dispositivos de apertura y cierre en las redes se monitorean y manipulan a distancia desde el despacho de carga con un programa cubano llamado TELENUL.

En el Despacho Provincial de Carga, para análisis de líneas, se utilizan el programa “PCX” (análisis reticular de líneas) y el programa “Radial” (análisis radial de líneas), desarrollados por la Universidad de Villa Clara de Cuba, a fin de suponer la sobrecarga, variación de frecuencia, caída de tensión, etc., durante la operación de las líneas de distribución.

Además de lo anterior, se está llevando adelante la digitalización de vatihorímetros. La UNE viene cambiando vatihorímetros domiciliarios analógicos de baja precisión por otros digitales de alta precisión.

(4) Suministro eléctrico en la isla

El suministro eléctrico en la isla pertenece a una red independiente no conectada a la red nacional. Las fuentes energéticas de la red independiente de la isla son generadores eléctricos diésel, al igual que las fuentes energéticas dispersas del sistema nacional. Está empezando parcialmente la introducción de energías renovables. El voltaje del sistema de suministro eléctrico, al igual que el sistema de distribución eléctrica de la isla principal, tiene voltaje nominal de 34,5 kV como voltaje máximo y hay casos en que varía algo el voltaje de operación. En el suministro eléctrico en la isla, esta línea de 34,5 kV mayormente se encarga de las funciones de la línea de transmisión eléctrica, es decir, conecta la central con las subestaciones, o entre las subestaciones, sin considerar carga a medio camino.

Respecto al suministro eléctrico en la isla, se presenta como ejemplo la situación de xxxx que visitó la Misión, en el Adjunto ***.

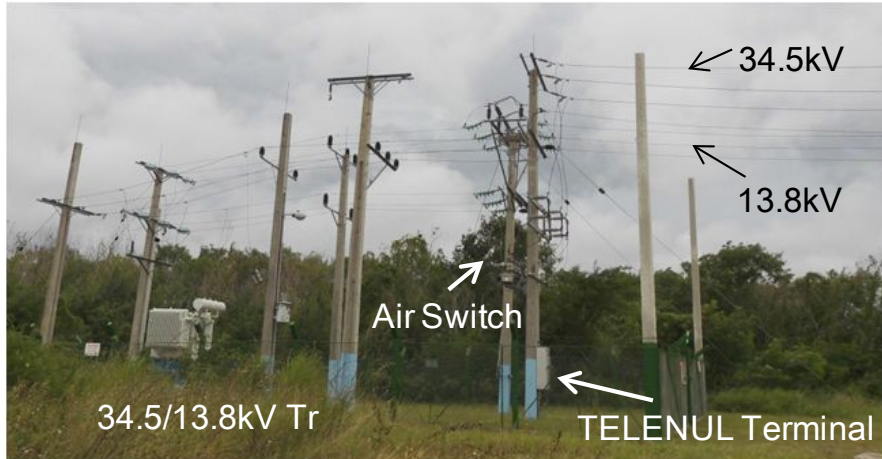
5.3 Sistema de distribución existente

(1) Resumen de las instalaciones

En octubre de 2015 las redes de distribución eléctrica en todo el territorio cubano tienen una extensión de 42.221 km. La reducción del voltaje primario de las redes de distribución eléctrica al voltaje secundario para los usuarios se hace en los transformadores de 34,5 kV/240V y 13,8 kV/240V instalados sobre postes. Dichos transformadores en su mayoría son productos cubanos. Además, están instalados numerosos transformadores entre los voltajes primarios (34,5/ 13,8kV) de las redes de distribución eléctrica. Tipos de conductores adoptados son ACSR de 150 mm² para las líneas de distribución eléctrica de 34,5 kV y principalmente AAAC AWG 3/0 para las líneas de distribución eléctrica de 13,8 kV. Los postes son de varios materiales: madera, concreto y tubo de acero. Asimismo los aisladores utilizados tienen gran variedad.

Aunque existe mezcla de tipos de poste y aislador, hay pocos casos de líneas aflojadas y postes inclinados, lo que da la impresión de que el sistema de distribución eléctrica está recibiendo un correcto mantenimiento.

La Figura 5.3-1 presenta una fotografía del transformador Simón Bolívar de 34,5/13,8 kV entre los voltajes primarios de redes de distribución eléctrica.

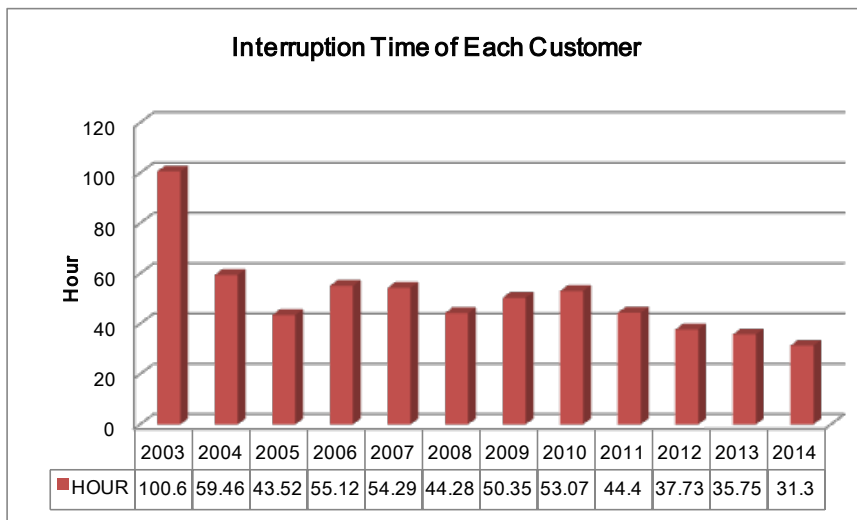


Fuente: Fotografías tomadas por la Misión de JICA (21 de octubre de 2015)

Figura 5.3-1 Transformador de Simón Bolívar de 34,5/13,8kV

(2) Confiabilidad

La Figura 5.3-2 presenta la evolución de las horas de apagones/ usuario causados por accidentes en líneas de distribución eléctrica.



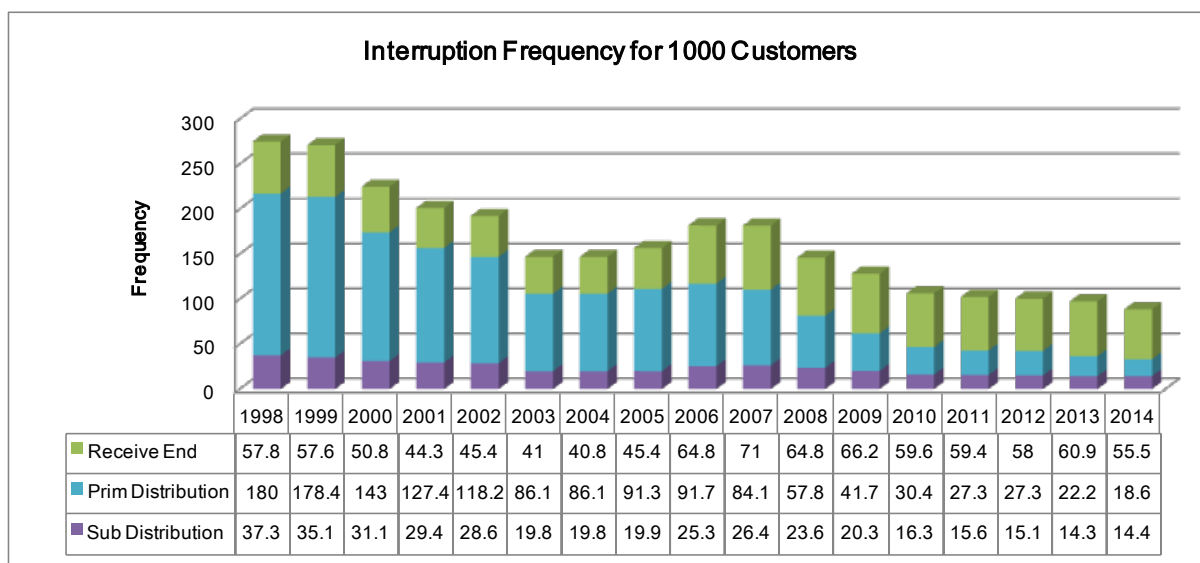
Fuente: Unión Nacional Eléctrica

Figura 5.3-2 Horas de apagones/ año/usuario causados por accidentes en líneas de distribución eléctrica

Por el efecto de la introducción de fuentes energéticas dispersas y construcción de instalaciones de transmisión y distribución eléctrica a partir de 2006, las horas de apagones/ usuario fueron 53,1 horas en 2010 y 31,3 horas en 2014. Los datos de la figura de arriba se refieren a las horas de apagones causados por accidentes en líneas de distribución eléctrica y no incluyen las horas de apagones causados por accidentes en centrales y líneas de transmisión eléctrica. En los años 2004 y 2005 fueron largas las horas de apagones/ usuario a causa de falta de combustible en las centrales y accidentes en líneas de transmisión eléctrica, sin embargo tratándose de las horas de apagones causados por accidentes de líneas de

distribución eléctrica en el horario del sistema de distribución eléctrica en función, se dan valores bajos en la figura.

La Figura 5.3-3 muestra la evolución de la frecuencia de apagones/año/ mil usuarios.



Fuente: Unión Nacional Eléctrica

Figura 5.3-3 Evolución de la frecuencia anual de interrupciones por cada 1,000 clientes

En la figura anterior, las ubicaciones de las causas de apagones se clasifican en el extremo receptor eléctrico, líneas de distribución eléctrica primaria y líneas de distribución eléctrica secundaria entre un transformador para la distribución eléctrica y un extremo receptor eléctrico, indicando su respectiva frecuencia de apagones. En los años 2006 y 2007 aumentó una vez dicha frecuencia a causa del envejecimiento de los relés de protección, pero desde entonces ha disminuido año tras año.

(3) Pérdidas en la distribución eléctrica

La Tabla 5.3-1 presenta la tasa de pérdidas en la distribución eléctrica y la transmisión eléctrica en 2013 y 2014.

Tabla 5.3-1 Pérdidas en la transmisión y distribución

Descripción	Year (%)	
	2013	2014
Pérdida en la línea de transmisión	4,8	4,9
Pérdida en la línea de distribución	14,5	14,1
Total	17,1	17,0

Fuente: Unión Nacional Eléctrica

La UNE toma las medidas para reducir las pérdidas en la distribución eléctrica: (i) elevar el voltaje de las líneas de distribución eléctrica de 13,8 kV a 34,5 kV, (ii) dividir y acortar las líneas de distribución eléctrica de larga distancia. No obstante, dichas medidas se aplican siempre y cuando se haya comprobado la rentabilidad económica, después de realizar la evaluación económica de las líneas correspondientes. De la tasa de pérdidas en la distribución eléctrica del 14% aprox. en 2014, el 10% corresponde a las pérdidas técnicas y el 4%, a las no técnicas. La UNE reconoce que las pérdidas no técnicas incluye algo de consumo eléctrico clandestino.

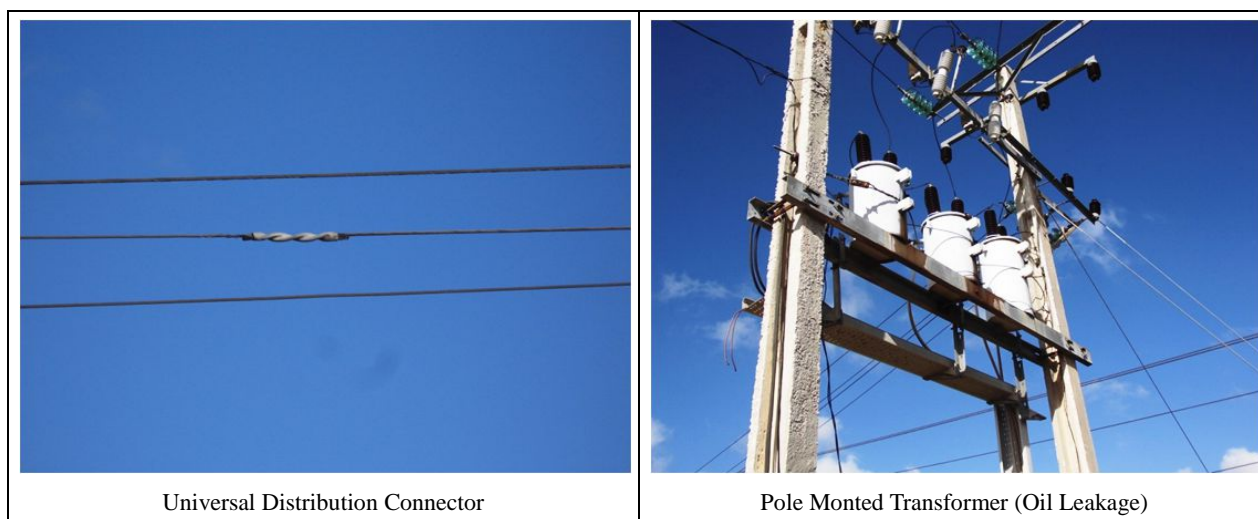
(4) Principales causas de apagones

Según los resultados de las preguntas a la UNE, la mayoría de estos apagones fue causada por contactos deficientes y fugas eléctricas, y, especialmente, se atribuye al conector universal para distribución (UDC).

Los conectores revestidos (hechos en Francia) no presentan problemas, pero son caros, por lo que se utilizan normalmente los conectores sin revestimiento hechos en Brasil. Dicen que, especialmente en las costas, suceden apagones debido a la salinidad, y a las fugas eléctricas, corto circuitos y fallos de toma de tierra cuando llueve. Hasta el momento de agosto de 2015, el tiempo total anual de apagones ha alcanzado ya 181,36 horas, mientras que el tiempo total registrado en 2014 fue de 130,74 horas, y parece ser que la causa principal de este aumento de apagones se ha debido a los contactos deficientes indicados más arriba.

Por otra parte, se han observado también fugas del aceite aislante de los transformadores envejecidos instalados en postes. Al avanzar dicho envejecimiento, puede ser causa de apagones. No obstante, de acuerdo con la creciente demanda, constantemente se están cambiando transformadores instalados existentes sobre postes por otros de mayor capacidad, por lo que habrá poca posibilidad de que el envejecimiento de transformadores sea principal causa de apagones.

La Figura 5.3-4 presenta fotografías de un conector de línea de distribución eléctrica de 13,8kV y de un transformador de 34,5/13,8 kV instalado sobre un poste con fuga de aceite.



Fuente: Fotografías tomadas por la Misión de JICA (21 de octubre de 2015)

Figura 5.3-4 UDC de la línea de distribución de 13,8kV y transformador de 34,5/13,8kV instalado en el poste eléctrico

5.4 Plan de ampliación del sistema de distribución

5.4.1 Proyectos en proceso de ejecución

Un sistema de distribución eléctrica, debido al gran número de instalaciones y a la necesidad de atender rápidamente a la variación de la demanda de la zona del servicio, requiere una constante renovación y mantenimiento. Al sistema de distribución eléctrica en Cuba se dan dichos trabajos diariamente y esto puede ser el mayor proyecto en proceso de ejecución.

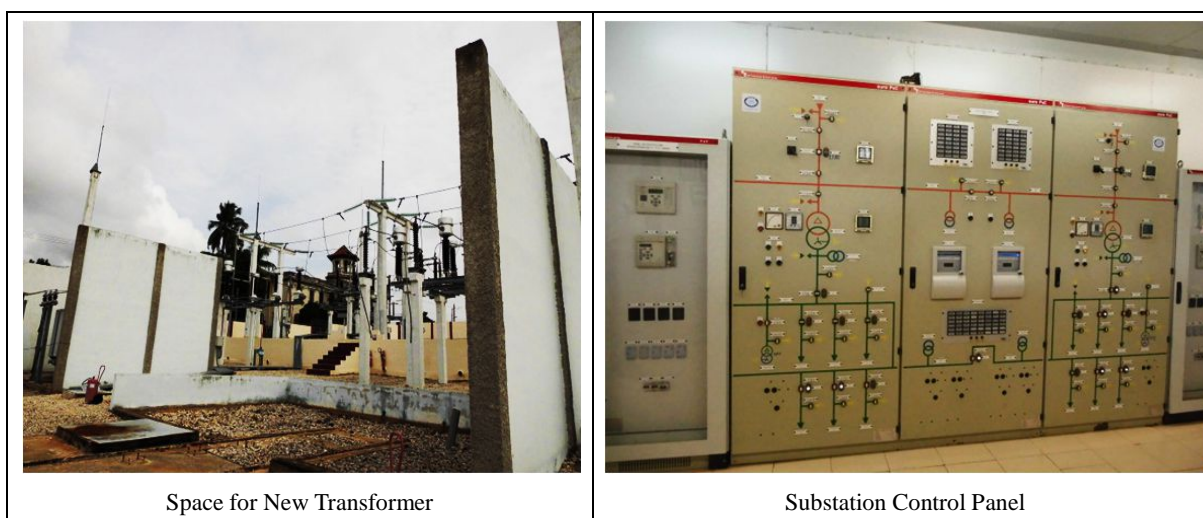
De entre dichos trabajos se presentan los 3 siguientes verificados por la Misión en el estudio de campo como ejemplos del proyecto en ejecución.

- ♦ Ampliación de transformador en la subestación de Ciudad Libertad en la ciudad de La Habana
- ♦ Digitalización de vatihorímetros
- ♦ Renovación del sistema de distribución eléctrica en la ciudad de La Habana

(1) Ampliación de transformador en la subestación de Ciudad Libertad en la ciudad de La Habana

En la subestación de 110 kV/13,8kV de la Ciudad Libertad, dentro de La Habana, existe actualmente un transformador de 25MVA, que distribuye la energía eléctrica a 6 áreas. Debido a que un solo transformador ya no es suficiente para cubrir la creciente demanda en la ciudad de La Habana, se está instalando un nuevo transformador adicional de 25 MVA. Ya se han introducido el interruptor, equipo de monitoreo y de protección y la instalación terminará entre el final de 2015 y el principio de 2016. Asimismo se está avanzando la obra de duplicación de las líneas de distribución eléctrica de esta subestación y está planeado para el futuro introducir un dispositivo de apertura y cierre de carga manipulable a distancia en las líneas de distribución eléctrica y automatizar y controlar a distancia la manipulación para esquivar las líneas accidentadas.

La Figura 5.4.1-1 presenta fotografías de la subestación de Ciudad Libertad.



Fuente: Fotografías tomadas por la Misión de JICA (15 de octubre de 2015)

Figura 5.4.1-1 Fotografías de la subestación de Ciudad Libertad

(2) Digitalización de vatihorímetros

Según los resultados de la encuesta al Despacho Nacional de Carga, ya cambiaron 48.987 vatihorímetros viejos por otros digitales e instalaron en usuarios domiciliarios regionales y grandes usuarios más de 63.000 vatihorímetros tipo ultrarrojo (con funciones de lectura digital de consumo eléctrico mediante un receptor ultrarrojo). Además, están instalando vatihorímetros tipo ultrarrojo en más de 2.700 transformadores para la distribución eléctrica.

En octubre de 2015 entre el 80% y el 85% de los vatihorímetros en Cuba están digitalizados. Tiene intención de que todos los medidores sean de tipo ultrarrojo en el futuro para que esto sirva de medida contra las pérdidas (pérdidas no técnicas) a causa de la precisión de la lectura dentro de las pérdidas en la distribución eléctrica.

La Figura 5.4.1-2 presenta fotografías de un vatihorímetros digital.



Fuente: Fotografías tomadas por la Misión de JICA (12 de octubre de 2015)

Figura 5.4.1-2 Fotografías de vatihorímetros digital

(3) Renovación del sistema de distribución eléctrica en la ciudad de La Habana

En la ciudad de La Habana son frecuentes líneas soterrados y de avanzado estado de envejecimiento. Se está llevando adelante la renovación de los mismos. La UNE ha creado una sala de monitoreo de los líneas soterrados en el Despacho de Carga de La Habana para ir renovando cada vez que se cambien líneas soterrados los interruptores de las subestaciones para la distribución eléctrica y los dispositivos de apertura y cierre de carga de las líneas de distribución eléctrica que, para que el sistema TELENUL los pueda monitorear y manipular a distancia.

5.4.2 Plan de desarrollo

Puede que haya un plan de desarrollo de redes de distribución eléctrica atendiendo a los proyectos de desarrollo de fuentes energéticas para 2030, pero no ha sido posible obtenerlo en el presente Estudio.

Capítulo 6. Régimen ambiental pertinente

6.1 Perfil del régimen

La conservación ambiental en Cuba está estipulada en la Constitución del país legislada en 1976. La Constitución establece que la economía es un desarrollo sostenible y de acuerdo con la cláusula 27 fue creada la Comisión Nacional para la Protección del Medio Ambiente y Conservación de los Recursos Naturales y posteriormente el Programa Nacional del Medio Ambiente y Desarrollo en 1993. Después, el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), autoridad competente del medio ambiente, y la Agencia de Medio Ambiente (AMA), organismo subordinado, fueron creados según la Ley 147 de abril de 1994. Al Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) le corresponde el planeamiento de las políticas básicas y a la Agencia de Medio Ambiente (AMA), la ejecución de las mismas. En el mismo año, por debajo de la Oficina de Regulación Ambiental y Seguridad Nuclear de CITMA, fue establecido el Centro de Inspección y Control Ambiental (CICA²³), institución que se encarga de revisar la reglamentación ambiental y evaluar el impacto ambiental.

La reglamentación el medio ambiente a toda escala se basa en la Ley 81 De Medio Ambiente, establecida en 1997. Con miras a lograr un desarrollo sostenible, la ley se ha considerado como ley fundamental para la conservación, reglamentación y evaluación de impacto ambiental.

6.2 Trámites para la evaluación de impacto ambiental

Sobre la evaluación de impacto ambiental (EIA), las cláusulas 28 y 29 de la Ley 81 De Medio Ambiente y la Resolución 77/99 Reglamento del Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, establecida en 1999, estipularon los trámites correspondientes, siendo modificados con la Resolución 132 en 2009. Asimismo existe una pauta para la elaboración de EIA.

En el sector de energía eléctrica, los objetos de la evaluación ambiental son los proyectos de central eléctrica, líneas de transmisión eléctrica y subestación. Sin embargo, no se especifica que todos los proyectos necesiten EIA, indiferentemente de su magnitud. Tampoco tiene una categorización que determine el nivel de estudio en función de los impactos ambientales. Según CICA, no se puede determinar en forma simple el alcance de EIA y sino en forma integral de acuerdo con la localización, la magnitud del impacto, entre otros.

CICA certifica como expertos ambientales las especialistas capaces de implementar EIA. Según comenta CICA, dichos expertos comprenden que si un proyecto necesita o no EIA, y qué tipo de IEE o EIA necesita. Por consiguiente, en caso de que un experto ambiental certificado esté contratado en el momento de la solicitud de licencia ambiental, se considera que EIA está implementado sin problema para el proyecto que lo necesite.

6.3 Proceso de trámites²⁴

6.3.1 Trámites

El ejecutor de proyecto, primero tiene que preparar un resumen sencillo llamado Tarea Técnica y un documento de análisis técnico llamado Estudio Técnico. Es un resumen del proyecto que contiene también descripción sobre el aspecto ambiental. Dichos documentos se entregan al Instituto de

²³ Inicialmente se llamó Centro de Gestión y Control Ambiental y posteriormente cambió el nombre.

²⁴ Según los resultados de la encuesta realizada al encargado ambiental de UNE, expertos de INEL que se encargan realmente de EIA y el jefe del Departamento de Control de Contaminación de CICA.

Planificación Física (IPF) ubicado en la capital o la provincia correspondiente²⁵. El Instituto estudia el lugar previsto para el proyecto conforme al documento de planificación, si no encuentra ningún problema, da un Certificado de Micro-organización sobre el uso de suelo y pasa al siguiente proceso: emisión de licencia ambiental con o sin EIA.

En caso de que no sea necesaria EIA, pasa al trámite de solicitud para la obtención de licencia ambiental sin EIA. En este caso, aunque no sea necesaria EIA, en el documento de análisis técnico debe constar descripción sobre el aspecto ambiental. En caso de que haya temas a aclarar en el aspecto ambiental, tales temas se pondrán como condiciones para obtener licencia ambiental. Señaladas las condiciones, el ejecutor volverá presentar a IPF los documentos de solicitud de licencia ambiental, resumen y análisis técnico del proyecto y los mencionados temas aclarados. IPF presenta su contenido a los ministerios y agencias relacionados (MEF, Ministerio de Salud Pública, Ministerio de la Construcción, CITMA, MEM, Ministerio del Interior, Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, etc.). Si alguno de los mismos presenta comentarios, el proyecto se somete a modificaciones. Si no hay comentarios, el proyecto se envía a CICA (Centro de Inspección y Control Ambiental) para ser analizado y en caso de que haya problemas, el ejecutor modifica el contenido del proyecto, o se emite licencia ambiental con determinadas condiciones.

Cuando se requiera EIA, se implementan IEE y EIA para aclarar los impactos en el aspecto ambiental, descritos en el documento de análisis técnico. El índice del documento de estudio y el resumen de los ítems a estudiar se definen tal como se describe más adelante y los términos de referencia detallados se dejan a la disposición del ejecutor de estudio.

Una vez completa la evaluación de impacto ambiental, sigue el mismo proceso de trámites que el de licencia ambiental.

6.3.2 Método de implementación de EIA en la Unión Nacional Eléctrica

El estudio de EIA se implementa por expertos. La Unión Eléctrica cuenta con sólo 1 experto encargado ambiental en la Dirección Técnica (comprobado un presupuesto para que sean 2 pronto). Por lo tanto, en caso de ejecutar un nuevo proyecto de inversión en una central eléctrica, se crea una Dirección Integrada de Proyectos fuera de la Empresa y se encarga de la ejecución hasta completar el proyecto. Como que la misma Dirección se hace responsable también del aspecto ambiental, se asigna un encargado ambiental. En la práctica, EIA se realiza por la empresa filial INEL (Empresa Ingeniería de Proyectos de Electricidad (con 11 encargados ambientales)²⁶, Universidades (Villa Clara, Habana, Cujae, etc.) o consultores estatales (3 ó 4 empresas).

El contenido de Informe de EIA esté determinado como índice tentativo en la resolución 132, pero no deja de ser un contenido generalizado y tampoco existen términos de referencia indicados por CICA.

Los principales ítems de índice de Informe EIA son los siguientes.

- 1) Puntos esenciales
- 2) Resumen de proyecto
- 3) Leyes reglamentarias

²⁵ El destinatario del documento se determina según la magnitud del proyecto, según la información de CICA.

²⁶ La Dirección ambiental de INEL cuenta con 11 personas (quórum de 13 miembros, pero faltan dos) y ofrece servicio de consultoría sobre la implementación de IEE y EIA, la obtención de licencia ambiental y la práctica de ISO14004 principalmente a la Unión Eléctrica y las empresas filiales. Organiza 2 veces/ año un seminario ambiental sobre el manejo ambiental a las empresas del mismo grupo. Se encarga de estudio de contaminación atmosférica. El estudio de contaminación de calidad de agua corresponde al laboratorio de INEL. Este laboratorio realiza análisis de calidad de agua, análisis químico de agua residual después del lavado de caldera, inspección de seguridad de equipos eléctricos, etc.

- 4) Condición ambiental
- 5) Determinación y evaluación de impactos ambientales
- 6) Medidas preventivas y reductoras de impactos
- 7) Plan de monitoreo
- 8) Explicación a los habitantes y sus resultados

En la práctica el contenido del estudio EIA lo termina un experto contratado. Por ejemplo, en un proyecto hidroeléctrico se concentra en los impactos sobre ríos y en un proyecto de central térmica, en la contaminación atmosférica y aguas residuales calientes.

En caso de un proyecto de gran magnitud, el informe EIA presentado, una vez ajustado por IPF adoptando opiniones de los ministerios relacionados, se examina por CICA. Concretamente 3 ó 4 expertos que trabajan en CICA, evalúan el contenido. Como consecuencia de la evaluación, si falta información, se implementa estudios adicionales según necesidad.

No existe ninguna ley en que constan cualidades requeridas para ser encargado ambiental de UNE. La Dirección de personal de la Unión Eléctrica tiene una regla general; ser graduado de universidad, ingeniero, haber recibido capacitaciones internas sobre el medio ambiente y tener conocimiento de ISO14001, manejo de objetos peligrosos, temas de emisión, etc.

6.3.3 Principales criterios

Para realizar una evaluación ambiental, hacen falta criterios de emisión, entre otros, lo que está especificado en la Norma Cubana. Los principales criterios son los siguientes.

- ♦ Norma Cubana 521: Norma de descarga en el mar
- ♦ Norma Cubana 27: Norma de descarga en el agua dulce (ríos, lagos, boca de descarga, etc.)
- ♦ Norma Cubana 803: Norma de emisión de causantes de contaminación atmosférica en las centrales eléctricas
- ♦ Norma 39: Norma de emisión atmosférica
- ♦ Norma 1020: Norma calidad de aire en asentamiento
- ♦ Norma 827: Norma calidad de agua de consumo
- ♦ Norma 900: Medición
- ♦ Norma 133, 134, 135: Recolección, tratamiento y disposición final de residuos

Capítulo 7. Información de energías renovables

7.1 Políticas nacionales de desarrollo de energías renovables

El gobierno cubano viene impulsando la optimización de la eficiencia del uso de energías y el uso racional de energías renovables siguiendo los procesos abajo mencionados.

- ♦ 2012
El comité gubernamental estableció políticas para desarrollar energías renovables y mejorar la eficiencia del uso de energías para un periodo de 2014 a 2030.
- ♦ Junio de 2014
En la asamblea nacional fueron discutidas las políticas de energías renovables.
- ♦ Junio de 2014
El gabinete aprobó las políticas y su itinerario.
- ♦ Diciembre de 2014
Las instituciones involucradas en energías renovables presentaron sus respectivos planes y carteras.
- ♦ De marzo a diciembre de 2015
Negociaciones para la inversión de proyectos correspondientes.
- ♦ Diciembre de 2015
Toma de decisiones para establecer un marco reglamentario y aprobar el retoque y el control legal para la implementación de políticas.

Cuba tiene como una de las políticas prioritarias el uso de energías renovables y se propone que sea una columna principal para lograr los siguientes objetivos.

- (1) Reducción del uso de los combustibles fósiles
- (2) Reducción del costo de suministro eléctrico relativamente alto debido al uso de combustibles fósiles.
- (3) Mitigación de los impactos ambientales
- (4) Estabilización del suministro de energía eléctrica
- (5) Mejoramiento de los efectos económicos
- (6) Combinación de energías para lograr un equilibrio entre generación y suministro eléctrico

Teniendo en cuenta los objetivos arriba mencionados, se está llevando a cabo un plan para mejorar la proporción del suministro de energía eléctrica generada de fuentes energéticas renovables sobre la totalidad del suministro de energía eléctrica del actual 4,3% (2014) al 24% antes de 2030.

Se está llevando adelante un plan de desarrollo de las siguientes energías renovables.

1. Generación eléctrica por biomasa
2. Generación eólica
3. Generación solar fotovoltaica
4. Generación hidroeléctrica

El 24% objetivo de la totalidad del suministro de energías se divide en el 14% de energía por biomasa (aprovechamiento de caña de azúcar + un arbusto llamado Marabú Shrub), el 6% de energía eólica, el 3% de energía solar fotovoltaica y el 1% de energía hidroeléctrica.

Con el fin de cumplir la meta de la política nacional para que el 24% del suministro de la totalidad del suministro eléctrico sea de energías renovables para 2030, se propone alcanzar más del 22% antes de 2020.

Además de las energías renovables antes mencionadas, se están elaborando planes de generación fotovoltaica, generación energética de biomasa (recursos forestales y desechos agrarios (excepto caña de azúcar)) y generación energética de biogás que aprovecha residuos de plantas de procesamiento alimentario y excrementos animales (de cerdo sobre todo), teniendo en cuenta las condiciones locales.

7.2 Potencial de energías renovables

A continuación se describen los potenciales de la generación energética de biomasa, eólica, fotovoltaica e hidroeléctrica, que se están desarrollando como política nacional del gobierno cubano.

7.2.1 Biomasa

Sobre el uso de energías derivadas de biomasa en Cuba, los recursos se clasifican principalmente en: (1) bagazo, (2) los demás recursos de biomasa que no sea bagazo y (3) biogás:

(1) Bagazo

Se trata de una generación energética con combustión directa de bagazo (residuo de caña de azúcar después de extraído su jugo). Está planeado un proyecto de venta eléctrica que consiste en cubrir la demanda eléctrica en la planta y vender la energía sobrante.

La Tabla 7.2.1-1 presenta la evolución del área de producción y la producción real de caña de azúcar del que se produce bagazo, entre 1985 y 2011.

Tabla 7.2.1-1 Área de producción y producción real de caña de azúcar en el país

Año	Área cultivada (ha)	Producción (ton)	Rendimiento/ ha (ton)
1985	1.347.800	67.400.000	50,0
1986	1.328.600	68.500.000	51,6
1987	1.358.300	70.801.808	52,1
1988	1.297.300	73.744.608	56,8
1989	1.350.600	81.002.896	60,0
1990	1.420.300	81.800.000	57,6
1991	1.452.200	79.700.000	54,9
1992	1.451.700	66.300.000	45,7
1993	1.211.700	43.700.000	36,1
1994	1.248.900	43.200.000	34,6
1995	1.177.400	33.600.000	28,5
1996	1.244.500	41.300.000	33,2
1997	1.246.300	38.900.000	31,2
1998	1.048.500	32.800.000	31,3
1999	995.800	34.000.000	34,1
2000	1.040.900	36.400.000	35,0
2001	1.007.100	32.100.000	31,9
2002	1.041.200	34.700.000	33,3
2003	643.800	22.100.000	34,3
2004	661.000	23.800.000	36,0
2005	517.200	11.600.000	22,4
2006	397.100	11.060.000	27,9
2007	329.500	11.900.000	36,1
2008	380.300	15.700.000	41,3
2009	434.700	14.900.000	34,3
2010	431.400	11.500.000	26,7
2011	506.100	15.800.000	31,2
2012	361.300	14.700.000	40,7
2013	403.000	16.100.000	40,0
2014	405.300	17.800.000	43,9

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)

A causa de grandes movimientos políticos ocurridos en la Unión Soviética y países de Europa Oriental en 1991, el área cultivada de un máximo de 1,452 millones de hectáreas en 1991 y la producción de un máximo de 81,8 millones de toneladas en 1990 fueron disminuyendo hacia 2006. En ese mismo año, el gobierno cubano lanzó un plan de aumento de producción de caña de azúcar y como consecuencia, tanto el área cultivada como la producción tienden a aumentar gradualmente.

Para mejorar la rentabilidad de un proyecto de generación eléctrica, es necesario aumentar la tasa de operación de la unidad de generación eléctrica. Es decir, lo esencial es lograr que la unidad generadora funcione la mayor cantidad de horas posibles durante el año. Lo ideal será una generación eléctrica durante todo el año. Sin embargo, debido a que el bagazo se produce sólo durante el periodo de la operación de la planta azucarera, si se adopta el bagazo como único combustible, el periodo de la generación eléctrica se limitará en el periodo operativo de la planta azucarera. La mayoría de las plantas azucareras existentes trabajan unos 6 meses al año.

Para alargar el periodo del funcionamiento de la unidad generadora, será necesario aumentar la producción de bagazo, es decir la producción de caña de azúcar, o adoptar otros combustibles que no sean

caña de azúcar. Para adoptar otros combustibles que no sean bagazo, se plantea aprovechar árboles bajos como Marabú que se encuentra en todo el país y no tiene uso como material de construcción.

Respecto al aumento de la producción de caña de azúcar, de entre 886.499 ha²⁷ disponibles en el país para la producción de caña de azúcar, el área aprovechada en 2014 es 405.300 ha y todavía quedan terrenos aprovechables.

Si se logra un aprovechamiento del arbusto Marabú bajo un control de producción, o un incremento de la producción de caña de azúcar, se hará posible un proyecto de generación eléctrica financieramente estable mejorando la tasa de operación de la unidad generadora.



Fuente: Fotografía tomada por la Misión de JICA (octubre de 2015)

Figura 7.2.1-1 Producción de caña de azúcar

(2) Recursos de biomasa (excepto bagazo)

Los recursos de biomasa excepto bagazo son desechos de la agricultura y forestaría, residuos combustibles derivados de aserraderos, etc. En una generación eléctrica con los desechos agrícolas o forestales, es difícil disponer un suministro eléctrico estable durante todo el año, ya que la temporada de cosecha afecta la cantidad de los desechos disponibles. Además, siendo limitada la capacidad de generación eléctrica, las instalaciones tendrán que ser, en principio, de pequeña dimensión. Aunque sea limitada la energía eléctrica generada, puede ser aprovechada eficazmente para el consumo propio y el tratamiento de desechos naturales.

En Cuba, este sector se encuentra todavía en la etapa de desarrollo, pero servirá para el suministro eléctrico a pequeñas comunidades rurales y al centro de investigación agrícola que dispone de recursos de biomasa para cubrir el consumo propio. Puesto que es difícil garantizar una ruta para asegurar combustibles para la implementación de un proyecto de generación eléctrica estable, no son recursos aplicables a grandes proyectos, excepto casos especiales.

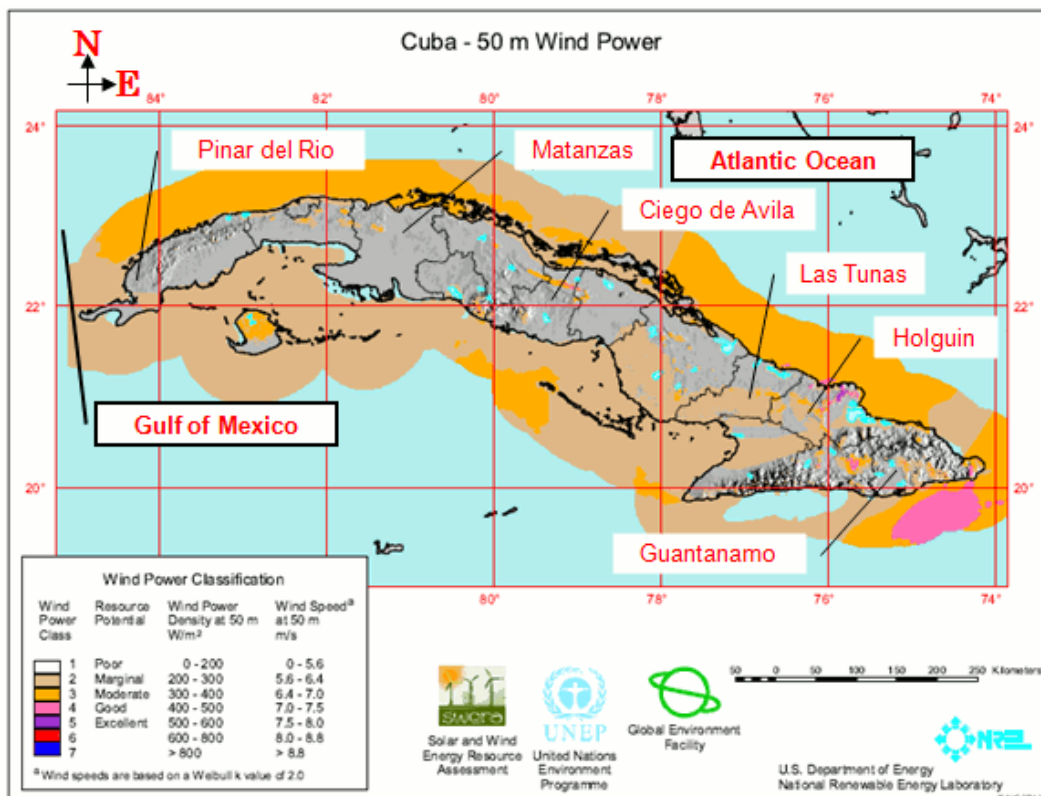
(3) Biogas: Excrementos de animales domésticos

En Cuba, el ganado bovino se cría mayormente mediante el pastoreo y no se practica la producción de gas metano con excrementos bovinos recolectados para ser aprovechado en la generación eléctrica. El excremento bovino se aprovecha generalmente como abono natural en el campo. El cerdo se crea en 135 instalaciones en el país, de las cuales, hay casos en que pobladores aprovechan como fuente de calor para la cocina y como alumbrado (lámpara de gas) el biogás producido del excremento de cerdo. Son muchas las instalaciones que analizan la futura introducción de unidad generadora de biogás.

²⁷ Portafolio Cubano de Oportunidades para la Inversión Extranjera 2015

7.2.2 Energía eólica

La Figura 7.2.2-1 presenta el potencial eólico a una altura de 50m sobre el suelo en el territorio nacional.



Fuente: Unión Eléctrica de Cuba

Figura 7.2.2-1 Potencial eólico en el territorio cubano (a 50m sobre el suelo)

Como se observa en la figura de arriba, en Cuba es alto el potencial del viento desde la costa del golfo de México, la costa atlántica hasta la costa oriental de la Provincia de Guantánamo. Sobre todo, en la costa sur de la Provincia de Guantánamo, existe una zona con una velocidad de viento de 7,0 - 7,5m/s (densidad de energía eólica: 400 - 500 W/m²) a 50m sobre la superficie marina.

Desde el extremo oeste, la Provincia de Pinar del Río, hasta el este de la Provincia de Matanzas, la Provincia de Guantánamo y alrededor de su costa oriental, se presenta una velocidad de viento de 6,4 -7,0 m/s (densidad de energía eólica: 300 - 400 W/m²). Una zona como esta es apta para un proyecto de generación de energía eólica. Sin embargo, según los datos registrados en Cuba, el sur del mar Caribe, alrededor de la Provincia de La Habana occidental, el golfo de México al oeste de la Provincia de Pinar del Río y la costa oriental de la Provincia de Guantánamo son áreas susceptibles a la influencia de huracanes, por lo que será necesario analizarlo para la introducción de generación de energía eólica. Actualmente está planeando el desarrollo en la costa atlántica desde la Provincia de Ciego de Ávila hasta la Provincia de Holguín como lugar apto para la generación de energía eólica. Según el plano anterior, este lugar da una velocidad de viento de 6,4 -7,0 m/s (densidad de energía eólica: 300~400 W/m²).

En Cuba, desde 2005 se observaban las condiciones del viento en 100 lugares en el país con el fin de conocer el potencial de la generación de energía eólica. La observación se hace principalmente a 50m sobre la tierra y en algunos lugares, a 100 m sobre la tierra. El huracán de 2008 afectó muchas estaciones observatorios. Actualmente existen en 32 zonas del país, 88 observatorios a 50 m de altura y 12 observatorios a 100m de altura.

La Figura 7.2.2-2 presenta el instrumento observador de condiciones de viento a 50m sobre la tierra, en el sitio piloto de Turiguanó, Provincia de Ciego de Ávila.



Fuente: Fotografía tomada por la Misión de JICA (octubre de 2015)

Figura 7.2.2-2 Instrumento de observación de condiciones de viento en el sitio piloto de Turiguanó (a 50m sobre la tierra)

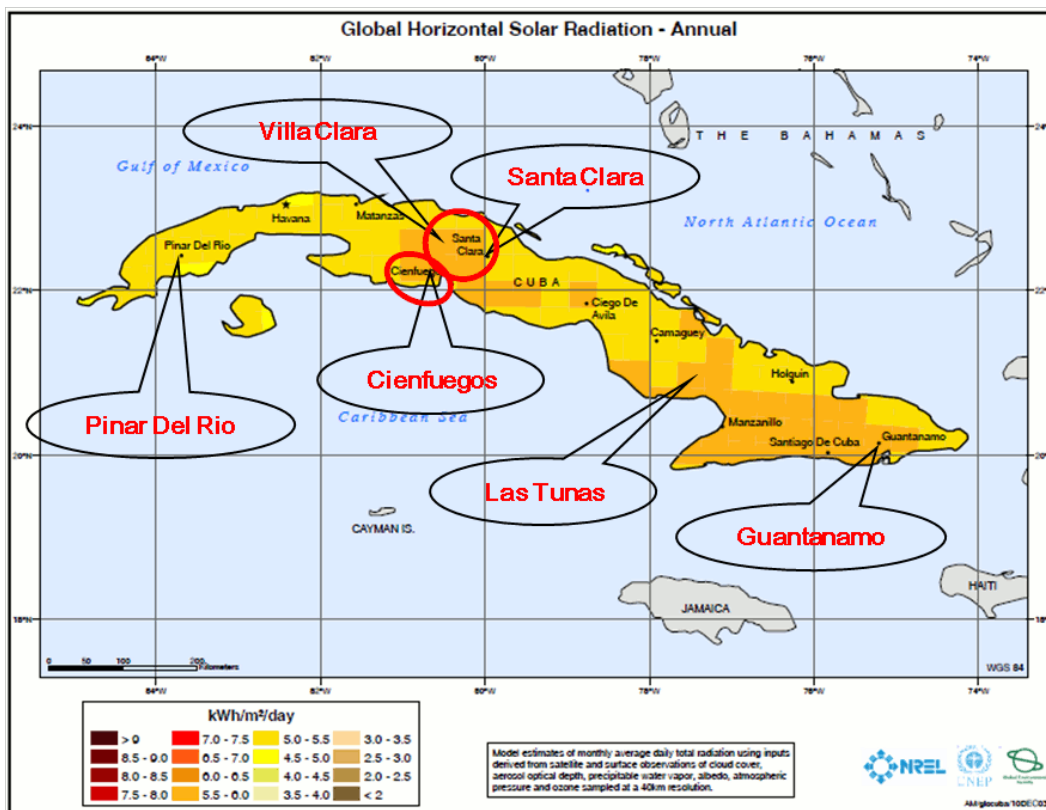
Con la cooperación española, se está planificando conjuntamente con el consultor de desarrollo de generación de energía eólica, Garrad Hassan & Partners International Consultant (Garrad Hassan ibérica branch), 10 sitios con potencial de energía eólica en el país. Para determinar el potencial del desarrollo de estos sitios, se observan e investigan detalladamente las condiciones del viento. La investigación detallada de condiciones del viento se está llevando a cabo teniendo en cuenta la experiencia obtenida en 4 parques eólicos construidos como proyectos pilotos entre 2007 y 2010: Canarreos, Turiguanó y Gibara 1 y 2.

Los 10 sitios con potencial de viento antes mencionados son los sitios del proyecto de parques eólicos²⁸ indicados más adelante en la Figura 7.4.2-1. No obstante, tal como se ha mencionado anteriormente, la observación de condiciones del viento se hace también en otros sitios además de dichos 10 sitios. Actualmente se están registrando y analizando estos datos, por lo que no se puede determinar que no haya posibilidad de generación de energía eólica excepto estos 10 sitios potenciales.

7.2.3 Energía solar

La Figura 7.2.3-1 indica la radiación solar media nacional de Cuba.

²⁸ Serán 10 sitios contando como 1 los sitios de varios proyectos en el extremo oriental de la Provincia de Guantánamo, indicados en la Figura 7.4.2-1



Fuente: Unión Eléctrica de Cuba

Figura 7.2.3-1 Radiación solar media anual sobre la superficie plana en Cuba (kWh/m²-día)

En Cuba, tal como se muestra en la figura de arriba, excepto los alrededores de La Habana y una pequeña área al sur del municipio de Pinar del Río, casi todas las zonas presentan una radiación solar media anual sobre la superficie plana de 5,0kWh/m²/día y también existe una zona desde los alrededores de la Provincia de Cienfuegos, del municipio de Santa Clara y del municipio de Las Tunas de la Provincia de Villa Clara hasta los alrededores del municipio de Guantánamo de la Provincia de Guantánamo, que presenta una radiación solar media anual sobre la superficie plana de más de 5,5 kWh/m²/día.

Al observar la variación de la radiación solar anual en Cuba en la figura de la radiación solar media mensual al año (Adjunto A-1), el valor de la radiación solar desde octubre hasta febrero es menos de 5,0kWh/m²/día y en diciembre, una media mensual inferior a 4,0kWh/m²/día. Este valor va aumentando gradualmente a partir de abril, alcanzando en muchos lugares una media mensual de más de 6,5kWh/m²/día en julio, pleno verano, y existen lugares que dan altos valores del orden de 7,0kWh/m²/día. La radiación solar media mensual durante 6 meses entre abril y septiembre, la mayoría de los sitios da un alto valor de 6,0kWh/m²/día. La radiación solar máxima mensual sobre la superficie plana y la mínima, en comparación con el valor de la radiación media anual nacional, presentan una diferencia del 20% aproximadamente.

Así, Cuba tiene un alto potencial de energía solar y se puede esperar un incremento en el uso de la misma para atender a la demanda diurna pico.

Por otra parte, Cuba está constituida de la isla principal y unas 1.600 islas pequeñas, por lo que es difícil y un problema pendiente el suministro eléctrico de la isla principal a las islas pequeñas. Las islas pequeñas se abastecen de energía eléctrica de forma independiente con un generador de motor alimentado a combustibles fósiles importados. Entre estas islas hay muchas que son desarrolladas como lugares turísticos. A medida que aumenta el número de turistas, incrementa la demanda eléctrica y como consecuencia, aumenta el costo de combustibles y de su transporte. El aumento de dicho costo conduce

directamente al incremento del egreso de moneda extranjero. Como medida de solución del suministro eléctrico independiente en estas islas, también es alto el potencial del uso de la generación termosolar.

7.2.4 Energía hidroeléctrica

El desarrollo de recursos hídricos en Cuba se ha dirigido mayormente al suministro de agua potable y al agua de riego agrícola y no a la generación eléctrica.

Han sido construidos numerosas represas y reservorios en el país, siendo todos diseñados para el suministro de agua potable o de agua de riego. No obstante, entrando en la década de 90, ante la construcción de represa, el Estado recomienda como política nacional una planificación teniendo presente a ser posible el aprovechamiento para la generación hidroeléctrica, lo que conduce a la actual implementación de generación hidroeléctrica.

En el país existen actualmente 242 represas. Las centrales hidroeléctricas y proyectos de generación hidroeléctrica existentes aprovechan como fuentes de agua dichas represas, el suministro de agua o canales de riego provenientes de represas.

Dicen que las represas y sus canales existentes o en construcción representan un potencial de desarrollo de 230 sitios con una capacidad de generación eléctrica de 122MW aproximadamente. De los cuales 66MW están desarrollados y los 56MW restantes están sin desarrollar. Está planeado el desarrollo de generación hidroeléctrica de estos 56MW antes de 2030.

Por otra parte, un estudio de desarrollo de recursos hídricos con miras al desarrollo de energía eléctrica fue realizado entre 1986 y 1990 y están acumulados los datos hidrológicos desde 1970, según la explicación de la empresa de hidroenergía, miembro del grupo UNE. Sin embargo, pese a que fue solicitada la entrega de informes del estudio y datos hidrológicos, no fue posible obtenerlos²⁹. En la década de 1980 fue estudiado el desarrollo de generación hidroeléctrica reversible junto con un plan de desarrollo de central nuclear. Debido a que fue suspendido el plan de desarrollo de central nuclear, también fue descontinuado el plan de desarrollo de generación hidroeléctrica reversible. Existe un informe de estudio detallado de generación hidroeléctrica reversible³⁰.

Han sido obtenidos los datos de precipitación, que son datos básicos de recursos hídricos, del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. La Tabla 7.2.4-1 presenta las precipitaciones mensuales de 2012 y 2013.

²⁹ En Cuba, el instituto encargado de los proyectos de agua es el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, registra los datos hidrológicos y maneja el uso de agua. La empresa de hidroenergía a la que fue solicitada la entrega de informes y datos hidrológicos, está bajo la competencia de MINEM, puede ser que la barrera interministerial sea la causa de no obtención de dicha información.

³⁰ La Misión pudo ver el informe de estudio, sin embargo no se le permitió obtener copia del mismo.

Tabla 7.2.4-1 Precipitaciones mensuales de cada Provincia en 2012 y 2013
Monthly Average Rainfall of Provinces

Province	Unit: mm												Annual
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
2012													
Pinar del Río	28	42	42	85	276	391	149	176	167	123	23	64	1,566.0
Artemisa	67	36	61	80	240	377	186	186	167	124	54	13	1,591.0
La Habana	63	34	43	98	199	248	102	194	148	159	20	16	1,324.0
Mayabeque	37	33	43	132	337	277	150	234	180	162	9	15	1,609.0
Matanzas	6	23	12	85	182	261	95	174	139	182	4	15	1,178.0
Villa Clara	7	30	29	131	333	196	130	276	161	398	33	29	1,753.0
Cienfuegos	4	37	47	66	342	255	190	251	218	363	8	23	1,804.0
Sancti Spíritus	10	23	41	119	657	287	161	252	170	293	10	5	2,028.0
Ciego de Ávila	6	20	26	103	284	164	116	292	126	202	8	8	1,355.0
Camagüey	10	15	23	130	206	140	133	206	120	202	14	26	1,225.0
Las Tunas	22	2	9	96	94	94	85	117	66	140	18	40	783.0
Holguín	58	13	36	169	138	125	93	173	50	296	88	77	1,316.0
Granma	19	14	25	94	179	150	139	151	157	229	27	15	1,199.0
Santiago de Cuba	30	7	84	71	143	102	141	213	108	186	24	30	1,139.0
Guantánamo	70	25	71	250	118	88	69	255	106	284	146	110	1,592.0
Isla de la Juventud	11	82	24	44	355	296	140	150	229	122	3	39	1,495.0
Average	28.0	27.3	38.5	109.6	255.2	215.7	129.9	206.3	144.5	216.6	30.6	32.8	1,434.8
2013													
Pinar del Río	14.1	37.8	73.7	71.4	116	667	181.6	168.2	173.6	122.4	87.5	56.2	1,769.5
Artemisa	31	38.2	88.5	70.7	131.1	520.6	209.8	119.6	169.9	135.1	185.9	58.3	1,758.7
La Habana	5.3	38.5	65.8	63	132	190.9	214.3	200.4	243.6	50.6	322.2	71.1	1,597.7
Mayabeque	6	22.5	40.2	99.8	127.5	246.4	224.4	182.8	188.3	106.6	88	58.3	1,390.8
Matanzas	3.1	10.7	23.9	74.1	134.4	104.7	150.3	100.9	103.8	46.5	13.9	13.8	780.1
Villa Clara	34.1	15.7	45.7	115.8	181.8	129.2	163.5	172.8	232.5	240.6	153.1	34.6	1,519.4
Cienfuegos	21.1	20.6	31.8	121.3	197.9	191.6	234.4	211.3	189.3	140.1	77	22.2	1,458.6
Sancti Spíritus	21.9	11.4	19.3	98.9	174.9	205.9	217.3	169.9	160.8	196.7	81.8	29.1	1,387.9
Ciego de Ávila	26.2	7.3	18.7	59.7	242	130.5	207.1	122.8	183.4	145.1	90	26	1,258.8
Camagüey	33.8	12.8	22.5	104.1	270.7	141.6	159.1	130.8	190.1	106.1	74.2	24.3	1,270.1
Las Tunas	72.8	6.3	20.5	54.5	162.3	147.6	103.4	142.2	145.3	101.5	67.4	9.4	1,033.2
Holguín	85.3	49.2	44.3	101.2	160.8	144.9	82.5	90.7	153.3	136.9	130.9	27.4	1,207.4
Granma	17.3	16.5	15.7	103.6	182.4	165.4	131	159.2	189.9	141	88.5	20.8	1,231.3
Santiago de Cuba	27.5	12.6	22.8	119.9	157.1	150.1	126.3	125.7	164.1	125	64.8	21.9	1,117.8
Guantánamo	79.9	57.9	54.8	111.2	156.3	94.1	98.7	73.4	149.4	126.3	98.9	83.1	1,184.0
Isla de la Juventud	16	17.6	94.2	87.5	123.7	467.3	181.1	145.5	146.3	128.8	19.7	23.9	1,451.6
Average	31.0	23.5	42.7	91.0	165.7	231.1	167.8	144.8	174.0	128.1	102.7	36.3	1,338.6

Fuente: Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos

En los dos años todas las Provincias exceptuando una, tienen una precipitación superior a 1.000 mm /año y en 2012 la Provincia de Sancti Spíritus registró más de 2.000. Si se logra garantizar una altura de caída, habrá suficiente potencial de desarrollo hidroeléctrico. Los meses más lluviosos son de mayo a octubre, de verano, y el invierno llueve poco.

7.3 Unidad de generación eléctrica con el uso de energías renovables existentes

Cuba tiene ya instaladas unidades de generación eléctrica con el uso de energías renovables. La Tabla 7.3-1 presenta las unidades de generación eléctrica con el uso de energías renovables, introducidas hasta la fecha en el país.

Tabla 7.3-1 Unidad de generación eléctrica con el uso de energías renovables existentes

Tecnología	Capacidad instalada (MW)	No. de instalaciones (No.)
Biomasa (bagazo)	470	57 fábricas azucareras
Generación hidroeléctrica	64	147 sitios
Generación fotovoltaica	22	14 parques fotovoltaicos
Generación de energía eólica	11,1	4 Parques eólicos
Biogas (excrementos animales)	0,82	5 Central de energía
Biomasa (excepto bagazo)	0,5	4 Central de energía
Total	568,42	

Fuente: Elaborado por la Misión de JICA según datos del Ministerio de Energía y Minas

Como instalaciones con el uso de energías renovables introducidas en el país, están contabilizadas 43.057 instalaciones en 2014, que incluyen pequeñas unidades aprovechadas como fuentes energéticas independientes en escuelas de comunidades rurales distantes, instalaciones médicas y cines y los equipos destinados al uso térmico como el calentador con el calor solar.

La energía eléctrica generada en las instalaciones con el uso de energías renovables indicadas en la tabla anterior, ha alcanzado el 4,3% de la producción total de energía eléctrica del país en 2014. La Tabla 7.3-2 presenta la electricidad generada con respectivas energías renovables en 2014.

Tabla 7.3-2 Electricidad generada con respectivas energías renovables en 2014

Energía renovable	Electricidad generada (MWh/año)
Generación eléctrica por biomasa (bagazo)	649.038
Generación eólica	22.525
Generación solar fotovoltaica	49.000
Generación hidroeléctrica	123.367
Total	843.930

Fuente: Ministerio de Energía y Minas

El Adjunto A7-2 presenta fotografías de existentes instalaciones relacionadas con energías renovables tomadas por la Misión en su visita.

7.3.1 Generación eléctrica por biomasa (bagazo)

La generación eléctrica por biomasa (bagazo) es una generación alimentada a bagazo que se realiza en fábricas azucareras existentes y está conectada al sistema de distribución eléctrica local, pero la mayoría de la electricidad generada se consume en la fábrica y se vende solamente la electricidad sobrante. Además, el patrón de generación eléctrica queda afectado por las condiciones de la cosecha de cañas de azúcar. 2/3 partes de la electricidad total generada se consume por sí mismo y 1/3 se vende. La Figura 7.3.1-1 presenta una fotografía de instalaciones existentes.

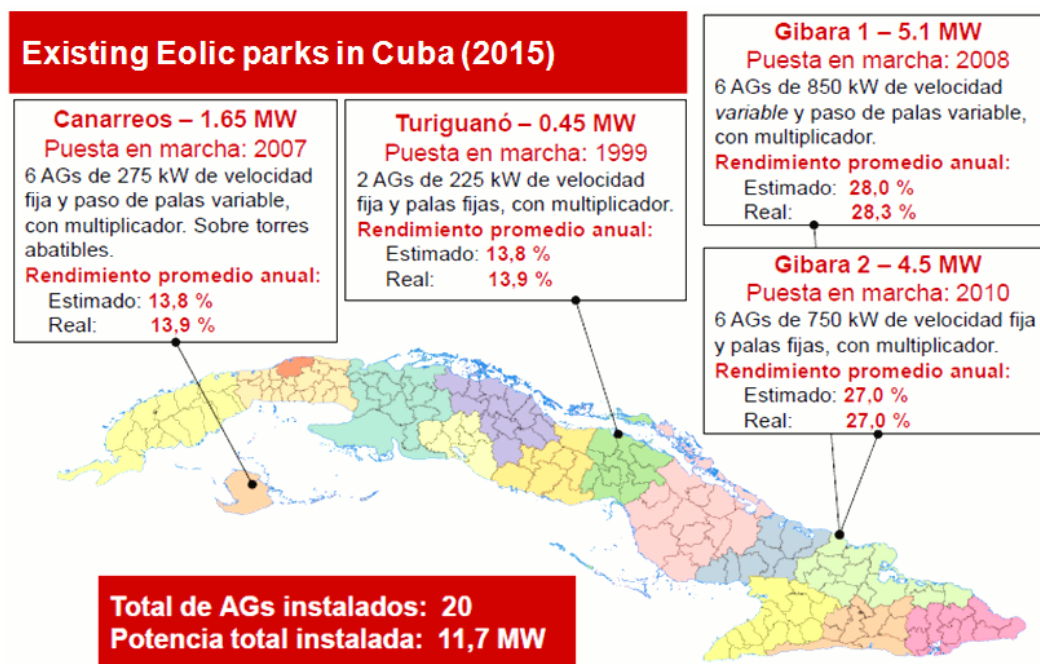


Fuente: Fotografía tomada por la Misión de JICA (octubre de 2015)

Figura 7.3.1-1 Instalaciones de generación eléctrica existente con bagazo (4 MW): Fábrica azucarera Panchito Gómez Toro, Provincia de Villa Clara

7.3.2 Generación eólica

Para la generación de energía eólica existen 4 parques eólicos en el país. La Figura 7.3.2-1 indica la ubicación de cada parque y su capacidad instalada.



Fuente: Empresa de Ingeniería y Proyectos de Electricidad

Figura 7.3.2-1 Ubicación y capacidad instalada de los parques eólicos

Los factores de los parques eólicos indicados en la figura anterior y el comienzo de operación se indican en la Tabla 7.3.2-1.

Tabla 7.3.2-1 Principales factores y comienzo de la operación de los parques eólicos

Provincia	Parque eólico (Sitio)	No. de instalaciones (cantidad)	Capacidad de turbina (kW)	Capacidad de parque eólico (MW)	Puesta en operación	Tecnología
Holguín	Gibara 1	6	850	5,1	Marzo, 2008	Gamesa, España
	Gibara 2	6	750	4,5	Marzo, 2010	Goldwing, China
Ciego de Ávila	Turiguano	2	250	0,5	Marzo, 1999	Ecotecnia, España
Isla de la Juventud	Canarreos	6	275	1,65	Marzo, 2007	Vergnet, Francia
Total		20	2.125	11,75		

Fuente: Elaborado por la Misión de JICA según datos del Ministerio de Energía y Minas

Uno de los dos aerogeneradores de Turiguano indicados en la tabla anterior está averiado. Todas las unidades, debido al envejecimiento, la potencia de generación eléctrica está algo por debajo de los valores indicados en la tabla. La capacidad instalada actualmente disponible es 11,1MW.

La Figura 7.3.2-2 muestra una fotografía del parque eólico de Turiguano.



Fuente: Fotografía tomada por la Misión de JICA (octubre de 2015)

Figura 7.3.2-2 Unidad de generación eléctrica existente del parque eólico de Turiguano (250 kW×2unidades)

7.3.3 Generación solar fotovoltaica y aprovechamiento de calor solar

Para la generación fotovoltaica se han introducido dos tipos: fuentes aisladas y fuentes conectadas con redes. El tipo aislado suele ser instalado en escuelas de comunidades distantes e instalaciones médicas. El tipo conectado con redes, llamado parque solar, está conectado con el sistema de distribución eléctrica cerca de los lugares instalados.

La construcción de parques solares empezó en 2012 y hasta el final de 2013 terminó la instalación de 10 MW. Antes de los principios de 2015, 14 parques solares entraron en operación. La Figura 7.3.3-1 presenta la ubicación de los parques solares instalados antes de los principios de 2015.



Fuente: Elaborado por la Misión de JICA de acuerdo con la información dada por la Unión Eléctrica.
 (Fuente del mapa: <http://www.ezilon.com/maps/north-america/Cuba-maps.html>)

Figura 7.3.3-1 Unidades de generación fotovoltaica existentes

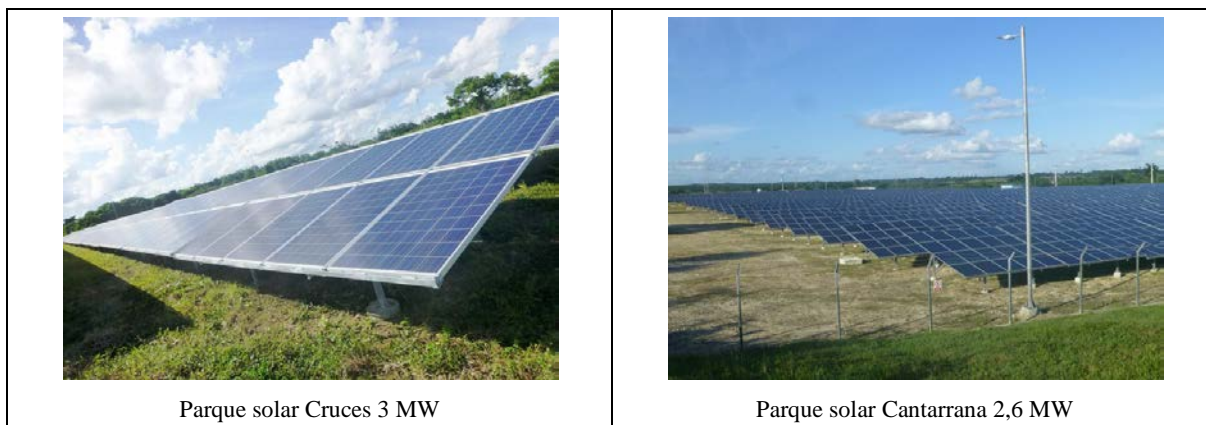
La capacidad instalada de los parques solares existentes indicados en la figura anterior se indica en la Tabla 7.3.3-1. Los parques solares tienen un total de capacidad instalada de generación eléctrica de 22 MW.

Tabla 7.3.3-1 Capacidad instalada de los parques solares existentes

S. No.	Provincia	Sitios instalados	Capacidad instalada (MW)
1	Habana	Expocuba	1.0
2	Habana	Naranjito	0.5
3	Habana	Gunabo	0.5
4	Pinar del Río	Pinar 220	3.0
5	Cienfuegos	Cruces	3.0
6	Cienfuegos	Cantarrana 1	1.0
7	Cienfuegos	Cantarrana 2	1.6
8	Villa Clara	Frigorífico Santa Clara	1.0
9	Camaguey	Guaimaro	1.6
10	Santiago de Cuba	CIES	2.5
11	Guantánamo	Santa Teresa 1	2.5
12	Guantánamo	Santa Teresa 2	2.0
13	Isla de la Juventud	La Fe	0.8
14	Isla de la Juventud	Los Colonos (Marmol)	1.0
Total			22.0

Fuente: Elaborado por la Misión de JICA de acuerdo con la información dada por la Unión Eléctrica.

Los paneles fotovoltaicos del parque solar de Expocuba de la Provincia de La Habana son productos chinos, pero los demás paneles fotovoltaicos son productos montados en Cuba. La Figura 7.3.3-2 presenta fotografías de parques solares existentes.



Nota: Cantarrana 2 fue instalado suplementado Cantarrana 1 en el mismo sitio.

Fuente: Fotografías tomadas por la Misión de JICA (octubre de 2015)

Figura 7.3.3-2 Instalaciones de generación solar fotovoltaica existentes

La energía solar se aprovecha no solamente para la generación eléctrica sino también como energía térmica. La energía térmica se aprovecha principalmente como fuente energética en hogares mediante un calentador eléctrico de agua alimentado a energía solar. La instalación de este calentador de agua permite reducir el consumo eléctrico del calentador eléctrico, reduciendo el 12% del consumo eléctrico total domiciliario y una energía eléctrica de 22 kWh/mes aproximadamente. La Figura 7.3.3-3 presenta una fotografía de uso de calentadores solares de agua.



Fuente: Unión Eléctrica

Figura 7.3.3-3 Ejemplo de instalación de calentador de agua alimentado a energía solar existente

7.3.4 Generación hidroeléctrica

En la generación hidroeléctrica, existen muchas instalaciones de generación hidroeléctrica de pequeña escala y algunos llevan muchos años. La Tabla 7.3.4-1 presenta las instalaciones de generación hidroeléctrica actualmente en operación.

Tabla 7.3.4-1 Instalaciones de generación hidroeléctrica existentes

Centrales hidroeléctricas en producción						
Provincia	Conectada a SEN		Aislada		Total	
	Cantidad	Potencia (kW)	Cantidad	Potencia (kW)	Cantidad	Potencia (kW)
Pinar del Rio	5	393	2	48	7	441
Artemisa	3	90	0	0	3	90
La Habana	0	0	0	0	0	0
Mayabeque	0	0	0	0	0	0
Cienfuegos	3	490	12	413,4	15	903,4
Villa Clara	7	43341	2	70	9	43411
Sancti Spíritus	1	2700	3	96	4	2796
Ciego de Avila	1	1040	0	0	1	1040
Camagüey	0	0	0	0	0	0
Granma	4	6260	23	718,2	27	6978,2
Holguín	1	2000	7	199	8	2199
Santiago de Cuba	3	1951	19	722	22	2673
Guantánamo	4	1830	42	962	46	2792
Total	32	60095	110	3228,6	142	63323,6

Fuente: Ministerio de Energía y Minas

Según lo indicado en la tabla de arriba, la capacidad instalada máxima es 43 MW de la Provincia de Villa Clara. Esta capacidad instalada corresponde a una sola central llamada Hanabanilla. Esta es la central hidroeléctrica más grande en Cuba. La capacidad instalada total de las 142 centrales hidroeléctricas en Cuba es algo más de 63 MW, de los cuales, 60 MW están conectados a la red nacional de distribución eléctrica y la capacidad instalada restante de poco más de 3,2 MW se aprovecha como fuente eléctrica independiente.

Todas las instalaciones de generación hidroeléctrica construidas hasta la fecha están en reservorios de represas para el suministro de agua de riego y potable y según el patrón de generación eléctrica se clasifica en dos tipos: Tipo de operación continua de 24 horas y tipo de operación limitada (un promedio de 12 - 18 horas/ día). Esta diferencia viene del tamaño de reservorio y la forma de manejo de descarga de represa.

La Figura 7.3.4-1 presenta una fotografía de la central hidroeléctrica de Zaza diseñada para operar continuamente en 24 horas.



Fuente: Fotografía tomada por la Misión de JICA (octubre de 2015)

Figura 7.3.4-1 Central hidroeléctrica de Zaza (capacidad instalada 1.350 kW×2unidades)

La central hidroeléctrica de Zaza, debido a la escasez de agua depositada en la represa a causa de reducidas precipitaciones a partir de marzo de 2015, actualmente no está operando. Está previsto reiniciar la operación de la central en función de la recuperación del agua depositada en la represa.

7.4 Plan de desarrollo de energías renovables y los proyectos en implementación³¹

El presente Informe define un “proyecto en implementación” como aquel que tiene disponible los recursos financieros y empezados los preparativos concretos para los contratos de construcción o instalación de dicho proyecto y que falta terminar.

7.4.1 Biomasa

(1) Plan de desarrollo

Existe un plan de generación eléctrica que propone aprovechar bagazo desechado de fábricas azucareras y marabú³², instalar las unidades de generación eléctrica en dichas fábricas y conectar a la red de distribución eléctrica local. Según el plan, la energía eléctrica generada cubre el consumo de propias fábricas y se vende la energía sobrante. Se está tratando de financiar el proyecto para las 19 fábricas azucareras elegidas de entre numerosas fábricas existentes en el país.

Las 19 fábricas azucareras elegidas para el plan de generación eléctrica y su ubicación se presentan en la Figura 7.4.1-1.

³¹ Para la definición de los proyectos en implementación véase la cláusula 3.4.1

³² Es un arbusto de baja altura común en Cuba, originario de África y no apto para la construcción.



Fuente: Ministerio de Energía y Minas (MINEM)

Figura 7.4.1-1 Sitios de generación eléctrica alimentada a biomasa en el Plan de Desarrollo

Los 19 sitios elegidos endrán un total de capacidad instalada de generación eléctrica de 755 MW. Las capacidades instaladas varían de 15 MW a 60 MW como máxima y están planeadas teniendo en cuenta la superficie disponible de producción y cosecha de caña de azúcar y la cantidad disponible de marabú requerida para una generación eléctrica estable durante al año. Las capacidades instaladas de las fábricas azucareras adoptadas en el plan de generación eléctrica se presentan en la Tabla 7.4.1-1.

Tabla 7.4.1-1 Sitios planeados para la generación eléctrica alimentada a biomasa

S. No.	Provincia	Nombre de sitio	Capacidad instalada proyectada(MW)
1	Artemisa	30 de Noviembre	50
2	Mayabeque	Héctor Molina	35
3	Matanzas	Jesús Rabí	20
4	Matanzas	Mario Muñoz	50
5	Villa Clara	Panchito Gómez Toro	15
6	Villa Clara	Héctor Rodríguez	20
7	Cienfuegos	5 de Septiembre	60
8	Sancti Spiritus	Uruguay	50
9	Ciego de Ávila	Ciro Redondo	55
10	Ciego de Ávila	Ecuador	35
11	Camagüey	Brasil	50
12	Camagüey	Batalla de Guasimas	50
13	Las Tunas	Majibacoa	35
14	Las Tunas	Antonio Guiteras	50
15	Granma	Grito de Yara	35
16	Holguín	Cristino Naranjo	35
17	Holguín	Urbano Noris	50
18	Holguín	Fernando de Dios	25
19	Santiago de Cuba	Julio A. Mella	35
Total			755

Fuente: Elaborado por la Misión de JICA según los datos del Ministerio de Energía y Minas (MNEM)

Con el fin de mejorar la eficiencia de las unidades de generación eléctrica en las 19 fábricas azucareras arriba mencionadas, está planeado introducir calderas de alta eficiencia (presión atmosférica 67 kg/cm², 520° C) y mejorar la eficiencia de la actual baja generación eléctrica alimentada a biomasa de 37

kWh/tonelada a 110-120 kWh/toneladas. Según el plan, durante el horario operativo de las fábricas 1/3 de la energía eléctrica generada será aprovechada para su propio consumo y 2/3 será suministrada a la red de distribución eléctrica.

Para lograr una generación eléctrica estable durante todo el año, está planeado aprovechar bagazo en 150 días y el resto del tiempo, marabú. Se propone generar la electricidad por más de 300 días/ año.

(2) Proyectos en implementación

Entre los proyectos indicados en la Tabla 7.4.1-1, 4 proyectos se encuentran en implementación. Con un fondo extranjero, empezó la construcción en 2012 y está previsto ponerse en marcha como proyecto de generación eléctrica alimentada a biomasa en 2017. Y, como proyectos que próximamente estarán en implementación, para 3 lugares continúan negociándose con las empresas que tienen previsto implementarlos desde 2015, con miras a entrar en operación como proyecto de generación eléctrica antes de 2020. Además de estos, existen 10 lugares que esperan la inversión de fondos extranjeros. Para los 2 lugares restantes, el grupo azucarero estatal (AZCUBA) tiene por objetivo implementarlos con fondos propios. AZCUBA calcula estimadamente 1.6 - 1.8 millones de USD/ MW en caso de instalar una caldera de alta eficiencia de 20 MW - 60 MW.

La Tabla 7.4.1-2 presenta los proyectos en implementación y los proyectos que próximamente estarán en implementación.

Tabla 7.4.1-2 Proyectos en implementación y los que estarán próximamente

S. No.	Provincia	Nombre de sitio	Capacidad instalada proyectada (MW)	Nacionalidad de la empresa ejecutora prevista	Observaciones
Sitios donde están mejorando unidades generadoras alimentadas a biomasa o instalando nuevas unidades					
1	Artemisa	30 de Noviembre	50	China	En construcción (Crédito bancario) 2012- 2017 (Inicio de la operación previsto en 2017)
2	Matanzas	Jesús Rabí	20		
3	Villa Clara	Héctor Rodríguez	20		
4	Sancti Spiritus	Uruguay	50		
Sitios donde están negociando para mejorar unidades generadoras alimentadas a biomasa o instalar nuevas unidades					
1	Matanzas	Mario Muñoz	50	Brasil	En negociaciones 2015 – 2020 (Inicio de la operación previsto antes de 2030)
2	Cienfuegos	5 de Septiembre	60	Francia	
3	Ciego de Ávila	Ciro Redondo	55	Inglaterra	

Fuente: Elaborado por la Misión de JICA según los datos del Ministerio de Energía y Minas (MNEM)

Tal como se indica en la tabla anterior, los proyectos en implementación están financiados con un fondo chino y los proyectos que próximamente estarán en implementación, serán financiados con fondos de Brasil, Francia e Inglaterra.

7.4.2 Energía eólica

(1) Plan de desarrollo

Desde el este de la isla de Cuba hacia la costa norte de la Provincia de Ciego de Ávila está planeado introducir 13 parques eólicos (conjuntos de unidades generadoras de energía eólica) antes de 2030. La Figura 7.4.2-1 presenta 13 parques eólicos publicados como planes de desarrollo de energía eólica.



Fuente: Ministerio de Energía y Minas (MINEM)

Figura 7.4.2-1 Sitios proyectados de parques eólicos

Los 13 parques eólicos tienen un total de capacidad instalada de generación eléctrica de 633 MW. Entre ellos, en 2 sitios están planeadas una capacidad instalada de 36 MW y otra de 51 MW. Por su capacidad serán conectados a la red de transmisión. La tabla 7.4.2-1 presenta los parques eólicos proyectados y sus capacidades instaladas totales.

Tabla 7.4.2-1 Sitios proyectados de parques eólicos y sus capacidades instaladas

S. No.	Provincia	Nombre de sitio	Capacidad instalada proyectada(MW)
1	Ciego de Ávila	Turiguano Norte	51
2	Camagüey	Jigüey-1	51
3	Camagüey	Nuevas Grandes	51
4	Las Tunas	Herradura-1	51
5	Las Tunas	Herradura-2	51
6	Holguín	Gibara 3	51
7	Holguín	Río Seco	51
8	Holguín	Cabo Lucrecia	51
9	Holguín	Punta de Mulas	51
10	Guantánamo	Punta Quemado-1	51
11	Guantánamo	Punta Quemado-2	36
12	Guantánamo	Punta Fraile-1	51
13	Guantánamo	Punta Fraile-2	36
Total			633

Fuente: Elaborado por la Misión de JICA según los datos del Ministerio de Energía y Minas (MNEM)

La capacidad instalada total de cada sitio indicado en la tabla anterior, está calculada adoptando 1,5 MW como capacidad instalada unitaria del generador de energía eólica. Por lo tanto, para lograr una capacidad instalada total de 36 MW y 51 MW, es necesario instalar respectivamente 24 unidades y 34 unidades de generador de energía eólica de 1,5 MW. En la práctica, en función de la capacidad instalada unitaria del generador, serán ajustados el número de unidades a instalar y la totalidad de la capacidad instalada. En estos momentos, siete de ellos están planeados como proyectos de generación eléctrica por IPP (Independent Power Producer: productor de energía independiente).

(2) Proyectos en implementación

Entre los 13 parques eólicos indicados en la tabla anterior, 7 parques son proyectos en implementación en los que se ha examinado la solicitud de los ejecutores de los proyectos y 3 parques son proyectos que próximamente estarán en implementación. La tabla 7.4.2-2 presenta los proyectos en implementación y los que estarán próximamente.

Tabla 7.4.2-2 Proyectos en implementación y los que estarán próximamente

S. No.	Provincia	Nombre de sitio	Capacidad instalada proyectada(MW)	Estado de avance/ Nacionalidad de la empresa ejecutora prevista
4	Las Tunas	Herradura-1	51	Examinado / China
5	Las Tunas	Herradura-2	51	
6	Holguín	Gibara 3	51	En exámenes
7	Holguín	Rio Seco	51	Examinado / India
8	Holguín	Cabo Lucrecia	51	En exámenes
9	Holguín	Punta de Mulas	51	En exámenes
10	Guantánamo	Punta Quemado-1	51	Examinado / España
11	Guantánamo	Punta Quemado-2	36	
12	Guantánamo	Punta Fraile-1	51	
13	Guantánamo	Punta Fraile-2	36	

Nota) Los números de S. No. están adoptado los indicados en la Tabla7.4.2-1.

Fuente: Elaborado por la Misión de JICA según los datos del Ministerio de Energía y Minas (MNEM)

7.4.3 Energía solar

(1) Plan de desarrollo

Se está llevando adelante un plan de desarrollo que propone instalar unidades de generación solar fotovoltaica conectadas con redes con una capacidad instalada total de 700 MW antes de 2030. Para lograr este objetivo, se ha determinado una capacidad instalada programada para cada año. La Tabla 7.4.3-1 presenta la capacidad instalada prevista para cada año hasta 2029.

Tabla7.4.3-1 Capacidad instalada de las unidades de generación fotovoltaica conectadas con redes, prevista para cada año hasta 2029

Año	Capacidad existente en 2015 (MW)	Capacidad instalada prevista (MW)	Capacidad total (MW)
2015	22	10	32
2016		25	57
2017		50	107
2018		50	157
2019		50	207
2020		50	257
2021		50	307
2022		50	357
2023		50	407
2024		50	457
2025		50	507
2026		50	557
2027		50	607
2028		50	657
2029		53	710

Fuente: Elaborado por la Misión de JICA según los datos del Ministerio de Energía y Minas

Si avanza el desarrollo según lo planeado en la tabla anterior, en 2029 habrá logrado la capacidad instalada meta de 700 MW para 2030.

Para la implementación del plan de desarrollo de generación solar fotovoltaica, el gobierno cubano tiene lineamiento de adoptar en lo posible módulos fotovoltaicos nacionales. A tal efecto, aumentó la capacidad de producción de las fábricas de módulos fotovoltaicos en el país de 10 MW a 15 MW en 2015 y planea

aumentarla a 50 MW en 2017. Sin embargo por el presente no hay perspectiva de financiamiento para este refuerzo de la capacidad productiva de fábricas.

La energía eléctrica generada de las unidades de generación solar fotovoltaica será conectada con la red de distribución eléctrica. Está limitada la capacidad que pueda conectar con la red de distribución eléctrica y no es posible conectar una unidad generadora muy grande. Los parques fotovoltaicos construidos hasta la fecha tienen una capacidad instalada de 3 o 4 MW/ parque como máxima y la mayoría con alrededor de 2 MW. Existen planes de ampliar la capacidad de parques solares de ahora en adelante, la capacidad de cada parque solar tiende a aumentar.

Como proyectos concretos, fue aprobada la instalación de 30 MW antes de 2030 en Santa Teresa de la Provincia de Guantánamo. En la misma Provincia está planada para 2030 la construcción de unidades de generación fotovoltaica de un total de poco más de 141 MW, en 11 parques solares incluyendo Santa Teresa. Además, aunque todavía no está al público la capacidad, en 2016 está previsto iniciar la construcción de un proyecto de nuevo parque solar en La Sierpe, Provincia de Sancti Spiritus.

(2) Proyectos en implementación

Como proyectos en implementación, existen 43 parques solares fotovoltaicos cuya terminación está prevista en julio de 2016.

Tabla 7.4.3-2 Proyectos en implementación

Sitios donde instalar	Provincia	Capacidad (MW)
La Palmira	Cienfuegos	3,6
El Cafetal	Pinar del Rio	2,2
La Universidad	Isla de Juventud	2,4
Total		8,2

Fuente: Elaborado por la Misión de JICA de acuerdo con la información dada por la Unión Eléctrica

Además de lo arriba mencionado, se están construyendo 4 parques solares con un crédito de 15 millones de USD de fondos de Abudabí. Los 4 parques tendrán una capacidad instalada total de 10 MW. La Tabla 7.4.3-3 presenta la ubicación de los parques solares en construcción con fondos de Abudabí.

Tabla 7.4.3-3 Ubicación de los parques solares en construcción con fondos de Abudabí

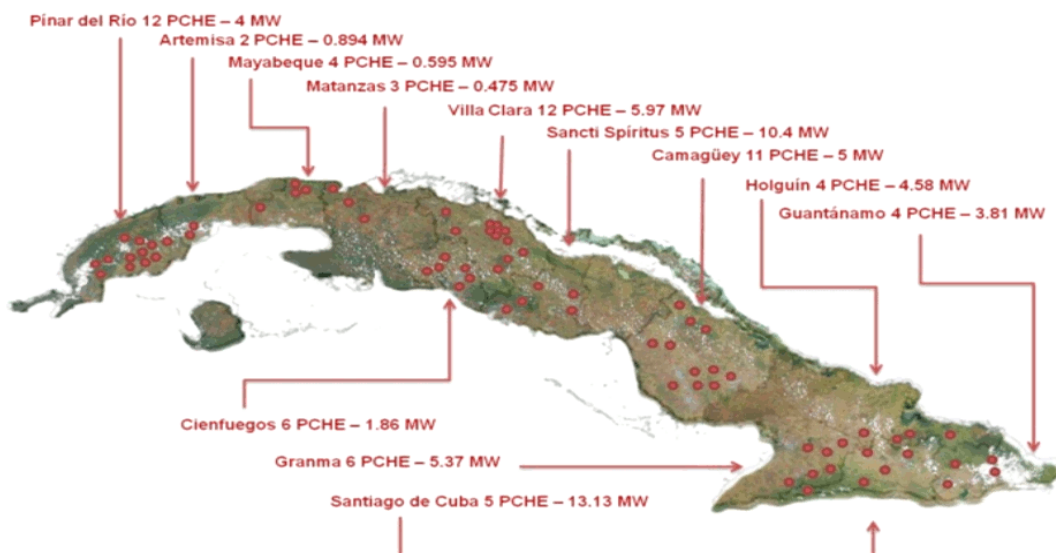
Lugar	Provincia
La Cuevas	Matanzas
Venegas	Sancti Spiritus
Planta Mecánica	Camaguey
Vega G. Plama Soriano	Santiago de Cuba

Fuente: Elaborado por la Misión de JICA de acuerdo con la información dada por la Unión Eléctrica

7.4.4 Energía hidroeléctrica

(1) Plan de desarrollo

El plan de desarrollo de generación hidroeléctrica propone terminar la construcción de instalaciones de generación hidroeléctrica de 56 MW antes de 2030. Tal como se ha mencionado en la cláusula 7.2.4, el plan contempla construir dichas instalaciones en represas para la irrigación o suministro de agua, o en canales cuyas fuentes de agua son represas. De la capacidad proyectada de 56 MW, las centrales hidroeléctricas con una capacidad total de 32 MW aproximado. Serán construidas en 68 represas existentes y proyectos de las centrales correspondientes a 24 MW restantes aprovecharán represas en construcción, canales de riego y ríos. Todas las centrales son de pequeña escala y las centrales medianas y grandes no están contempladas en los proyectos. La ubicación de las centrales hidroeléctricas proyectadas se presenta en la Figura 7.4.4-1.



Nota) Los círculos rojos indican los sitios de central hidroeléctrica proyectada.
 Fuente: Ministerio de Energía y Minas

Figura 7.4.4-1 Ubicación de centrales hidroeléctricas proyectadas

Según la figura de arriba, existen 74 sitios proyectados con una capacidad instalada total de 56 MW.

La Tabla 7.4.4-1 presenta el número de sitios proyectados por Provincia con su capacidad instalada.

Tabla 7.4.4-1 No. de sitios de generación hidroeléctrica proyectada por Provincia y capacidad instalada total

S. No.	Provincia	No. de sitios proyectados	Capacidad instalada proyectada(MW)
1	Pinar del Río	12	4,000
2	Artemisa	2	0,894
3	Mayabeque	4	0,595
4	Matanzas	3	0,475
5	Cienfuegos	6	1,860
6	Villa Clara	12	5,970
7	Sancti Spiritus	5	10,400
8	Camagüey	11	5,000
9	Granma	6	5,370
10	Holguín	4	4,580
11	Santiago de Cuba	5	13,130
12	Guantánamo	4	3,810
	Total	74	56,084

Fuente: Elaborado por la Misión de JICA según los datos del Ministerio de Energía y Minas

El plan de desarrollo será implementado en dos etapas. En la 1ª etapa, se desarrollarán 13,6 MW antes de 2022. En la 2ª etapa se desarrollarán 42,4 MW restantes antes de 2030. La Tabla 7.4.4-2 presenta el resumen del plan de desarrollo en la 1ª etapa.

Tabla 7.4.4-2 Resumen del plan de desarrollo de generación hidroeléctrica en la 1ª etapa

Período del proyecto (Año)	Provincia	Nombre de sitio	Capacidad (kW)	Energía anual (MWh)	Presión media (m)	Tasa de flujo (m³/s)
2015 - 2018	Villa Clara	Alacranes	3.000	12.700	14,94	24
	Granma	Canal Yara	250	1.134	4,89	4,24
	Pinar del Río	La Paila	754	3.933	18,3	4,5
	Sancti Spiritus	La Felicidad	842	2.170	10,8	9,35
	Santiago de Cuba	Protesta de Baragua	1.200	2.880	10,37	14
2016 - 2019	Camagüey	Jimaguayú	800	3.612	12,36	3,75
	Granma	Cauto El Paso 2	700	2.910	8	10
	Guantánamo	Guaso	2.000	10.000	192	2,11
	Pinar del Río	Los Palacios	640	3.380	18,7	4
2017 - 2020	Granma	Cauto El paso 1	650	2.770	8	18
	Pinar del Río	Juventud	800	4.147	15,06	5,5
	Sancti Spiritus	Lebrije	250	1.250	18	1,45
2018 - 2021	Granma	Cautillo	750	3.185	23,66	8
	Guantánamo	Jaibo	150	1.300	10	1,8
	Sancti Spiritus	Tunicu	327	1.872	34	1,19
2019 -2022	Camagüey	Najasa I	250	1.688	17,51	0,79
	Cienfuegos	Avilés	250	1.491	18	2,9
Total			13.613	60.422		

Fuente: Elaborado por la Misión de JICA según los datos del Ministerio de Energía y Minas

Para el desarrollo de la 1ª etapa indicada en la tabla anterior, se aprovecharán represas y canales existentes.

(2) Proyecto en implementación

Los proyectos en implementación no existen en diciembre de 2015.

Capítulo 8. Información sobre el uso eficiente de la energía

En el primer estudio local se recolectó información sobre el consumo de energía y el sistema legal para lograr la eficiencia energética, mediante una visita a la Oficina Nacional de Uso Racional de Energía (ONURE). Igualmente, se visitaron diferentes establecimientos para reunir información, con el objeto de aplicar las técnicas de Japón en Cuba, estudiando las principales especificaciones de dichos establecimientos, su situación sobre el consumo de energía, estado de las instalaciones existentes, etc.

Como una observación general, el Gobierno de Cuba se encuentra promoviendo esfuerzos respecto a las medidas y reglamentos sobre la eficiencia energética de los productos eléctricos del sector residencial de mayor demanda eléctrica. Por otra parte, en cuanto a los hoteles, oficinas gubernamentales, hospitales y otros establecimientos de grandes dimensiones, que tienen un mayor consumo de energía para el aire acondicionado, se han podido identificar los problemas técnicos y financieros, y la necesidad de establecer las normas correspondientes para la optimización de la eficiencia energética.

8.1 Información sobre el consumo de energía

Se han ordenado los datos sobre el consumo de energía per cápita en Cuba y la proporción del mismo por sectores de acuerdo con la información obtenida en las entrevistas realizadas en la ONURE. Igualmente, se han ordenado los datos sobre el consumo de energía en los establecimientos visitados durante este estudio.

Convirtiendo en valor calorífico de energía primaria el consumo anual de energía per cápita presentado por la ONURE respecto a la electricidad, gas asociado (gas que se extrae junto con el petróleo) y fueloil, se ha obtenido un total de 35GJ/año. Como referencia, dicho consumo en Japón es de 165GJ/año, por lo que los 35GJ/año registrados en Cuba corresponden al 21% de los registrados en Japón. En la Tabla 8.1-1 se muestra el consumo anual de energía per cápita en Cuba.

Tabla 8.1-1 Consumo anual de energía per cápita en Cuba

Tipo	Consumo / unidad	Conversión del valor calorífico de energía primaria (GJ/año)	Coefficiente de conversión
Electricidad	1.650 kWh	16	9,97 GJ/mil kWh
Gas asociado	86 m ³	4	44,9 GJ/mil m ³
Gas asociado	343 L	14	41,7 GJ/kL
Total		35	

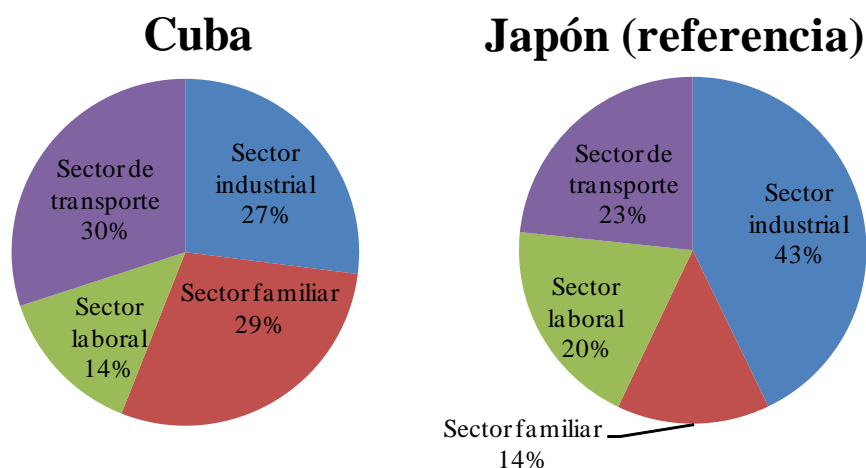
Japón (referencia)	165
--------------------	-----

Nota 1 El consumo energético/ persona en Japón según “Demanda y oferta energética (informe confirmado) en 2012” de la Agencia de Recursos Naturales y Energía de Japón

Nota 2 El coeficiente de conversión se refiere al coeficiente para convertir el consumo de cada energía en un valor de la energía primaria. Como que no fue posible obtener el coeficiente de conversión en energía primaria en Cuba, fue aplicado el coeficiente de conversión de Japón.

Fuente: Datos elaborados por la Misión de JICA de acuerdo con los datos de consumo obtenidos de la ONURE.

Se ha ordenado la proporción de consumo de energía en Cuba según cada sector, industrial, residencial, laboral y transporte, de acuerdo con los datos presentados por la ONURE. La demanda es grande, siguiendo el orden de mayor a menor: transporte, residencial, industrial y laboral. En la Figura 8.1-1 se muestra dicha proporción haciendo la comparación con la de Japón.



Fuente: Cuba: Datos elaborados por la Misión de JICA de acuerdo con los datos de la ONURE.
Japón: Datos elaborados por la Misión de JICA de acuerdo con los datos de la Página Web del Ministerio de Economía, Comercio e Industria.

Figura 8.1-1 Proporción de consumo de energía por sectores

(1) Consumo de energía en diferentes establecimientos

Se ha realizado un estudio sobre la situación del consumo de energía en cada uno de los siguientes establecimientos representativos de Cuba: hotel, oficina gubernamental, hospital y centro de capacitación.

En la tabla 8.1-2 se muestra el consumo de energía en los establecimientos objeto de estudio. En cuanto a los detalles de los mismos, se mostrarán más abajo, en el apartado 8.3.

Tabla 8.1-2 Consumo de energía en los establecimientos objeto de estudio

Establecimiento	No. de usuarios	No. de usuarios	Consumo de energía					Consumo unitario		Proporción de consumo (%)			
			Electricidad	Gasoil	LPG	Fueloil	Total	Superficie total construida	No. de usuarios	Alumbrado	Aire acondicionado	Agua caliente	Otros
	m ²	per/año	MWh/año	KL/año	KL/año	KL/año	GJ/año	MJ/m ²	MJ/persona				
Hotel	104.000	279.430	13.885	109	72	-	145.108	1.395	519	8	70	0	22
Oficina gubernamental	30.000	438.000	4.150	-	-	-	41.500	1.383	95	15	75	0	10
Hospital	10.000	371.316	917	17	20	87	13.805	1.380	37	13	32	25	30
Sala de reuniones	1.800	16.650	250	-	-	-	2.504	1.391	150	49	39	0	12

Nota 1 El consumo energético y la proporción del consumo según los resultados de la entrevista a las instalaciones.

Nota 2 El agua caliente en los hoteles se suministra de fuentes térmicas del aire acondicionado.

Fuente: Datos elaborados por la Misión de JICA de acuerdo con los datos presentados por cada establecimiento

La superficie total de suelo es más grande en los hoteles, por lo que su consumo de energía es también más elevado, sin embargo, el consumo unitario de energía por superficie de suelo es casi igual en todos los establecimientos. En cuanto a la proporción de consumo de energía según cada propósito de uso, es más grande comúnmente el del aire acondicionado en los hoteles, oficinas gubernamentales y hospitales, lo cual demuestra la alta demanda del aire acondicionado en Cuba, que se encuentra en la zona de clima subtropical. En cambio, no hay demanda para calefacción durante todo el año. En la totalidad de los establecimientos, el aire acondicionado y el alumbrado son las principales fuentes de consumo, existiendo

en los hospitales, y hoteles la demanda de agua caliente. La tendencia de la demanda de energía en Cuba es igual a la de Japón, excepto que no hay demanda para calefacción.

(2) Programa de ahorro de energía en Cuba

En 1997 se elaboró el programa de ahorro de energía en Cuba y, como parte de la Revolución Energética, se tomaron en 2006 las siguientes medidas:

- Cambio de 9.400.000 lámparas incandescentes por lámparas de ahorro energético (principalmente por lámparas fluorescentes).
- Cambio de 4.400.000 equipos eléctricos de baja eficiencia (de los cuales 2.6000.000 son refrigeradores).
- Introducción de instalaciones de generación eléctrica de alta eficiencia para la distribución y reparación de líneas de distribución.
- Promoción de ahorro y uso eficiente de energía para los usuarios de gran consumo.
- Desarrollo de actividades de promoción de ahorro de energía entre el pueblo y las escuelas primarias y secundarias.

(Fuente: Datos de la ONURE)

Según la ONURE, se está llevando a cabo la optimización de la eficiencia energética a pesar del incremento del PIB desde 1997. Se han introducido equipos eficientes, como lámparas LED, aire acondicionado tipo inverter, microondas, hornos de alta eficiencia, cocinas de inducción, sistema de generación fotovoltaica, equipos solares, etc., así como se han mejorado las leyes, normas, instituciones administrativas, permisos, etc.,

La demanda de energía eléctrica en Cuba presenta 3 picos durante la preparación de las comidas (a las 7:00 horas para el desayuno, a las 13:00 para el almuerzo y a las 20:00 para la cena). El consumo de energía que se utiliza para la cocina se distribuye entre la electricidad, un 75%, y el gas, un 25%. La proporción sobre el uso de gas para la cocina es de un 65% en La Habana y un 35% en otros municipios, como Santiago de Cuba, etc., existiendo una tendencia a que en las áreas urbanas se utilice más el gas, mientras que las áreas rurales cuentan más con la electricidad.

Para disminuir la demanda pico, se considera conveniente aumentar el uso del gas, pero debido al déficit del mismo se está llevando a cabo una promoción para mejorar la eficiencia de los equipos de cocina eléctricos, como la cocina de inducción. Para esto, los institutos de investigación recolectan los datos sobre el rendimiento de los acondicionadores de aire y refrigeradores de uso doméstico, estableciendo normas para el consumo de energía por capacidad de enfriamiento. En las viviendas y establecimientos de pequeñas dimensiones se adopta el sistema particular de aire acondicionado, cuya eficiencia y otros datos conoce la ONURE a fondo.

En los establecimientos de grandes dimensiones, como hospitales, hoteles, etc., se considera que se emplea casi al 100% el sistema central de aire acondicionado. En el presente Estudio fue verificado que unidades de máquinas frigoríficas fabricadas en Japón están introducidas en el edificio del Ministerio de Energía y Minas (MINEM). Dichas unidades son de alta eficiencia, pero según comenta la ONURE de la Energía, por lo general es baja la eficiencia de otras unidades de capacidad similar introducidas en Cuba. Realmente, la eficiencia de la máquina frigorífica instalada en el Hotel Habana Libre es baja. Por lo tanto, todavía sigue siendo baja la eficiencia del sistema de aire acondicionado en comparación con el sistema particular, por lo que se supone que es alto el potencial del sistema central respecto al ahorro de energía. Generalmente en los hoteles de las islas apartadas, el 50% de energía se consume por el uso del aire acondicionado, lo cual hace suponer que dicho potencial es aún más alto.

8.2 Estado de establecimiento de las leyes y regímenes relacionados con la mejora de la eficiencia energética

Para confirmar el estado de establecimiento de las leyes y regímenes relacionados con la mejora de la eficiencia energética en Cuba, se hizo un estudio sobre el sistema de gestión de la energía en dicho país (NC-ISO50001), la determinación de la tarifa eléctrica y las actividades que realizan los institutos de investigación en relación con la importación de productos extranjeros.

(1) Sistema de gestión de la energía

Se realizó una visita a la Empresa de Ingeniería y Proyectos de Electricidad (INEL) para hacer algunas preguntas sobre el estado de establecimiento de las leyes y regímenes relacionados con la mejora de la eficiencia energética en Cuba.

Cuba está impulsando el ahorro de energía y la optimación de la eficiencia energética de acuerdo con la norma ISO50001³³ (sistema de gestión de la energía). Dicho sistema, estipula la promoción de la adquisición de productos extranjeros excelentes en ahorro energético (por ejemplo, la cocina de inducción), la mejora de eficiencia de las lámparas fluorescentes (se cambiaron las lámparas de 40W por otras de 36W con la misma intensidad de iluminación), el alumbrado con luz natural en los edificios, la aplicación de ventilación natural, etc. Dispone también de normas para introducir en los hospitales aire acondicionado, agua caliente, generación eléctrica en casos de emergencia, sistema de alimentación ininterrumpida (SAI), paneles solares, etc. Además de todo esto, se han empezado utilizar lámparas LED para el alumbrado de vías públicas, centrales de generación eléctrica y subestaciones.

(2) Tarifa de electricidad

El plan de consumo eléctrico en el sector estatal es controlado por la ONURE conforme al contrato de alimentación eléctrica, muy parecido al que existe en Japón. En el sector residencial se encuentra establecido un sistema tarifario con vistas a la promoción del ahorro de energía, aplicándose un mecanismo según el cual, cuanto más se consume energía eléctrica, tanto más sube el precio unitario.

Al calcular las tarifas eléctricas en caso de consumirse 150 kWh al mes, a partir del sistema tarifario para los consumidores residenciales indicado en la Tabla 2.3.1-1 del Capítulo 2, el consumo hasta 100 kWh corresponde a 0,09 CUP/kWh, lo que da 9 CUP, y la tarifa de 101 kWh a 150 kWh es 0,3 CUP/kWh y lo que corresponde a estos 50 kWh es 15 CUP, con un total de 24 CUP, unos 120 yenes. Si fuera en Japón, aun calculándose con 24 yenes /kWh, se dan 3.600 yenes, lo que hace comprender lo barato que es la tarifa eléctrica.

Cuanto más se incrementa el consumo, tanto más sube el precio unitario, de modo que cuando el consumo mensual supera los 5.000 kWh, dicho precio sube a 5 CUP/kWh.

Por otra parte, para los establecimientos de grandes dimensiones, como hoteles, oficinas gubernamentales, etc., existen penalizaciones cuando el consumo supera la potencia contratada y cuando el factor de potencia es inferior al contratado, aplicándose medidas más estrictas.

(3) Actividades de los institutos de investigación

Se hizo un estudio sobre las actividades relacionadas con la eficiencia energética mediante visitas al Instituto de Refrigeración y Climatización y al Laboratorio de Equipamientos Eléctricos Tecnológicos (Centro de Tecnología y Calidad Industrial), donde se controlan las normas sobre la calidad y eficiencia

³³ Es una normativa estándar internacional desarrollada en junio de 2011 por ISO (Organización Internacional de Normalización) con el objeto de administrar la energía que utilizan las empresas y otras entidades, y hacer una mejora constante de dicha normativa.

energética de los productos extranjeros en Cuba, país que compra la mayoría de los productos mecánicos y eléctricos por importación.

1) Instituto de Refrigeración y Climatización (IRC)

El Instituto de Refrigeración y Climatización realiza la medición y evaluación de datos de los pequeños acondicionadores de aire, frigoríficos y equipos solares, y el establecimiento de normas para los mismos. Tiene instalados en su laboratorio los pequeños acondicionadores de aire con bomba de calor, fabricados principalmente en Japón, China, Corea y otros países asiáticos, para tomar y analizar los datos sobre el rendimiento, potencia de salida, temperatura, consumo eléctrico, etc. La norma de rendimiento del aire acondicionado con capacidad de refrigeración de 2,6 a 18kW (de 9.000 a 60.000 BTU) ha sido elaborada por este instituto. Según el reglamento, no se pueden importar a Cuba los productos extranjeros que no satisfagan dicha norma. No existe ningún laboratorio en Cuba para ensayar las máquinas frigoríficas ni otros equipos congeladores grandes, por lo que se requiere recolectar los datos relacionados y establecer las normas correspondientes.

En la Figura 8.2.3-1 se muestran fotografías del Instituto de Refrigeración y Climatización. Fue tomada la recolección de datos de un pequeño climatizador.



Fuente: Fotografías tomadas por la Misión de JICA (15 de octubre de 2015)

Figura 8.2.3-1 Fotografías del Instituto de Refrigeración y Climatización

2) Laboratorio de Equipamientos Eléctricos Tecnológicos (LABET)

El Laboratorio de Equipamientos Eléctricos Tecnológicos es una organización de Cuba, país isleño tropical, que examina la capacidad y resistencia de los productos eléctricos extranjeros para emitir el certificado de aprobación de importación. Maneja diferentes productos eléctricos en general, incluidos los paneles solares. Los productos importados, excepto los que aparecen indicados en la lista de productos homologados, son objeto de este examen. Desde la solicitud de aprobación hasta la homologación se requiere un máximo de 45 días. No obstante, cuando se necesita realizar algún examen fuera de este laboratorio, se necesitan más días.

8.3 Estudio sobre la situación de diferentes establecimientos

Con el objeto de confirmar el consumo de energía, composición de los equipos, esfuerzos para el ahorro de energía, etc. de los establecimientos públicos representativos de Cuba, se hizo un estudio mediante visitas a los hoteles, oficinas gubernamentales y hospitales. En este apartado, se muestran los resultados obtenidos. Además de dichos resultados, se resume en los adjuntos de A 8-1 a A 8-4 la información sobre el Centro de Capacitación de la UNE de La Habana, la planta de equipos de climatización, la planta de

paneles solares fotovoltaicos y la planta de desalinización de la central termoeléctrica, que fueron visitados durante el primer estudio local.

8.3.1 Hotel

Se visitó el Hotel Habana Libre, uno de los hoteles más grandes de Cuba (administrado por el Gobierno del país con fondos extranjeros), para realizar un estudio principalmente sobre las especificaciones del sistema de aire acondicionado. Este hotel se inauguró en 1958 con la denominación inicial de Habana Hilton, pero un año después, en 1959, se cambió el nombre por Habana Libre, pasando a ser operado por el Gobierno de Cuba. Es uno de los hoteles más altos de Latinoamérica y alto consumidor de energía.

(1) Generalidades

- | | |
|-----------------------------|------------------------------------|
| ● Superficie total de piso: | 104.000m ² , 33 plantas |
| ● No. de empleados: | 400 empleados |
| ● No. de huéspedes: | 133.430 personas /año |
| ● Horario de servicio: | Durante todo el año |
| ● Fundación: | 1958 |

(2) Consumo de energía

La energía que se consume en el hotel es electricidad casi por completo. Además de la electricidad, se consumen gas para la cocina y fuel oil para las calderas de agua caliente. Según el encargado de las instalaciones, los gastos anuales de energía eléctrica ascienden a 4.000.000US\$, aproximadamente, y un 70% de la energía total la consume el sistema de aire acondicionado.

Se generan el agua fría y el agua caliente a través de la fuente calorífica del sistema de aire acondicionado, para utilizarse en la refrigeración y en la ducha de cada habitación, respectivamente.

Los resultados de las entrevistas y los datos recolectados se resumen a continuación.

- | | |
|--|--|
| ● Electricidad: | 13.885MWh/año, gasoil: 109kL/año, LPG: 72kL/año |
| ● Conversión en energía primaria: | 56.156GJ/año (electricidad 89%, gasoil 7%, LPG 4%) |
| ● Proporción de consumo de energía: | Alumbrado 8%, aire acondicionado 70%, otros 22% |
| ● Instalación de mayor consumo de energía: | Fuente calorífica del aire acondicionado |
| ● Consumo de energía por cada persona: | 519MJ/año |
| ● Consumo energético por la superficie total construida: | 1.395 MJ/m ² |

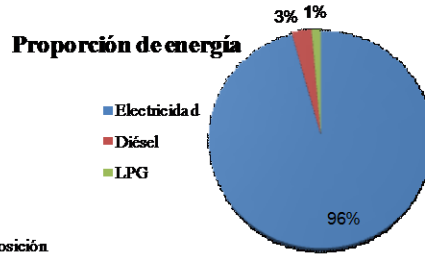
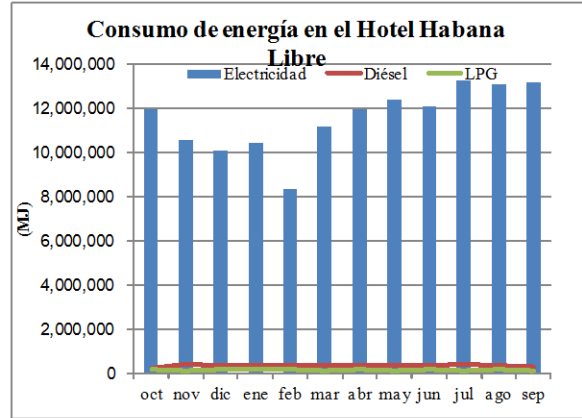
En la Figura 8.3.1-1 se muestra el resultado del análisis de consumo de energía en el Hotel Habana Libre.

En esta figura se suman los consumos energéticos mensuales de electricidad, gasoil y LPG en el hotel y se resumen como valores convertidos de energía primaria (MJ). El consumo energético/ persona fue obtenido dividiendo los valores convertidos de energía primaria por la suma del número de huéspedes/año y los empleados. El consumo energético por la superficie total construida fue obtenido dividiendo los valores convertidos de energía primaria por la superficie total construida.

Del consumo energético total, la electricidad representa el 96% y puesto que el consumo energético aumenta entre julio y septiembre, se puede decir que es alta la demanda energética para el aire acondicionado.

1. Consumo de energía en el Hotel Habana Libre (MJ)

	Electricidad	Diésel	LPG	TOTAL
oct	12,000,430	265,341	190,930	12,456,701
nov	10,555,160	394,687	145,950	11,095,797
dic	10,129,460	351,448	186,260	10,667,168
ene	10,445,680	368,277	204,330	11,018,287
feb	8,364,650	381,888	170,970	8,917,508
mar	11,187,060	374,946	150,120	11,712,126
abr	12,004,900	364,533	183,480	12,552,913
may	12,418,330	367,380	125,100	12,910,810
jun	12,132,080	354,900	204,330	12,691,310
jul	13,302,030	405,990	118,150	13,826,170
ago	13,124,040	369,837	175,140	13,669,017
sep	13,186,040	270,309	133,440	13,589,789
TOTAL	138,849,860	4,269,536	1,988,200	145,107,596
Ratio	96%	3%	1%	100%



2. Factor de conversión de energía primaria

Electricidad	10.0 MJ/kWh
Diésel	39.0 MJ/L
LPG	27.8 MJ/L

Eficiencia en el extremo de recepción - suposición

Superficie total construida	104,000 m ² →	1,395 MJ/m ²
-----------------------------	--------------------------	-------------------------

Energía	519 MJ/persona
Empleados	400 personas
Huéspedes	133,430 personas/año
TOTAL	279,430 personas/año = 400x365 + 1,3340

Fuente: Datos elaborados por la Misión de JICA de acuerdo con los datos presentados por el Hotel Habana Libre

Figura 8.3.1-1 Resultado del análisis de consumo de energía en el Hotel Habana Libre

En la Figura 8.3.1-2 se muestran las fotografías del Hotel Habana Libre. Fueron tomadas fotografías de la máquina frigorífica con bomba de calor fabricada en Italia, bombas transmisoras de calor para enviar el agua fría al hotel y el tanque de agua caliente preparada con el calor residual de la máquina frigorífica con bomba de calor.



Fuente: Fotografías tomadas por la Misión de JICA (12 de octubre de 2015)

Figura 8.3.1-2 Fotografías del Hotel Habana Libre

(3) Especificación del equipo de aire acondicionado

Se adopta el sistema centralizado de aire acondicionado, suministrando el agua fría para la refrigeración del hotel y el agua caliente para las habitaciones, a través de 8 máquinas frigoríficas con bomba de calor de motor eléctrico, que aprovecha la fuente calorífica de dicho sistema. El agua fría generada por las máquinas frigoríficas circula por medio de 22 bombas de transmisión, para climatizar el interior del hotel, incluidas las habitaciones, mediante el ventiloconvector (FCU) y el climatizador (AHU). El agua caliente circula por medio de 6 bombas de transmisión, y se conserva el calor en 5 tanques de agua caliente mediante un intercambiador de calor, para suministrar el agua caliente principalmente a las habitaciones del hotel. Estas bombas son de arranque de conexión directa, y funcionan con una carga del 100% independientemente de la demanda de aire acondicionado. Según el encargado de las instalaciones del hotel, este sistema de climatización es el tipo más popular entre los hoteles de Cuba.

Por otra parte, como una medida contra los ruidos, las máquinas frigoríficas con bomba de calor están instaladas fuera del terreno del hotel. El lugar de instalación de dichas máquinas se conecta con el hotel mediante un túnel de unos 90m, construido bajo la calle adyacente, para suministrar al hotel el agua fría y el agua caliente mediante las respectivas tuberías. En la tabla de abajo se indica la información resumida.

- Fuente calorífica del aire acondicionado:
8 máquinas frigoríficas con bomba de calor
Capacidad de refrigeración: 818kW/unidad (COP=2,18)
Fuente de energía: 3φ3W460V 60Hz 376kW(por unidad)
- Bomba de transmisión de agua fría:
22 unidades (16kW, 22kW y 35kW) en servicio y reserva

Arranque de conexión directa (sin control de velocidad variable)

- Bomba de transmisión de agua caliente:
6 unidades, Arranque de conexión directa (sin control de velocidad variable)
- Tanque de agua caliente:
5 unidades

(4) Actividades y problemas para el ahorro de energía

Las lámparas LED se encuentran ya instaladas en un 50% del sistema de alumbrado. No hay otras actividades para el ahorro energético en especial. La eficiencia de la fuente calorífica del aire acondicionado es baja, por lo que el hotel está estudiando la manera de mejorarla.

Dado que la eficiencia de la fuente calorífica del aire acondicionado es baja (COP=2,18), resultará efectivo cambiarla por otra de alta eficiencia. Por otra parte, ninguna de las 28 bombas de transmisión de calor (de agua fría y agua caliente) tiene control de revoluciones, funcionando siempre con carga total, razón por la cual se considera más efectivo el uso de control inversor, conforme a la demanda del aire acondicionado, como medida de ahorro de energía.

8.3.2 Oficinas gubernamentales

Se hizo el estudio visitando un edificio de oficinas gubernamentales relacionadas con la energía, en el que se encuentra, entre otros, el Ministerio de Energía y Minas (MINEM).

(1) Generalidades

- Superficie total de piso: 30.000m²(valor supuesto), 9 plantas
- No. de empleados: 1.200 personas
- Horario de servicio: 7:00~18: 00
- Fundación: 1957

(2) Consumo de energía

Las principales instalaciones que utilizan energía son las de alumbrado, sistema central de aire acondicionado y ascensores, consumiendo unos 15MWh de energía eléctrica al día. El sistema central de aire acondicionado es la instalación de mayor consumo energético. Según el resultado de la entrevista al MINEM, casi todas las oficinas gubernamentales cubanas adoptan este sistema central.

En la tabla de abajo se ordenan y muestran los datos recolectados.

- Electricidad: 4.150MWh/año. Otras fuentes, gas (para cocina) y gasoil (equipo de generación para emergencia)
- Valor convertido de energía primaria: 41.500 GJ/año (Electricidad 100%)
- Proporción de consumo de energía: Alumbrado 15%, aire Acondicionado 75%, otros 10%
- Instalación de mayor consumo de energía: Sistema central de aire acondicionado
- Consumo de energía por cada persona: 95 MJ/ año
- Consumo de energía por superficie de piso: 1.383 MJ/m²

En la Figura 8.3.2-1 se muestra el resultado del análisis de consumo de energía en las oficinas gubernamentales relacionadas con la energía.

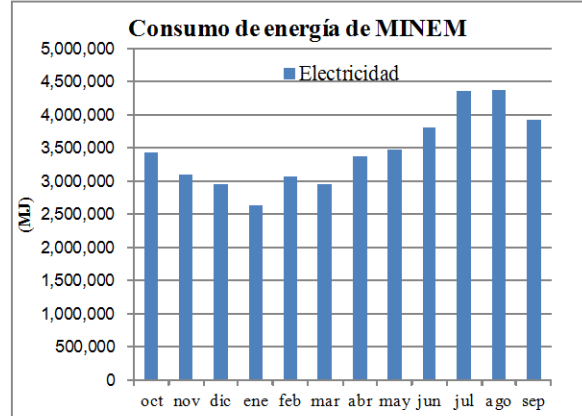
En la figura se suman los consumos energéticos mensuales en el edificio de las oficinas y se resumen como valores convertidos de energía primaria (MJ). El consumo energético/ persona fue obtenido dividiendo los valores convertidos de energía primaria por el número de empleados. El consumo

energético por la superficie total construida fue obtenido dividiendo los valores convertidos de energía primaria por la superficie total construida del edificio.

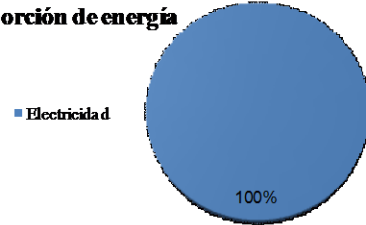
Puesto que el consumo energético aumenta entre julio y agosto, se puede decir que es alta la demanda energética para el aire acondicionado.

1. Consumo de energía de MINEM

	(MJ)			
	Electricidad			TOTAL
oct	3,440,000			3,440,000
nov	3,100,000			3,100,000
dic	2,950,000			2,950,000
ene	2,640,000			2,640,000
feb	3,060,000			3,060,000
mar	2,950,000			2,950,000
abr	3,380,000			3,380,000
may	3,480,000			3,480,000
jun	3,820,000			3,820,000
jul	4,370,000			4,370,000
ago	4,380,000			4,380,000
sep	3,930,000			3,930,000
TOTAL	41,500,000	0	0	41,500,000
Ratio	100%	0%	0%	100%



Proporción de energía



2. Factor de conversión de energía primaria

Electricidad	10.0 MJ/kWh

Eficiencia en el extremo de recepción - suposición

Superficie total construida	30,000 m ² →	1,383 MJ/m ²
-----------------------------	-------------------------	-------------------------

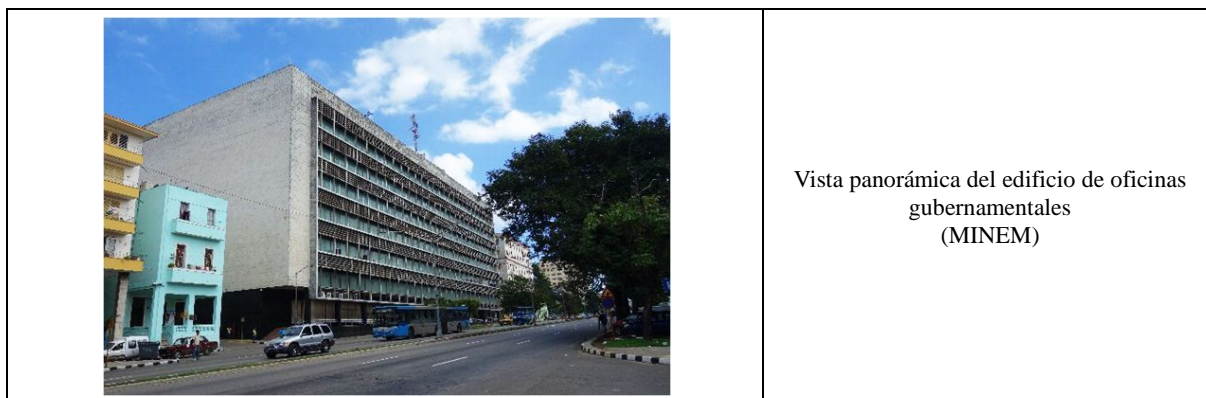
(Measured value)

Energía	95 MJ/persona	=1200x365
Empleados	1,200 personas	
TOTAL	438,000 personas/año	

Fuente: Datos elaborados por la Misión de JICA de acuerdo con los datos presentados por el MINEM

Figura 8.3.2-1 Resultado del análisis de consumo de energía en las oficinas gubernamentales relacionadas con la energía

En la Figura 8.3.2-2 se muestra la fotografía del edificio gubernamental relacionado con la energía. No se permitió tomar fotografías del interior del edificio, por lo que se tomó solamente la vista panorámica obteniendo permiso.



Nota: No se permitió tomar fotografías del interior del edificio de oficinas gubernamentales.

Fuente: Fotografía tomada por la Misión de JICA (22 de octubre de 2015)

Figura 8.3.2-2 Fotografía del edificio de oficinas gubernamentales

(3) Especificación del equipo de aire acondicionado

En el espacio de la azotea se encuentran la fuente calorífica, bombas de transmisión de calor, torre de enfriamiento, etc. La fuente calorífica del aire acondicionado es la máquina frigorífica fabricada en Japón, cuyo coeficiente de rendimiento (COP) es más de 2 veces superior al del Hotel Habana Libre (COP=2,18), indicado en el apartado anterior. Las 4 bombas de transmisión de calor son de arranque de conexión directa. Las bombas de transmisión de agua fría, torre de enfriamiento y climatizador (AHU), excepto la fuente calorífica del aire acondicionado, no se han renovado desde la primera instalación, por lo que están muy viejos. En la tabla de abajo se resume toda la información correspondiente.

- Fuente calorífica del aire acondicionado:
4 máquinas frigorífica
Capacidad de refrigeración: 878kW/unidad (3.000.000BTU, COP=4,4)
Fuente de energía: 3φ3W440V, 60Hz, 200kW(por unidad)
(Fabricadas en 2008 por Hitachi, Ltd. en Brasil)
- Bomba de transmisión de agua fría:
4 unidades (30kW/unidad) Arranque de conexión directa (sin control de velocidad variable)
- Torre de enfriamiento:
4 unidades (18,5kW/unidad) Arranque de conexión directa (sin control de velocidad variable)
- Climatizador (AHU):
18 unidades (2 unidades en cada planta)

(4) Actividades y problemas para el ahorro de energía

Se utilizan lámparas fluorescentes dentro del edificio (tipo 20W: 1.000 unidades, tipo 40W: 5.000 unidades). Según el personal del MINEM, existe intención de cambiar todas estas lámparas por las de LED. El consumo de energía eléctrica será de 9W en caso de cambiar las del tipo 20W por las de LED fabricadas en Cuba, y de 18W cuando se trata del tipo 40W. Las lámparas LED y sus accesorios se fabrican en Cuba, y la sala de exhibición de los mismos se encuentra en una sección del MINEM. Igualmente, en un rincón de la oficina se encuentran instaladas 4 lámparas de prueba.

8.3.3 Hospital

Se hizo una visita al Hospital Julio Díaz González de La Habana para realizar el estudio. Se trata de un hospital que dispone de 4 especialidades, medicina interna, pediatría, rehabilitación deportiva e hidroterapia, y cuenta con 22 habitaciones para enfermos. Existen 4 edificios, de 1 y 2 plantas, además de un edificio para la caldera, que suministra calor a la piscina climatizada.

(1) Generalidades

● Superficie total de piso	10.000m ² (valor supuesto de los 4 edificios)
● No. de empleados	1.200 personas
● Horario de servicio	24 horas
● Fundación	1954

(2) Consumo de energía

La mayoría de la energía se consume por el sistema de aire acondicionado y por la caldera que suministra el agua caliente a la piscina climatizada. Los resultados de las entrevistas y los datos recolectados se resumen a continuación.

● Electricidad: 917MWh/año, gasoil:17kL/año, LPG: 20kL, fueloil: 87kL (caldera de agua caliente)	
● Valor convertido en energía primaria:	13,805 GJ/año (Electricidad 66%, gasoil 5%, LPG 4%, Fuel oil 25%)
● Proporción de consumo de energía:	Alumbrado 13%, aire acondicionado 32%, caldera 25%, otros: 30%
● Instalación de mayor consumo de energía:	Aire acondicionado y piscina climatizada
● Consumo de energía por cada persona:	37 MJ/ año
● Consumo de energía por superficie de piso:	1.380 MJ/m ²

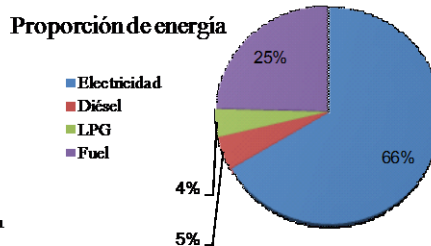
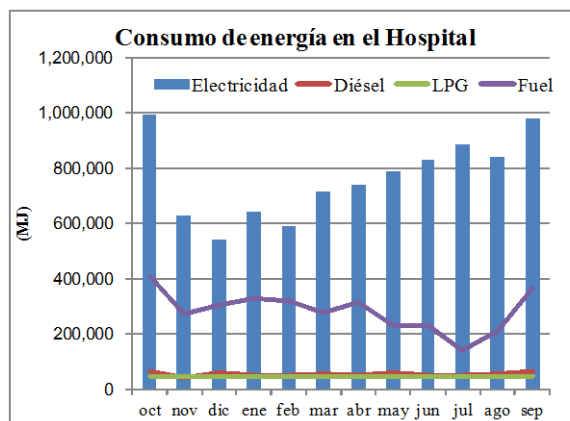
En la Figura 8.3.3-1 se muestran los resultados del análisis de consumo de energía en el Hospital Julio Díaz González.

En esta figura se suman los consumos energéticos mensuales de electricidad, gasoil, LPG y fuel oil en el hospital y se resumen como valores convertidos de energía primaria (MJ). El consumo energético/persona fue obtenido dividiendo los valores convertidos de energía primaria por la suma del número de pacientes/año y los empleados. El consumo energético por la superficie total construida fue obtenido dividiendo los valores convertidos de energía primaria por la superficie total construida del hospital.

Del consumo energético total, la electricidad representa el 66% y el consumo baja en las épocas que no sean verano. El consumo de Fuel oil para la piscina de agua caliente para la rehabilitación representa el 25 % y el consumo aumenta en las épocas excepto el verano. Es alta la demanda para el aire acondicionado y el agua caliente.

1. Consumo de energía en el Hospital

	(M)				
	Electricidad	Diésel	LPG	Fuel	TOTAL
oct	997,000	66,456	47,260	407,511	1,518,227
nov	625,800	42,432	47,260	271,518	987,010
dic	544,020	59,436	47,260	303,264	953,980
ene	642,980	51,051	47,260	329,745	1,071,036
feb	589,670	53,235	47,260	319,020	1,009,185
mar	715,140	55,770	47,260	274,833	1,093,003
abr	739,390	53,235	47,260	313,209	1,153,094
may	786,470	60,840	47,260	230,997	1,125,567
jun	828,090	52,416	47,260	230,997	1,158,763
jul	884,540	51,948	47,260	140,439	10
ago	838,390	57,408	47,260	210,288	1,153,346
sep	980,000	63,921	47,260	366,132	1,457,313
TOTAL	9,171,490	668,148	567,120	3,397,953	13,804,711
Ratio	66%	5%	4%	25%	100%



2. Factor de conversión de energía primaria

Electricidad	10.0 MJ/kWh	Eficiencia en el extremo de recepción - suposición
Diésel	39.0 MJ/L	
LPG	27.8 MJ/L	
Fuel	39.0 MJ/L	

Superficie total construida	10,000 m ² →	1,380 MJ/m ²
(Measured value)		

Energía	37 MJ/persona
Empleados	848 personas
Pacientes	61,796 personas/año
TOTAL	371,316 personas/año = 1492*365+61796

Fuente: Datos elaborados por la Misión de JICA de acuerdo con los datos presentados por el Hospital Julio Díaz González.

Figura 8.3.3-1 Resultado del análisis de consumo de energía en el Hospital Julio Díaz González

En la Figura 8.3.3-2 se muestran fotografías del Hospital Julio Díaz González. Fueron tomadas fotografías de climatizadores utilizados en la sala de tratamiento y habitación de enfermo y artefactos hechos a mano para la recarga de batería.



Fuente: Fotografías tomadas por la Misión de JICA (22 de octubre de 2015)

Figura 8.3.3-2 Fotografías del Hospital Julio Díaz González

(3) Especificación del equipo de aire acondicionado

Inicialmente, se utilizaba el sistema centralizado de aire acondicionado, pero desde que se averió hace 2 años, quedó fuera de servicio. Actualmente, están instalados acondicionadores de aire de ventana en las salas de estar, consultorios y algunas habitaciones de enfermos. Según el encargado de las instalaciones del hospital, los hospitales de Cuba utilizan ambos sistemas de aire acondicionado, centralizado y de ventana.

(4) Actividades y problemas para el ahorro de energía

Dentro del hospital se usan lámparas fluorescentes. Para los equipos médicos se utiliza normalmente la corriente continua, y existen ideas propias para cargar la batería, por ejemplo, bicicleta generadora y generador colgante (Véase la Figura 8.3.3-2).

Capítulo 9. Información sobre establecimientos de entrenamiento sobre la energía eléctrica

La educación y entrenamiento sobre la energía eléctrica se realizan en los Centros de Entrenamiento, que se encuentran en La Habana y en cada provincia. Estos centros disponen de 72 aulas en la totalidad del país, con capacidad para enseñar a 2.350 personas, aproximadamente. Trabajan 1.260 instructores convocados por el Grupo UNE según las necesidades, además de 56 exclusivos. Por otra parte, se cuenta con los institutos universitarios colaboradores para ampliar los temas de educación³⁴. En 2015 se impartieron capacitaciones con 393 programas para 67.000 personas, celebrándose también 1.621 seminarios, talleres y reuniones, con 59.000 participantes.

En La Habana hay 2 Centros de Entrenamiento que pertenecen a la oficina central de UNE, los cuales constituyen la base de la educación y el entrenamiento. A uno de ellos, donde se imparte la capacitación elemental o capacitación básica sobre el sistema de energía eléctrica, se le podría llamar “Centro de Entrenamiento de La Habana No.1”³⁵. Este centro cuenta con un salón de reuniones y 4 aulas de capacitación, una de las cuales es exclusiva para la energía renovable y control de seguridad. Durante el presente estudio de JICA se estaba impartiendo allí la capacitación elemental sobre la energía renovable para los 15 empleados recién ingresados. Se dice que en los primeros 3 o 4 años de instalación de generadores diésel, se realizaba la capacitación práctica utilizando las máquinas reales.

Como una entidad afiliada al MINEM, existe el CNCI (Centro Nacional de Certificación Industrial). El CNCI es una organización que otorga a los técnicos la certificación en diferentes especialidades, ofreciendo también la capacitación necesaria. Dichas técnicas son las relacionadas, por ejemplo, con la soldadura, reparación mecánica, teoría eléctrica, instrumentación, operación de la central eléctrica, etc., y las personas objeto son las que tienen experiencias de nivel medio y alto. Según el gobierno, entre el CNCI y el Centro de Investigación de Alberta, en la provincia de Alberta, Canadá, existe un convenio de cooperación técnica, y los aprobados en los exámenes del CNCI obtienen un título de convalidación mundial con la certificación debidamente emitida.

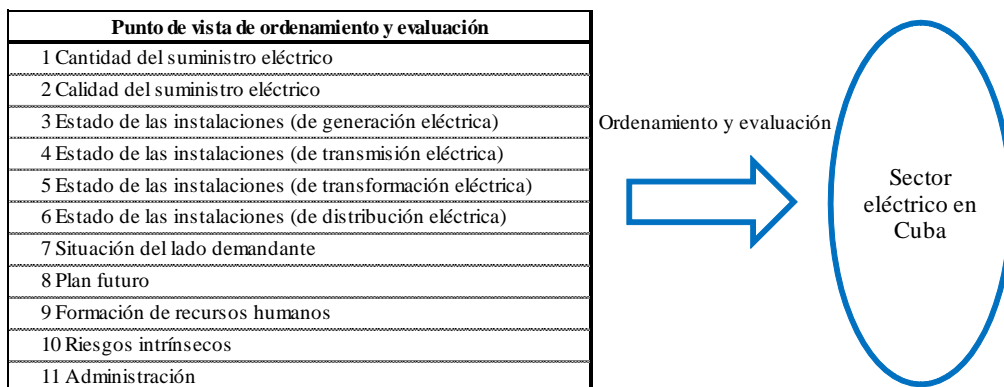
³⁴ Se solicitó la entrega de los temas de enseñanza, pero no se han recibido.

³⁵ Comúnmente, se le conoce como Centro de Entrenamiento Hyundai. Cuando se compraron generadores diésel de Hyundai, grupo de empresas coreanas, fue edificado este centro por Hyundai para enseñar la composición de las máquinas y el método de mantenimiento, razón por la cual se mantiene todavía el nombre Hyundai.

Capítulo 10. Problemas pendientes y soluciones

10.1 Problemas pendientes

Con el fin de analizar los problemas pendientes del sector eléctrico en Cuba, su situación actual ha sido ordenada y evaluada desde los puntos de vistas de 11 ítems descritos en la Figura. 10.1-1.



Fuente: Elaborado por la Misión de JICA

Figura 10.1-1 Ordenamiento y evaluación de la situación actual del sector eléctrico en Cuba

La Tabla 10.1-1 presenta los resultados del ordenamiento y la evaluación. La evaluación fue clasificada en 3 categorías: A (casi sin problemas), B (con problemas parciales) y C (con problemas). El criterio de la evaluación es la necesidad de tomar nuevas medidas urgentes. Aunque haya problemas en la actualidad, si se están implementadas correctamente las medidas correspondientes de la parte cubana, dichos problemas serán solucionados con el tiempo sin que se tomen nuevas medidas³⁶. No obstante, existe una alternativa para acelerar soluciones de problemas mediante una cooperación japonesa que apoye medidas que lleva adelante la parte cubana.

³⁶ Por ejemplo, la tasa de pérdidas en la transmisión y distribución eléctrica en 2014 es un poco alta con el 17%. Sin embargo, teniendo en cuenta que la Unión Eléctrica persigue una economía integral incluyendo el costo de combustibles de generación eléctrica y está implementando con certeza las medidas para reducir las pérdidas en la transmisión y distribución eléctrica, se ha dado la evaluación a las instalaciones tanto de transmisión como de distribución eléctrica.

Tabla 10.1-1 Ordenamiento y evaluación de la situación actual del sector eléctrico en Cuba

Ítem	Situación	Evaluación
Evaluación: A= <i>Casi sin problema</i> , B= <i>Parcialmente con problema</i> , C= <i>Con problema</i>		
1 Cantidad del suministro eléctrico	Sobre la máxima demanda eléctrica de 3.213 MW en el 2014, la potencia disponible promedio generación eléctrica es de 4.040 MW, con una tasa de reserva de suministro del 25,7%. La capacidad instalada de generación eléctrica es de 5.478 MW. La tasa de electrificación es 99% en el 2015 y es muy poca el área no electrificada. En cuanto al suministro eléctrico no se observan problemas para cubrir la demanda.	A
2 Calidad del suministro eléctrico	El 7 de octubre de 2015 a las 9:00 de la mañana visitamos el Despacho Nacional de Carga. Comprobamos que la frecuencia era 60,06 Hz (1,001 por unidad) sobre una nominal de 60 Hz y el voltaje de cada parte presenta un valor casi nominal sin ningún problema. Desde el año 2006 no existen apagones por déficit de generación de energía eléctrica. Los cortes de electricidad son a causa de accidentes o mantenimiento. Existen numerosas centrales diésel tipo generación distribuida, donde se controla el número de unidades adaptándose a la variación de carga. El arranque de los generadores diésel tarda 10 minutos aproximadamente. Pueden existir afectaciones al servicio de modo automático cuando ocurren averías en las grandes centrales termoeléctricas, cuya duración estimada es de 15 minutos. En cuanto a la calidad del suministro eléctrico, no se observan grandes problemas.	A
3 Estado de las instalaciones (de generación eléctrica)	<p>Hay 7 centrales termoeléctricas con una capacidad instalada total de 2.588 MW. Se les está brindando un buen servicio de mantenimiento y todas están operando. La central termoeléctrica Carlos Manuel de Céspedes de Cienfuegos cuenta con 2 unidades generadoras japonesas (Hitachi) (No.3 y No.4). En 2009 terminó la obra de modernización de la unidad No. 4 y a partir de junio de 2016 está previsto iniciar la modernización de la unidad No.3. Existen unidades generadoras con motores diésel con una capacidad de 2.293 MW, y todas fueron introducidas a partir del 2006, por lo que son nuevas y altamente eficientes. De la capacidad antes mencionada, 1.163 MW corresponden a generadores diésel alimentados principalmente a fuel oil (y gasoil para el arranque y suspensión). Para aprovechar el fuel oil que es más económico que el gasoil. Aparte, hay generadores de turbina de gas con capacidad total de 100 MW (5 x 20 MW) para cubrir a la demanda pico. Aunque son generadores de turbina de gas, su combustible es gasoil. Fueron introducidos en 1973 y son productos japoneses (Hitachi). Ninguno presenta problemas urgentes pero con baja eficiencia. Un productor independiente de energía (IPP) conjunto con una empresa canadiense, administra 3 centrales de generación eléctrica, 2 de ellas de ciclo combinado alimentadas por gas acompañante del proceso de extracción de petróleo cubano con una capacidad total de 480 MW.</p> <p>Respecto a las energías renovables, es 568 MW la capacidad instalada total de las generaciones eléctricas alimentada a biomasa, hidroeléctrica, fotovoltaica y eólica, y la energía generada por estas representa el 4,3% de la energía total generada en 2014. Por el presente no se observa problema urgente.</p>	A
4 Estado de las instalaciones (de transmisión eléctrica)	<p>El voltaje de las líneas de transmisión eléctrica es a 220 kV y 110 kV. El país esta enlazado de este a oeste por un doble circuito de 220 kV. El tipo de conductor utilizado es principalmente 400 mm² ACSR para 220 kV y 185 mm² ACSR o 200 mm² AAAC para 110 kV. En cuanto a la capacidad de la transmisión eléctrica, no hay tramos que requieran una atención urgente como el reemplazo o la ampliación del conductor. Es alta la confiabilidad de la línea de transmisión eléctrica, donde el índice de averías por cada 100 km de línea de 220 kV es 0,32 en el 2014. Las pérdidas en red de transmisión eléctrica fue de 4,9% en el 2014 y todavía hay margen para mejorar. Esto es la consecuencia de que la operación del sistema se realiza a mínimo costo.</p> <p>Una característica del sistema eléctrico cubano es el uso de la generación distribuida. Esto fue adoptado por una política elaborada en la revolución energética de 2005 -2006. El 1^{er} objetivo de dicha política es liberarse de la crisis eléctrica en el país, el 2^o objetivo, instalar fuentes de generación eléctrica cerca de los centros de consumo, para atender rápidamente al cambio de la demanda eléctrica y reducir las pérdidas en la transmisión eléctrica. Además, la instalación de fuentes eléctricas tipo generación distribuida cerca de los centros de demanda ha formado un sistema resistente a desastres, que aun en caso de quedarse dañada la red de transmisión por huracanes, permite suministrar electricidad a cada área.</p>	A

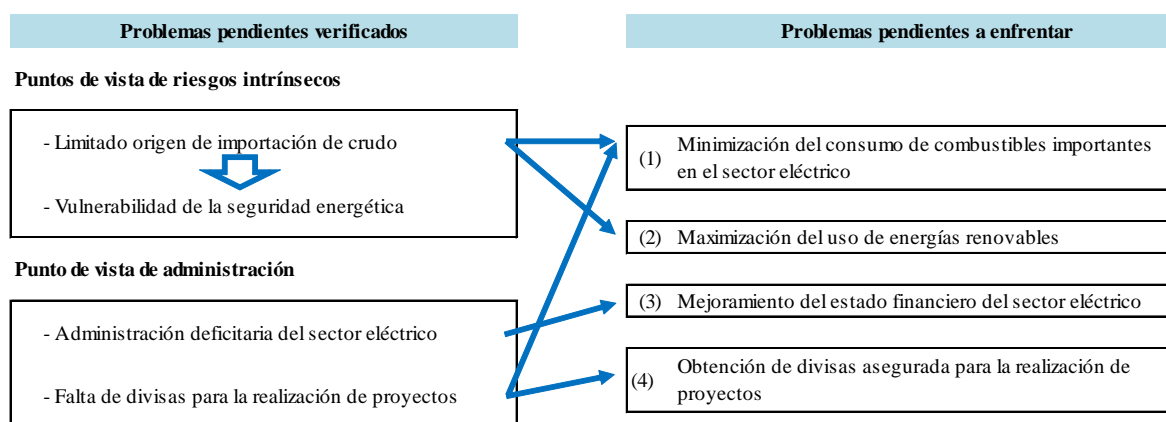
Ítem	Situación	Evaluación
5 Estado de las instalaciones (de transformación eléctrica)	Existen 24 principales subestaciones de 220/110 kV y 137 subestaciones de 110/34,5 kV y 110/13,8 kV que reducen el voltaje de la transmisión a la distribución eléctrica. Estas 161 subestaciones están monitoreadas por el Despacho Nacional de Carga y operan según las órdenes del mismo. Se da buen mantenimiento y manejo y no se observan problemas que requieran una atención urgente.	A
6 Estado de las instalaciones (de distribución eléctrica)	El voltaje de la red de distribución primaria es 34,5 kV y 13,8 kV y existen 1.985 subestaciones de 34,5/13,8 kV. En la zona de la Habana Vieja todavía funcionan parcialmente viejas instalaciones de 4,1 kV y 2,4 kV y se están integrando a 13,8 kV. El voltaje de la red de distribución secundaria suministrado a demandantes en general es 240 V y 120 V. Transformadores colocados sobre postes reducen los voltajes de 34,5 kV o 13,8 kV a dichos voltajes. A partir del 2006 se efectuó un proceso de rehabilitación de las redes eléctricas tanto de transmisión y distribución. Las pérdidas en la red de distribución eléctrica siguen siendo altas con el 14.1% en el año 2014, pero la UNE continúa implementando medidas de reducción de las pérdidas como la elevación del voltaje de la red de distribución de 13,8 kV a 34,5 kV y la división de circuitos de distribución eléctrica de larga distancia, por lo que se prevé reducir favorablemente las pérdidas en los circuitos de distribución eléctrica. Además, actualmente se está llevando adelante el monitoreo y control a distancia de instalaciones de distribución eléctrica. No se observan problemas urgentes en dichas redes de distribución.	A
7 Situación del lado de la demanda	En el lado de la demanda se viene llevando adelante firmemente el ahorro de energía. En el alumbrado, han sido sustituidas casi todas las lámparas incandescentes al tipo fluorescente de ahorro de energía o LED y los electrodomésticos como el frigorífico y el acondicionador de aire, han sido sustituidos por modelos de alta eficiencia. Se está desarrollando la política de introducción de cocina de calentamiento por inducción (IH: Induction Heating) como fuente de calor. Al pueblo y las escuelas primarias y secundarias se está dando bien la educación de ahorro de energía y es alta la conciencia de toda la nación sobre el ahorro de energía. En el lado de la demanda no se observan problemas específicos. Según los resultados del estudio de muestras, se puede decir que todavía es alto el potencial del ahorro de energía en grandes instalaciones como los hospitales y hoteles.	B
8 Plan Futuro	Un punto importante en el plan futuro es proponerse que las energías renovables representen el 24% de toda la electricidad generada en el 2030. Este 24% no es una meta ambiciosa, sino que es un valor que el gobierno debe alcanzar bajo su responsabilidad con la intención de perseguir en lo posible. Explicaron que como objetivo quieren perseguir en lo posible cifras mayores que dicha meta. Aunque no han sido expuestos el proceso de análisis en el planeamiento de un plan y los detallados datos de respaldo, de su explicación se supone que se ha ejecutado bajo un profundo análisis. La introducción de numerosas instalaciones de generación eléctrica diésel tipo generación distribuida hace que Cuba, tenga gran experiencia acumulada en la operación de redes con estas fuentes de generación distribuida. Los sistemas están altamente dispuestos a recibir energías renovables. Para lograr el 24% correspondiente de energías renovables, no hay casi ningún obstáculo técnico grande ni problema específico. Para lograr un valor más alto, será necesario más análisis para aumentar la capacidad disponible de las redes de recibir energías renovables.	B
9 Formación de recursos humanos	La formación de recursos humanos es una columna importante en el sector eléctrico. Tal como se ha mencionado en el Capítulo 9, los centros de educación y entrenamiento ubicados en La Habana y en cada Provincia ofrecen educación y entrenamiento sobre la energía eléctrica. Existen 72 aulas en el país e instalaciones de entrenamiento educativo que pueden asesorar a 2.350 personas. El CNCI (Centro Nacional de Certificación Industrial), afiliado al MINEM, da a los técnicos varias certificaciones técnicas y capacitaciones necesarias a tal efecto. El CNCI tiene una cooperación técnica con el Instituto de Alberta, Provincia de Quebec, Canadá. No se han observado problemas pendientes en la formación de recursos humanos en cuanto a la operación y mantenimiento de las instalaciones eléctricas existentes. La UNE desea formar recursos humanos técnicos para lograr una operación estable de las redes introduciendo al máximo las energías renovables.	A

Ítem	Situación	Evaluación
10 Riesgo intrínseco	<p>Con lo indicado anteriormente, no se observa ningún problema grande y latente. Sin embargo, como un riesgo intrínseco del sector eléctrico, se da la vulnerabilidad en la seguridad energética. Tal como se ha mencionado en la cláusula 2.3.1, de la totalidad de la electricidad generada en el año 2014 la generación con combustible fósil representa casi el 95%, en la cual el 37 % aproximadamente depende del petróleo importado.</p> <p>El problema es que el origen de la importación del petróleo está muy limitado. La causa de esto puede ser la cuestión de credibilidad en el pago. En caso de que quede atrasada la importación de petróleo de este limitado origen, se suspenderá la generación eléctrica para poder cubrir la demanda. Es una gran vulnerabilidad desde el punto de vista de la seguridad energética. La minimización de dicho riesgo es el mayor aspecto a abordar inmediatamente en el sector eléctrico.</p>	C
11 Administración	<p>Desde el punto de vista de la administración del servicio de suministro eléctrico de Cuba, es obvio que existen grandes temas pendientes.</p> <p>El 1^{er} tema es la falta de autonomía financiera del sector eléctrico cubano como servicio de suministro eléctrico. Desde el punto de vista de una empresa privada en una sociedad capitalista, tal como se ha mencionado en la cláusula 2.1.3, el sector de energía eléctrica tiene finanza completamente deficitaria. Sin embargo, según lo descrito en la cláusula 2.3.1, con las tarifas eléctricas establecidas, no es posible hacer el servicio rentable. El suministro de energía eléctrica a un costo bajo al pueblo es una política del Estado, por tanto, esto puede ser afirmado como un servicio estatal. No obstante, si se logra una autonomía financiera del sector eléctrico como una industria completa, seguro que contribuirá en gran medida a mejorar la eficiencia de la administración del servicio.</p> <p>El 2^o tema es el aseguramiento de recursos financieros para la implementación de planes elaborados para el futuro. Sobre todo el aseguramiento de divisas necesarias constituye un gran obstáculo en la implementación del servicio. Puesto que al país le faltan divisas, no es un problema limitado sólo en el sector de energía eléctrica. Al igual que muchos otros sectores industriales, el sector eléctrico es un sector industrial que no puede ganar divisas, por lo que es necesario minimizar en lo posible la salida de divisas en el aspecto tanto de la implementación como de la administración del servicio. En efecto, se puede decir que las políticas exhaustivas de ahorro de energía y el desarrollo de generación que aprovecha gases asociados a la extracción del petróleo, que son recursos nacionales, que el gobierno cubano viene llevando adelante para solucionar estos problemas.</p>	C

Fuente: Elaborado por la Misión de JICA

Según lo indicado en la Tabla 10.1-1, se ha observado que existen grandes problemas pendientes en el sector eléctrico en Cuba desde el punto de vista de riesgos intrínsecos y administración del servicio.

La Figura. 10.1-2 presenta de forma resumida aclarando dichos problemas verificados como problemas a emprender.



Fuente: Elaborado por la Misión de JICA

Figura 10.1-2 Problemas pendientes a emprender

1) “Minimización del consumo de combustibles importados en el sector de energía eléctrica” significa minimizar el riesgo intrínseco, es decir, la vulnerabilidad energética. Asimismo es necesario para

minimizar la salida de divisas del sector eléctrico. La minimización del consumo de los combustibles importados es un tema a abordar de manera inmediata y prioritaria.

2) “Maximización del uso de energías renovables” es una medida para atender al problema 1, pero tratándose de un tema grande, se ha puesto como un problema independiente. Las fuentes de energías primarias en el país cuyo desarrollo presenta la menor incertidumbre son las energías renovables. En el mar noroeste de la isla de Cuba se concentran la exploración de petróleo submarino en Cuba, sin embargo es altamente incierto su éxito. Tal como se ha mencionado en los Capítulos 2 y 7, el gobierno cubano tiene la política de cubrir el 24% de toda la electricidad generada antes de 2030. Este 24% es el nivel mínimo a lograr.

3) “Mejoramiento de las condiciones financieras del sector de energía eléctrica” puede ser el problema más difícil. Si no se cambia la política, no será posible adoptar el indicador de rentabilización del servicio. Hay que abordar este problema con el lineamiento de minimizar los gastos y maximizar el ingreso.

4) El Aseguramiento de los recursos financieros para la implementación del servicio es un gran tema, tal como se ha descrito en la Tabla 10.1-1. Sobre todo, es importante asegurar divisas. El ensamblaje nacional de módulos fotovoltaicos y cocina de inducción es señal de los esfuerzos del país para reducir al mínimo posible la salida de divisas en los proyectos planeados.

10.2 Medidas de solución

Las medidas de solución de los problemas antes mencionados se presentan en la Tabla 10.2-1.

Tabla 10.2-1 Medidas de solución de los problemas en el sector de energía eléctrica en Cuba

No.	Problemas	Medidas de solución	
1	Minimización del consumo de combustibles importados en el sector de energía eléctrica	1A	Mejorar la eficiencia de las centrales alimentadas a combustibles importados
		1B	Desarrollo de recursos energéticos nacionales
2	Maximización del uso de energías renovables	2A	Introducción de tecnología de equilibrio de demanda y oferta
		2A1	Tecnología de red inteligente
		2A2	Baterías con capacidad reguladora de 30 minutos
		2A3	Inversor con capacidad reguladora de potencia
		2A4	Modernización del sistema de observación meteorológica
		2B	Introducción de tecnología de acumulación energética
		2B1	Generación eléctrica con bombeo
		2B2	Generación hidroeléctrica con capacidad reguladora de potencia de variación diurna
		2B3	Baterías con capacidad reguladora de 24 horas
		2B4	Nueva tecnología de acumulación energética
		2C	Desarrollo de fuentes eléctricas con energías renovables
		2C1	Energía solar, eólica, biomasa e hidráulica
		2D	Reforma sistemática en el sector agrícola (Atención a biomasa)
3	Mejoramiento de las condiciones financieras del sector de energía eléctrica	3A	Mejoramiento de la eficiencia de la administración del servicio de suministro eléctrico
		3B	Mejoramiento de la eficiencia del lado de la demanda
		3B1	Fomento del ahorro de energía
		3C	Mejoramiento de la eficiencia del sistema de energía eléctrica
		3C1	Reducción de pérdidas en la generación, transmisión, distribución y transformación eléctrica
		3C2	Aplanamiento de la variación de carga diaria
		3D	Fomento de venta de energía eléctrica al sector industrial
4	Obtención segura de divisas para la realización de proyectos	4A	Aumento de divisas obtenidas en todo el país
		4B	Lograr la entrada positiva con la entrada y salida de divisas en la implementación de proyecto
		4C	Minimización de la parte correspondiente a divisas en la implementación de proyecto
		4D	Implementación de proyecto por empresas privadas extranjeras

Fuente: Elaborado por la Misión de JICA

(1) Solución al Problema 1 (Minimización del consumo de combustibles importados en el sector de energía eléctrica)

Para el Problema 1 se proponen dos soluciones.

- ♦ 1A: Mejorar la eficiencia de las centrales alimentadas a combustibles importados
- ♦ 1B: Desarrollo de recursos energéticos nacionales

El contenido concreto de 1B es, tal como se ha descrito antes, el desarrollo de energías renovables. Otras medidas 4B1, 4C1 y 4C2 tienen también efectos, pero son más contribuyentes al problema 4, han sido clasificadas según la tabla de arriba.

Al mejorar la eficiencia de las centrales alimentadas a con combustibles importados (1A) se puede producir la misma cantidad de energía eléctrica con menor consumo de combustible, lo que se traduce en la reducción de combustibles importados.

Para el desarrollo de recursos energéticos nacionales, además de las energías renovables, es importante seguir desarrollando la exploración y producción de yacimientos submarinos en la costa noroeste de Cuba, aunque la incertidumbre por el éxito es aún alta como se indicó anteriormente.

(2) Solución al Problema 2 (Maximización del uso de energías renovables)

Para el Problema 2 se proponen las 4 siguientes soluciones.

- ♦ 2A: Introducción de tecnología de equilibrio de demanda y oferta
- ♦ 2B: Introducción de tecnología de acumulación energética
- ♦ 2C: Desarrollo de fuentes eléctricas con energías renovables
- ♦ 2D: Reforma sistemática en el sector agrícola (Atención a biomasa)

Es más importante la Introducción de tecnología de equilibrio de demanda y oferta de la red (2A) y de acumulación energética (2B) que permita el desarrollo de fuentes eléctricas con energías renovables (2C). Cuando se logre introducir firmemente las tecnologías de 2A y 2B en la red de energía eléctrica cubana, se hará viable 2C simplemente con disponibilidad de financiamientos para el desarrollo. Sin embargo, sobre la generación eléctrica alimentada con biomasa, será necesaria una reforma sistemática en el sector agrícola que permita estimular a los agricultores a aumentar la disponibilidad de la materia prima necesaria.

Para lograr el equilibrio de la demanda y la oferta (2A), la tecnología de red inteligente (2A1) es la tecnología más avanzada y que se convertiría en el estándar en el futuro. Consiste en monitorear en tiempo real tanto la oferta como la demanda y controlar para lograr su equilibrio.

Las baterías con capacidad reguladora de 30 minutos (2A2) podrían ser implementadas en las plantas eléctricas de diésel. Es un sistema que responde a la fluctuación repentina de la carga que no puede ser atendida solo con el control de las unidades de generadoras de diésel, así como a la fluctuación repentina de la potencia de la generación solar fotovoltaica o eólica.

El inversor con capacidad reguladora de potencia (2A3) es un tipo de inversor para la generación solar fotovoltaica que Japón está desarrollando en los últimos años. Es un inversor capaz de regular la potencia respondiendo a la exigencia del sistema eléctrico conectado. En virtud de que los precios de los módulos fotovoltaicos han bajado rápidamente en los últimos ocho años, se están conectando más módulos con inversores con capacidad de regulación el rango de regulación de potencia de la generación solar fotovoltaica con este tipo de inversor se ampliará aun más ampliado.

La modernización del sistema de observación meteorológica (2A4) consiste en predecir con mayor exactitud la potencia generada con las diferentes fuentes de energía renovable. Sería posible predecir más precisamente cuánta electricidad se puede generar si se conoce la radiación solar y las condiciones de vientos con mayor exactitud. Este sistema permitirá emitir la orden de potencia a generar a las plantas generadoras de diésel, contribuyendo consecuentemente a lograr el equilibrio entre la oferta y demanda del sistema eléctrico.

Como tecnología de acumulación energética (2B) se propone introducir la tecnología de generación eléctrica con bombeo (2B1). Japón ha venido desarrollando la tecnología de generación eléctrica con bombeo combinándola con las plantas nucleares. Sin embargo, en los últimos años se está desarrollando la misma tecnología para aplicarla a la energía renovable. Es una tecnología desarrollada y aplicada desde varias décadas atrás para almacenar gran cantidad de energía, y es más económico que las baterías por su vida útil más larga. Por ejemplo, una opción es implementar gran cantidad de instalaciones de generación solar fotovoltaica, almacenar la energía eléctrica excedente en las centrales eléctricas con bombeo en las horas diurnas para utilizarlas en las horas pico de noche.

La generación hidroeléctrica con capacidad reguladora de potencia de variación diurna (2B2) se refiere a las centrales hidroeléctricas con pequeño embalse que puede regular la potencia de variación diurna. Se podría utilizar este tipo de planta solo durante las horas de máxima demanda de un día. Dado que la generación hidroeléctrica puede responder rápida y precisamente a la regulación de la potencia, constituye una opción para resolver la inestabilidad de la generación fotovoltaica o eólica.

Para las baterías con capacidad reguladora de 24 horas (2B3), se está pensando en las grandes baterías de varias decenas de MW. Ya se tienen experiencias con las baterías Na-S. Su función es igual a la generación hidroeléctrica antes mencionada, es decir, el uso del excedente de la electricidad generada y la inestabilidad de las fuentes de energía renovable.

La nueva tecnología de acumulación energética (2B4) se encuentra aún en la fase de desarrollo e incluye las pilas de combustible con el uso de magnesio o hidrógeno. Concretamente consiste en la tecnología para almacenar la energía con el uso de magnesio o hidrógeno. Además, es posible que sean desarrolladas otras tecnologías, como por ejemplo, la de almacenar la energía con el uso de aire comprimido.

El desarrollo de fuentes eléctricas con energías renovables (2C) consiste en desarrollar las fuentes de energía solar fotovoltaica, eólica, de biomasa e hidroeléctrica (2C1). Ya existen las tecnologías para cada una de estas fuentes, y como se indicó anteriormente, pueden ser implementadas una vez se dispongan los recursos necesarios.

La reforma sistemática en el sector agrícola (2D) consiste en fomentar la generación eléctrica por biomasa. Al visitar los ingenios azucareros se ha visto que bajo el sistema actual, pocos productores que trabajan en ellos sienten motivación por trabajar más. Los ingenios están rodeados de grandes plantaciones, y los productores locales plantan las cañas de azúcar y las entregan a los ingenios. Bajo el régimen socialista, los productores pertenecen a las cooperativas azucareras y obtienen un determinado ingreso. La generación eléctrica con biomasa consiste en quemar el bagazo de caña, y por lo general la disponibilidad de bagazo para la generación eléctrica cubre aproximadamente la mitad del año. El plan de generación eléctrica propone aprovechar otras plantas (como por ejemplo, marabú) para poder generar electricidad a lo largo del año. Sin embargo, los productores parecen no estar interesados en colaborar con este plan. Más bien, su reacción ha sido negativa. Esto es porque al pertenecer a las cooperativas azucareras, los productores tienen asegurado un determinado nivel de ingreso, y no quieren trabajar más de lo necesario. Es necesario aplicar algún tipo de incentivos, como por ejemplo, el aumento de ingreso al trabajar más, lo cual requiere reformar el sistema vigente.

(3) Solución al Problema 3 (Mejoramiento de las condiciones financieras del sector de energía eléctrica)

Para el Problema 3 se proponen las 4 siguientes soluciones.

- ♦ 3A: Mejoramiento de la eficiencia de la administración del servicio de suministro eléctrico
- ♦ 3B: Mejoramiento de la eficiencia del lado de la demanda
- ♦ 3C: Mejoramiento de la eficiencia del sistema de energía eléctrica
- ♦ 3D: Fomento de venta de energía eléctrica al sector industrial

El mejoramiento de la eficiencia de la administración del servicio de suministro eléctrico (3A) plantea lograr mayor eficiencia en la gestión empresarial en general. Si bien es cierto que la UNE es una organización muy grande, su segmentación en varios grupos para mejorar la autonomía de muchas de sus empresas se basa en el planteamiento de lograr eficiencia en la gestión empresarial. Es necesario mejorar su gestión para lograr mejorar aún más su eficiencia.

El mejoramiento de la eficiencia del lado de la demanda (3B) y el fomento del ahorro de energía (3B1) plantean mejorar las finanzas del sector energético en su conjunto, tal como se indicó anteriormente. El ahorro de energía generará grandes beneficios por la venta de electricidad con mínima inversión.

La reducción de pérdidas en la generación, transmisión, distribución y transformación eléctrica (3C1) es la medida más importante para lograr el mejoramiento de la eficiencia del sistema de energía eléctrica (3C). Aún queda mucho por reducir las pérdidas de energía en las fases de generación, transmisión y distribución en Cuba. También es cierto que la UNE está invirtiendo esfuerzos para reducir estas pérdidas.

El aplanamiento de la variación de la curva de carga diaria en 3C2 permite reducir tanto el costo de inversión inicial como el costo administrativo. Puesto que la capacidad instalada de las unidades de suministro eléctrico se diseña teniendo en cuenta la demanda pico, si se logra bajar la demanda pico, se puede reducir el costo de inversión inicial. Además, las centrales termoelectricas incluyendo los generadores diésel, tienen muy baja la eficiencia de generación eléctrica en el momento de carga baja. Al elevar la parte más baja de la variación de la carga diurna, se puede mejorar la eficiencia de la generación eléctrica y reducir el costo administrativo.

El fomento de venta de energía eléctrica al sector industrial (3D) es un planteamiento que responde a las tarifas diferenciadas entre los demandantes generales e industriales. Las tarifas eléctricas para los demandantes industriales están establecidas de manera que la Unión Eléctrica (UNE) obtenga ganancia. Por consiguiente, el aumento de la venta de energía eléctrica al sector industrial conduce directamente al mejoramiento financiero del sector de energía eléctrica. En Cuba el turismo es la principal industria.

(4) Solución al Problema 4 (Obtención segura de divisas para la realización de proyectos)

Para el Problema 4 se proponen las 4 siguientes soluciones.

- ♦ 4A: Aumento de divisas obtenidas en todo el país
- ♦ 4B: Lograr la entrada positiva con la entrada y salida de divisas en la implementación de proyecto
- ♦ 4C: Minimización de la parte correspondiente a divisas en la implementación de proyecto
- ♦ 4D: Implementación de proyecto por empresas privadas extranjeras

Para el problema 4 se dan 4 medidas de solución. Al considerar los recursos para implementar un proyecto dividiéndolos en un préstamo y una inversión, 4A, 4B y 4C son las medidas principalmente para asegurar crédito. Por ejemplo, en caso de un préstamo en Yen, si no se garantizan divisas para el reembolso, no es posible obtener un crédito. 4D consiste en fomentar la participación de empresas privadas extranjeras para asegurar fondos de inversión. Al aumentar las divisas obtenidas en todo el país (4A) va a ser más fácil obtener la moneda extranjera para materializar los planes también en el sector de electricidad que actualmente no está generando divisas. Entre los sectores potencialmente generadores de divisas se mencionan el turismo, la industria azucarera, la producción de ron, tabaco, etc.

La mejora de la eficiencia de las plantas de generación eléctrica utilizando el combustible nacional es un buen ejemplo de lograr la entrada positiva en el flujo de divisas mediante la implementación de proyectos (4B). Es decir, se trata de un caso en que se realice una reparación de plantas de generación eléctrica existentes para mejorar la eficiencia de las plantas que consumen combustibles importados. Como consecuencia, si se reduce el consumo de combustibles en dichas plantas y la parte correspondiente a dicha reducción (reducción del costo de adquisición de combustibles importados) sobrepasa la parte correspondiente a divisas en el costo de la obra de reparación, las divisas cuya salida sea evitada, serían consideradas relativamente como divisas entradas.

La minimización de divisas en 4C: implementación de proyectos, se refiere al uso prioritario de los recursos nacionales y a la fabricación industrial propia, que es una dirección a seguir generalmente

cualquier país. El sector eléctrico en Cuba aprovecha al máximo los recursos petroleros nacionales para la generación eléctrica. La política de construir dentro de Cuba las plantas de ensamblaje de las cocinas de inducción, módulos de PV, etc. corresponde a este planteamiento. Como es de suponer, esta política contribuye también a generar más oportunidades de empleo.

La implementación de proyectos por empresas privadas extranjeras (4D) tiene como intención atraer la inversión privada para financiar los proyectos. En esta modalidad se materializó el proyecto de la central de ciclo combinado con gas utilizando como combustible el gas asociado con la extracción del petróleo por el consorcio IPP ENERGAS conformado con la empresa privada canadiense.

10.3 Tecnología japonesa ventajosa

Ante el análisis de tecnología japonesa ventajosa como medida de solución de los Problemas, primero fue eliminado del objeto del análisis el Problema 4 (aseguramiento de fondos para realizar proyectos), ya que tiene pocos factores técnicos.

La Tabla 10.3-1 presenta las tecnologías japonesas que puedan ser aplicables como medidas de solución a los Problemas de 1 a 3 y que sean evaluadas por su nivel ventajoso.

Tabla 10.3-1 Tecnología japonesa ventajosa

Medidas de solución		Tecnologías japonesas ventajosas
1A	Mejorar la eficiencia de las centrales alimentadas a combustibles importados	Centrales termoeléctricas y generadores eléctricos diésel de alta eficiencia
2A	Introducción de tecnología de equilibrio de demanda y oferta	
2A1	Tecnología de red inteligente	Tecnología de red inteligente
2A2	Baterías con capacidad reguladora de 30 minutos	Nuevas baterías y condensadores de ion-litio
2A3	Inversor con capacidad reguladora de potencia	Inversor con capacidad reguladora de potencia
2A4	Modernización del sistema de observación meteorológica	Sistema de observación meteorológica
2B	Introducción de tecnología de acumulación energética	
2B1	Generación eléctrica con bombeo	Generación eléctrica con bombeo de velocidad ajustable
2B3	Baterías con capacidad reguladora de 24 horas	Batería de NA-S(de gran capacidad)
2B4	Nueva tecnología de acumulación energética	Pilas de combustible de magnesio e hidrógeno
2C	Desarrollo de fuentes eléctricas con energías renovables	
2C1	Energía solar, eólica, biomasa e hidráulica	Generadores alimentados a energía solar, eólica, biomasa e hidráulica
3B	Mejoramiento de la eficiencia del lado de la demanda	
3B1	Fomento del ahorro de energía	Tecnología de ahorro de energía en el acondicionamiento de aire y sistemas de bombeo
3C	Mejoramiento de la eficiencia del sistema de energía eléctrica	
3C1	Reducción de pérdidas en la generación, transmisión, distribución y transformación eléctrica	Líneas eléctricas de baja pérdida, centrales termoeléctricas y generadores eléctricos diésel de alta eficiencia
3C2	Aplanamiento de la variación de carga diaria	Generación eléctrica con bombeo de velocidad ajustable y batería de NA-S(de gran capacidad)

Fuente: Elaborado por la Misión de JICA

La ventaja de la tecnología japonesa por lo general está en alto rendimiento y eficiencia. En la comparación con los productos o tecnologías de otros países, aquellos productos o tecnologías no susceptibles a una simple competencia de precios llevan ventaja a los de otros países.

(1) Centrales termoeléctricas y generadores eléctricos diésel de alta eficiencia

Son tecnologías en que son fuertes empresas japonesas. En cuanto a la eficiencia, productos japoneses son uno de los mejores del mundo y tienen ventaja para los temas pendientes del sector eléctrico cubano de minimizar el consumo de combustibles importados.

(2) Tecnología de red inteligente

Es una tecnología que viene desarrollándose en los últimos años y consiste en la medición, procesamiento de datos y control. Muchas empresas japonesas también la están llevando adelante. Es un sector cuya expansión progresiva se espera de ahora en adelante y empresas japonesas muestran alto interés en su desarrollo. En comparación con países de Europa y América del Norte, Japón está atrasado en la introducción de medidor inteligente, sin embargo, por su alto nivel de tecnología básica, una vez determinada la dirección del mercado a seguir, el desarrollo se avanza rápidamente. Desde que fue establecido el sistema de tarifas reguladas (FIT) de energías renovables en julio de 2012, la introducción de energías renovables que hasta entonces llevaba gran atraso en relación con Europa, viene igualándose o más actualmente. Es evidente que la liberalización del mercado eléctrico japonés que empieza en abril de 2016, acelerará en gran medida el desarrollo de la tecnología de red inteligente en general en Japón con la misma rapidez. Se prevé que mejora la ventaja técnica de Japón también en la tecnología de red inteligente en general.

(3) Nuevas baterías y condensadores de ion-litio

La batería de ion-Litio es una representativa de las últimas baterías de alto rendimiento. Debido al seguimiento de empresas de otros países, viene bajando la ventaja de productos japoneses sobre todo en el precio, pero sigue alta la ventaja en el aspecto técnico. Muchas empresas japonesas están avanzando el desarrollo de nuevas baterías. Condensador es una tecnología de almacenamiento de energía, con característica de recarga y descarga rápida y longevidad. Permite absorber la variación de la demanda y oferta en las redes eléctricas y puede contribuir a la estabilización de redes.

(4) Inversor con capacidad reguladora de potencia

Es una tecnología que aun en Japón todavía no está muy difundida, pero se prevé su difusión de ahora en adelante para la estabilización de redes. En Japón se ha comenzado controlar las redes de energías renovables por día u hora con el fin de lograr una operación estable de las redes eléctricas. Los productores independientes de electricidad (IPP) con la intención de vender mayor cantidad de energía eléctrica, tienen necesidad de controlar la potencia al mínimo posible para estabilizar las redes. Ahora que para una demanda pico de 150 millones de kW en todo Japón están autorizadas las conexiones de energías renovables de más 85 millones de kW en noviembre de 2015, aumentará aún más la necesidad de controlar la potencia de energías renovables para mantener estables las redes. De ahora en adelante, se prevé que el desarrollo de esta tecnología avanzará progresivamente.

(5) Sistema de observación meteorológica

Es una tecnología en que tiene ventaja Japón y que comprende las tecnologías de radar, tecnologías de comunicación, procesamiento de datos y programas de observación meteorológica

(6) Generación eléctrica con bombeo de velocidad ajustable

La generación eléctrica por bombeo es una tecnología utilizada desde antiguo para el almacenamiento de electricidad. La unidad de generación eléctrica con bombeo de velocidad ajustable es un producto desarrollado a base de una acumulación de avanzadas tecnologías, por lo que no es una tecnología susceptible a simple competencia de precios sino que da ventaja a productos japoneses.

(7) Batería de NA-S (de gran capacidad)

Se puede decir que la batería de sodio-sulfuro es la única batería adoptada en la operación comercial como batería de gran capacidad (más de decenas de MW) que se introduce en un sistema eléctrico y es una tecnología en que Japón tiene ventaja.

(8) Pilas de combustible de magnesio e hidrógeno

Ambas están es una etapa de futura tecnología, pero existen ya sus productos. Es una tecnología prometedora para almacenar energías renovables.

(9) Generadores alimentados a energía solar, eólica, biomasa e hidráulica

Sobre cada unidad, los productos japoneses son de alta calidad y tienen tecnología ventajosa.

(10) Líneas eléctricas de baja pérdida, centrales termoeléctricas y generadores eléctricos diésel de alta eficiencia

La línea eléctrica de baja pérdida tiene efecto en la reducción de pérdidas en la línea de transmisión eléctrica y es una tecnología introducida fuera de Japón. Las centrales de generación termoeléctrica y generadores eléctricos diésel de alta eficiencia son, según lo indicado en (1) anterior, la tecnología en que Japón es fuerte.

(11) Generación eléctrica con bombeo de velocidad ajustable y batería de NA-S (de gran capacidad)

Tal como se ha descrito en (6) y (7) anteriores, son tecnologías en que Japón tiene ventaja.

Capítulo 11. Proyectos candidatos de la cooperación japonesa

Teniendo en cuenta la información recolectada del sector de energía eléctrica cubana y su análisis, se proponen en la Tabla 11-1 los proyectos candidatos de la cooperación japonesa a corto plazo (dentro de 1 ó 2 años), a mediano plazo (en los 5 próximos años) y a largo plazo (en el futuro).

Tabla 11-1 Proyectos candidatos de la cooperación japonesa

No.	Proyectos candidatos de la cooperación japonesa	Modalidad
A corto plazo		
1	Estudio de Plan Maestro en el sector de energía eléctrica	Cooperación técnica
2	Introducción de red inteligente (con las baterías incluidas)	Cooperación financiera no reembolsable
A mediano plazo		
3	Introducción de generación eléctrica con bombeo a velocidad variable o batería de gran capacidad (batería NA-S, entre otros)	Préstamo en Yen
4	Generación solar fotovoltaica (fabricación local de módulo fotovoltaico y mejoramiento de la productividad)	Préstamo en Yen / Cooperación técnica
5	Fortalecimiento del sistema de observación meteorológica	Préstamo en Yen
6	Renovación de centrales termoeléctricas y generadores eléctricos diésel existentes	Préstamo en Yen
A largo plazo		
7	Introducción de sistema energético de magnesio	
8	Introducción de generación eléctrica binaria alimentada a biomasa	

Fuente: Elaborado por la Misión de JICA

Para los proyectos a corto y mediano plazo se han mostrado las supuestas modalidades de asistencia.

(A corto plazo)

(1) Estudio de plan maestro del sector eléctrico

Como asistencia a corto plazo fue citado primero el estudio de plan maestro del sector eléctrico.

En febrero de 2016, lo que más llama la atención en el ambiente que rodea el sector eléctrico cubano es la inestabilización del limitado origen de importación de petróleo. Está asumiendo realidad la ocurrencia de una repentina suspensión de la importación de petróleo. En los combustibles de generación eléctrica en 2014 el petróleo importado representa el 33 % aproximadamente y es necesario sustituirlo urgentemente por otra energía primaria. Lo fundamental es analizar una composición de energía primaria que sea sustituible en corto tiempo por el petróleo importado actualmente y que sea económica a largo plazo, por ejemplo, la importación de gas natural licuado. Ante tal circunstancia, el orden de prioridad de los temas a abordar, indicados en la Figura 10.1-2, es (1) la minimización del consumo de combustibles importados en el sector eléctrico y (2) la maximización del uso de energías renovables, que es una medida concreta y realista para lograr (1).

Por consiguiente, los objetivos del estudio de plan maestro se resumen a continuación.

- ♦ Análisis de futura composición de energía primaria incluyendo la importación de nuevo combustible fósil.
- ♦ Elaboración de un plan de acciones para lograr la maximización del uso de energías renovables.

Las medidas de solución para la maximización del uso de energías renovables son las siguientes, según lo presentado en la Tabla 10.2-1.

- ♦ Introducción de tecnología para equilibrar la demanda y la oferta
- ♦ Introducción de tecnología para almacenar energías

- ♦ Desarrollo de fuente energética mediante energías renovables
- ♦ Reforma sistemática en el sector agrario (adaptación a biomasa)

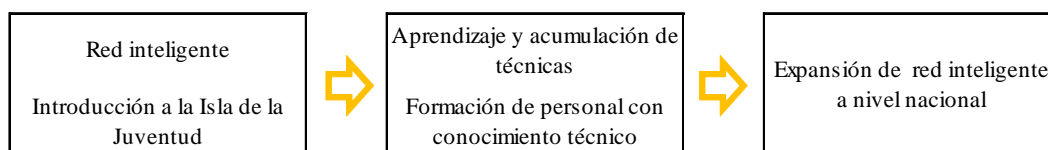
El centro del estudio de plan maestro será los estudios y la elaboración de plan de acciones para realizar las medidas arriba mencionadas. Lo más importante en las medidas de solución es la introducción de tecnologías para equilibrar la demanda y la oferta y para almacenar energías. Respecto a ambas tecnologías, de la generación hidroeléctrica tipo represa y de la generación eléctrica con bombeo, no fue posible obtener suficiente información en el presente Estudio desde el punto de vista de potencial. Los estudios de potencial hidráulica por lo general suelen requerir gran cantidad de trabajo, por lo que puede ser una de las columnas del estudio de plan maestro.

(2) Introducción de red inteligente (con batería incluida)

Se proponen como proyectos de cooperación financiera no reembolsable, la introducción de red inteligente (con batería incluida). Respecto a la introducción de red inteligente, en el periodo del estudio de la Misión, el gobierno cubano le comunicó el deseo de introducirla bajo una cooperación financiera no reembolsable. El área objeto de la introducción es la Isla de la Juventud.

Tal como se ha mencionado anteriormente, la red inteligente es una tecnología indispensable para equilibrar la demanda y la oferta y administrar las redes de manera estable ante la introducción de gran cantidad de energías renovables inestables en las redes eléctricas.

Para introducir la red inteligente en todo el país, la Unión Eléctrica (UNE) tiene planeado introducirla primero en la Isla de la Juventud. En este plan se aprende y acumula la tecnología y se capacitan los funcionarios para preparar una difusión a nivel nacional. El plan de la UNE se presenta en la Figura 11-1.



Fuente: Elaborado por la Misión de JICA de acuerdo con la información obtenida de la UNE.

Figura 11-1 Plan de introducción de red inteligente a nivel nacional

El estado del suministro eléctrico en la Isla de la Juventud se presenta en A5-3. Aunque está instalado el sistema SCADA (monitoreo y control a distancia) exclusivo en las centrales con motor diésel, no existe un sistema que permita monitorear y controlar a distancia y en forma integrada las 5 centrales con motor diésel y las instalaciones de generación eléctrica alimentada a energías renovables como la energía solar. Por consiguiente, el sistema de red inteligente a introducir tendrá las siguientes funciones principales.

- ♦ Función de monitoreo y control centralizado de todas las centrales en la isla
- ♦ Función de monitoreo (y control) centralizado de las subestaciones y grandes usuarios en la isla
- ♦ Función de control para equilibrar la demanda y la oferta (programa)
- ♦ Sala de monitoreo y control centralizado (edificio)
- ♦ Batería para estabilizar las redes (10 MWh)

Para determinar la capacidad de batería, se requiere estudiar suficientemente el estado real del ajuste de demanda y oferta y los planes de introducción de energías renovables. El resultado dependerá mucho del lineamiento de la operación que determine la parte del suministro eléctrico a cubrir por la batería. La Tabla 11-2 da una alternativa para suponer y calcular la capacidad de batería tomando como referencia el recorte de pico en las horas de la demanda pico y la estabilización de las redes en el momento de la repentina alteración de la potencia de energías renovables.

Tabla 11-2 Cálculo de la capacidad de batería del sistema de red inteligente

Recorte de pico en las horas de la demanda pico	
(Supuesto)	
Potencia del suministro eléctrico de la batería en las horas pico:	5 MW
Duración del suministro eléctrico de la batería en las horas pico:	1 hora
(La demanda pico se presenta 3 veces/ día y la recarga se hace fuera de las horas pico.)	
Capacidad de batería para el recorte de pico:	5MWh ... (A)
Estabilización de redes en el momento de repentina alteración de la potencia de energías renovables	
(Supuesto)	
Potencia del suministro eléctrico de la batería en el momento de repentina alteración de la potencia de energías renovables :	5 MW
Total de las alteraciones repentinas de la potencia/ día:	1 hora
Capacidad de la batería para la repentina alteración de la potencia de energías renovables:	5 MWh ... (B)
Total capacidad de batería:	10 MWh ... (A+B)

Fuente: Elaborado por la Misión de JICA

(A mediano plazo)

(3) Introducción de generación eléctrica con bombeo a velocidad variable o batería de gran capacidad (batería NA-S, entre otros)

En cuanto a la asistencia a mediano plazo, con el fin de aumentar en gran medida la recepción de energías renovables en las redes eléctricas en Cuba, fue citada primero como tecnología de almacenamiento energético, la introducción de generación eléctrica con bombeo a velocidad variable bajo un préstamo en Yen. Es porque la generación eléctrica con bombeo a velocidad variable como tecnología de almacenamiento energético de gran cantidad, tiene largos años de uso comprobado, mayor vida útil y economía que batería. Además, se puede decir que es una tecnología en que Japón tiene ventaja.

No obstante, es necesario verificar la potencial de la generación eléctrica con bombeo a velocidad variable en el estudio de plan maestro. Si resulta que no hay potencial de generación eléctrica con bombeo a velocidad variable y es difícil su desarrollo, se introducirá una batería de gran cantidad como tecnología de almacenamiento energético. Por el momento, un candidato prometedor es la batería NA-S que tiene uso comprobado como batería de gran cantidad para instalaciones eléctricas.

(4) Generación solar fotovoltaica (producción local de panel solar y mejoramiento de la productividad)

Como segundo candidato de la asistencia a mediano plazo se propone la implementación de generación fotovoltaica bajo la modalidad de préstamo en Yen. En ese caso, la producción de panel solar se hará en la planta de paneles solares fotovoltaicos en Cuba. Para mejorar la capacidad productiva de dicha planta se propone dar conjuntamente una cooperación técnica japonesa.

(5) Fortalecimiento del sistema de observación meteorológica

Como tercer candidato de la asistencia a mediano plazo se propone la implementación de fortalecimiento del sistema de observación meteorológica bajo la modalidad de préstamo en Yen. Para mantener la operación estable de las redes eléctricas aumentando la recepción de energías renovables, es importante realizar con mayor precisión el pronóstico de la cantidad de la generación eléctrica mediante energías renovables inestables. Si se fortalece el sistema de observación meteorológica y aumenta el nivel de precisión de pronóstico, se logrará pronosticar con mayor precisión la cantidad de generación eléctrica mediante energía solar o eólica. Tal como se ha mencionado antes, Japón tiene alta tecnología en el sistema de observación meteorológica.

(6) Renovación de centrales termoeléctricas y unidades generadoras con motor diésel existentes

Como cuarto candidato de la asistencia a mediano plazo se propone la renovación de centrales termoeléctricas o unidades generadoras con motor diésel existentes bajo la modalidad de préstamo en Yen.

Tal como se ha descrito en la cláusula 3.4.2, existe un plan de desarrollo de nueva central termoeléctrica de 1.000 MW, que se implementará en 2016. A parte de esto, no hay otros planes de nuevo desarrollo incluyendo unidades generadoras con motor diésel y pero está planeado fomentar la introducción de energías renovables. No obstante, no es posible ampliar de una vez la introducción de energías renovables, por lo que será necesario renovar centrales termoeléctricas o generadores eléctricos diésel existentes.

Sobre todo, las unidades generadoras con motor diésel tienen una vida útil entre 15 y 20 años, por tanto se prevé que para 2020 se empezarán las preparativas de renovación de los generadores introducidos alrededor de 2006. Los generadores eléctricos diésel de Japón son altamente eficientes y adaptables al tema pendiente del sector eléctrico cubano de minimizar el consumo de combustibles importados, por lo que se puede decir que tiene ventaja.

(A largo plazo)

Para la asistencia a largo plazo, se han supuesto tecnologías japonesas que sean ventajosas a partir de 2025 con el futuro desarrollo técnico y puedan ser introducidas antes de 2035.

(7) Introducción de sistema energético de magnesio

Actualmente el sistema energético de magnesio es un simple producto de batería de magnesio para el caso de desastres, pero en 2025 se prevé que será altamente avanzado su desarrollo técnico. El magnesio se contiene en gran cantidad en el agua del mar y no hay problema de distribución desigual de recursos como el litio. Se está avanzando el desarrollo técnico de extracción de magnesio del agua del mar. Puesto que Japón se adelanta en el desarrollo y tiene ventaja, se propone como candidato de proyecto a largo plazo.

(8) Introducción de generación eléctrica con ciclo binario alimentada a biomasa

En Japón, acaba de empezar la introducción de la generación eléctrica con ciclo binario para la generación geotérmica de pequeña magnitud aprovechando aguas termales y se prevé que de ahora en adelante irá avanzando la difusión. Es una tecnología que requiere alto nivel técnico y de control de calidad y en que Japón tendrá mayor ventaja en el futuro. Como combustibles se proponen plantas combustibles como Marabú, y no bagazo.

La generación eléctrica alimentada a biogás, proyectada en Cuba, tiene adoptado bagazo como combustible y las instalaciones generadoras son pequeñas unidades termoeléctricas. El ejecutor del servicio de generación eléctrica es el grupo azucarero (AZCUBA) y continuará la tendencia de determinar la introducción de instalaciones dando prioridad al precio.

Por otra parte, debido a que el periodo del uso de bagazo está limitado, existe plan de generación eléctrica con el uso de planta combustible como Marabú. Esta planta es autógena y abundante en todo el país, sin embargo, no hay concentración de combustible como el caso de bagazo en que las cañas de azúcar se recolectan en los centrales azucareros y sus desperdicios que son bagazo, se acumulan en los centrales. Razón por la cual, para la generación eléctrica alimentada a planta combustible como Marabú, se puede adoptar una forma pequeña y dispersa con introducción de mucha cantidad. En ese caso, para lograr una economía, no se puede invertir muchos recursos humanos en la operación y mantenimiento de las instalaciones. Lo ideal sería instalaciones sin necesidad de mantenimiento. Las instalaciones de

generación eléctrica con ciclo binario, en comparación con las instalaciones termoeléctrica en general, casi no necesitan mantenimiento, lo que es una ventaja para la introducción y se propone como candidato de proyecto de cooperación.

Adjunto A2-1

Sistema tarifario eléctrico no residencial

TARIFF ELECTRICAL SYSTEM FOR NON RESIDENTIAL SECTOR							
No.	Kind of consumers	Tariff	Specifications	Fixed price per Contracted Demand in the peak (kW)	Changeable electricity prices depending on the hour (\$/kWh)		
					Peak (17:00-21:00 hours)	Day (05:00-17:00 hours)	Early morning (21:00-05:00 hours)
1	Industrial	A-1	High tension (110 or 220 kV) consumers with continuum activity >= 20 daily hours	\$6.00 monthly for kW of contracted demand in the peak hours	(0,048\$/kWh *K +0,0342\$/kWh)* kWh of day consumption	(0,024\$/kWh *K +0,0342\$/kWh)* kWh of day consumption	(0,016\$/kWh *K +0,0342\$/kWh)* kWh of early morning consumption
2		A-2	High tension (110 or 220 kV) for cogenerators		(0,048\$/kWh *K +0,0466\$/kWh)* kWh of day consumption	(0,024\$/kWh *K +0,0466\$/kWh)* kWh of day consumption	(0,016\$/kWh *K +0,0466\$/kWh)* kWh of early morning consumption
3	Industrial and Commercial	M1-A	Middle tension consumers with installed meter of triple registers.	\$7.00 monthly for kW of contracted demand in the peak hours	(0,0481\$/kWh *K +0,064\$/kWh)* kWh of day consumption	(0,0241\$/kWh *K +0,064\$/kWh)* kWh of day consumption	(0,0161\$/kWh *K +0,064\$/kWh)* kWh of early morning consumption
		M1-C	Middle tension consumers with just one register.		(0,0254\$/kWh *K +0,064\$/kWh)* kWh consumed		
		M1-D	Consumers fed by an exclusive substation, with primary voltage of 34.5 kV, its maximum hired demand of 1000 kW or higher, and that they will be separated from the transmission substation that fed them for 10 km of lines top.	\$6.00 monthly for kW of contracted demand in the peak hours	(0,048\$/kWh *K +0,0342\$/kWh)* kWh of peak consumption	(0,024\$/kWh *K +0,0342\$/kWh)* kWh of peak consumption	(0,016\$/kWh *K +0,0342\$/kWh)* kWh of early morning consumption
4	Agricultural irrigation	M3-A	Middle tension for irrigation with one register	Prohibited consumption in the peak hour		(0,0254\$/kWh *K +0,0638\$/kWh)* kWh consumed	
5		M3-B	Middle tension for irrigation with three registers		(0,0481\$/kWh *K +0,0638\$/kWh)* kWh of peak consumption	(0,0241\$/kWh *K +0,0638\$/kWh)* kWh of daily consumption	(0,0161\$/kWh *K +0,0638\$/kWh)* kWh of early morning consumption
6	Industrial	M-4	Middle tension for industrial generators		(0,0481\$/kWh *K +0,098\$/kWh)* kWh of peak consumption	(0,0241\$/kWh *K +0,098\$/kWh)* kWh of day consumption	(0,0161\$/kWh *K +0,098\$/kWh)* kWh of early morning consumption
7	Commercial and others	B-1	Low tension		(0,02931\$/kWh *K +0,1131\$/kWh)* kWh Consumed		
8	Real estate	B-3	Low tension for foreign residentials		up to 300 kWh		0.22
					from 301 to 1000 kWh		0.24
					from 1001 to 5000 kWh		0.26
					from 5001 kWh		0.28

Note: To all tariffs, except specific services and real estates, are applied the calculation of the power factor and the K factor, this last one varies all months in correspondance with adjusted prices of used fuels in the generation of electricity.

Base documents: Resolution 277/2014, Resolution 343/2013, and Resolution 291/2010 from Ministry of Finances and Prices

* = Includes State's enterprises, group of Cuban enterprises, international economic associations, joint ventures, foreign y cooperativas no agropecuarias

K factor, year 2014							
Month	K factor	Month	K factor	Month	K factor	Month	K factor
January	5.1695	April	4.6031	July	5.0601	October	4.0424
February	5.5999	May	4.7805	August	5.0116	November	4.1593
March	4.7027	June	4.8218	September	4.8773	December	4.0844

Adjunto A5-1

Condiciones del suministro eléctrico: Cayo Coco

1. Ubicación del cayo

El cayo Coco pertenece a la Provincia de Ciego de Ávila y está ubicado en el mar norte de la isla principal. El cayo está a unos 60 km del municipio de Morón y comunicado con el mismo mediante una vía. Asimismo los cayos Guillermo y Romano ubicados a la izquierda y la derecha respectivamente del cayo Coco están comunicados mediante una vía. Los tres cayos son lugares de interés turístico y no viven ciudadanos en general. El mar alrededor de los cayos es poco profundo y coralífero. Los combustibles para la generación eléctrica se transportan por vía terrestre con tanqueros.

La Figura A5-1-1 y la Figura A5-1-2 presentan la ubicación del cayo Coco.



Fuente del mapa: <http://www.ezilon.com/maps/north-america/Cuba-maps.html>

Figura A5-1-1 Ubicación del cayo Coco (1)

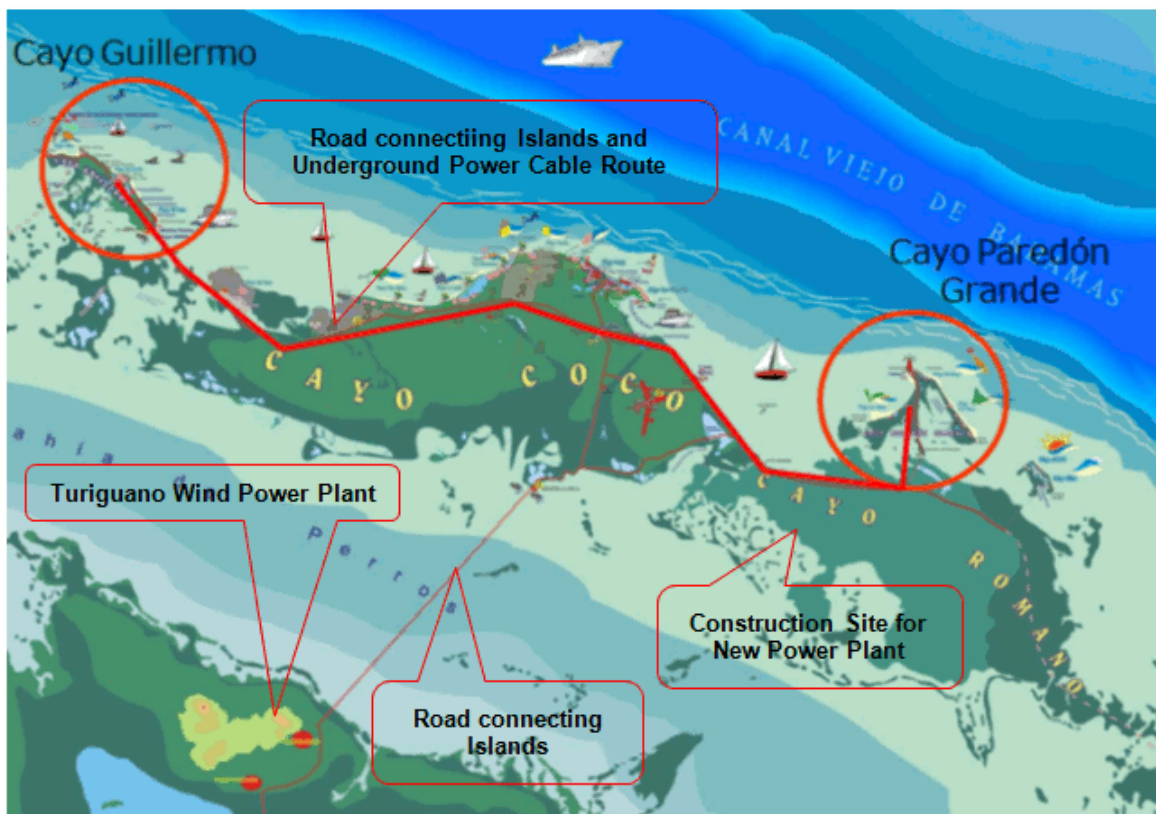


Fuente: Empresa eléctrica de Cayo Coco y Unión Eléctrica

Figura A5-1-2 Ubicación del Cayo Coco (2)

2. Sistema de distribución eléctrica

El Cayo Guillermo y el Cayo Coco tienen cada uno una central eléctrica y las dos centrales están conectadas con un cable soterrado. En el Cayo Romano una nueva central está en construcción que conectará con las dos centrales existentes en el futuro. El voltaje de la línea de transmisión eléctrica en los cayos es 34,5 kV, con el voltaje primario de 13,8 kV. La siguiente Figura A5-1-3 presenta las vías que conectan los cayos, la central en construcción y la ruta del cable soterrado.



Fuente: Empresa eléctrica de Cayo Coco y Unión Eléctrica

Figura A5-1-3 Ubicación de las vías que conectan los cayos, la central en construcción y la ruta del cable soterrado

3. Unidad de generación eléctrica

Las unidades de generación eléctrica en los cayos son generadores eléctricos diésel. La Tabla A5-1-1 presenta la capacidad instalada y el número de unidades generadoras de cada central.

Tabla A5-1-1 Capacidad instalada y el número de unidades generadoras de cada central

Cayo	Capacidad instalada y fabricante				Capacidad instalada total (MW)
	3,4 MW (BAZAN) (Unidad)	3,8 MW (MAN) (Unidad)	1,99 MW (MTU) (Unidad)	1,45 MW (MTU) (Unidad)	
Coco	3	1	3	0	19,97
Guillermo	1	1	2	0	11,18
Romano	0	0	0	2	2,9
Total	4	2	5	2	34,05

Fuente: Elaborado por la Misión de JICA de acuerdo con los datos de la empresa eléctrica de Cayo Coco

Las unidades de generación eléctrica del Cayo Romano mencionadas en la tabla anterior, están destinadas al presente (2015) principalmente obras de construcción y sus proyectos asociados.

4. Demanda eléctrica

La demanda eléctrica en los cayos Coco y Guillermo proviene solamente de las instalaciones turísticas como los hoteles y sus adjuntos. La demanda pico en 2014 en el Cayo Coco y el Cayo Guillermo fue 10,5 MW y 3,2 MW respectivamente, con una demanda pico total de 13,7 MW. Se prevé que la demanda crecerá considerablemente ya que se encuentran en construcción instalaciones turísticas en cayos de alrededor. La Tabla A5-1-2 presenta la demanda real en 2014 y el pronóstico de la demanda

para 2025 en cada cayo. Se prevé que la demanda pico total para 2025 sea 45,3 MW, 3,3 veces mayor que el valor real de 13,7 MW en 2014.

Tabla A5-1-2 Demanda real en 2014 y el pronóstico de la demanda para 2025 en cada cayo

Cayo	Año 2014 Demanda pico (MW)	Año 2025 Demanda pico (MW)
Cayo Coco	10,5	29,6
Cayo Guillermo	3,2	6,4
Cayo Paredón	0	5,8
Cayo Romano	0	2,0
Cayo Antón Chico	0	1,5
Total	13,7	45,3

Fuente: Elaborado por la Misión de JICA de acuerdo con los datos de la empresa eléctrica de cayo Coco

5. Despacho de carga

Las centrales desempeñan el rol de despacho de carga. Las centrales tienen introducido el sistema SCADA (monitoreo y control a distancia) para el uso de centrales. De acuerdo con el pronóstico de la demanda diaria y en función de la demanda real, las centrales con el uso del sistema SCADA ajustan la demanda y suministro eléctrico controlando la potencia generada. El control de la potencia generada se basa en el control del número de unidades generadoras.

Según la información obtenida en los cayos, actualmente en 2015 se está avanzando la obra de instalación subterránea de cable óptico entre las centrales del cayo Coco y del cayo Guillermo y está a punto de terminar. En el cayo Romano, junto con la construcción de nueva central se está llevando adelante la instalación de cable óptico. Una vez construida la central, está previsto conectar las tres centrales con un cable eléctrico soterrado y un cable óptico para la comunicación. Más adelante, la central del cayo Coco se encargará de dar instrucciones de carga eléctrica como principal despacho de carga.

6. Plan de desarrollo

Puesto que el costo de combustibles para la generación eléctrica en los cayos es relativamente más alto que el de la isla principal, está planeada la introducción de energías renovables como las unidades de generación solar fotovoltaica. A tal efecto, se anhela introducir una red inteligente para lograr un suministro eléctrico estable, aun después de introducir gran cantidad de energías renovables.

Adjunto A5-2

Condiciones del suministro eléctrico: Cayo Santa María

1. Ubicación del cayo

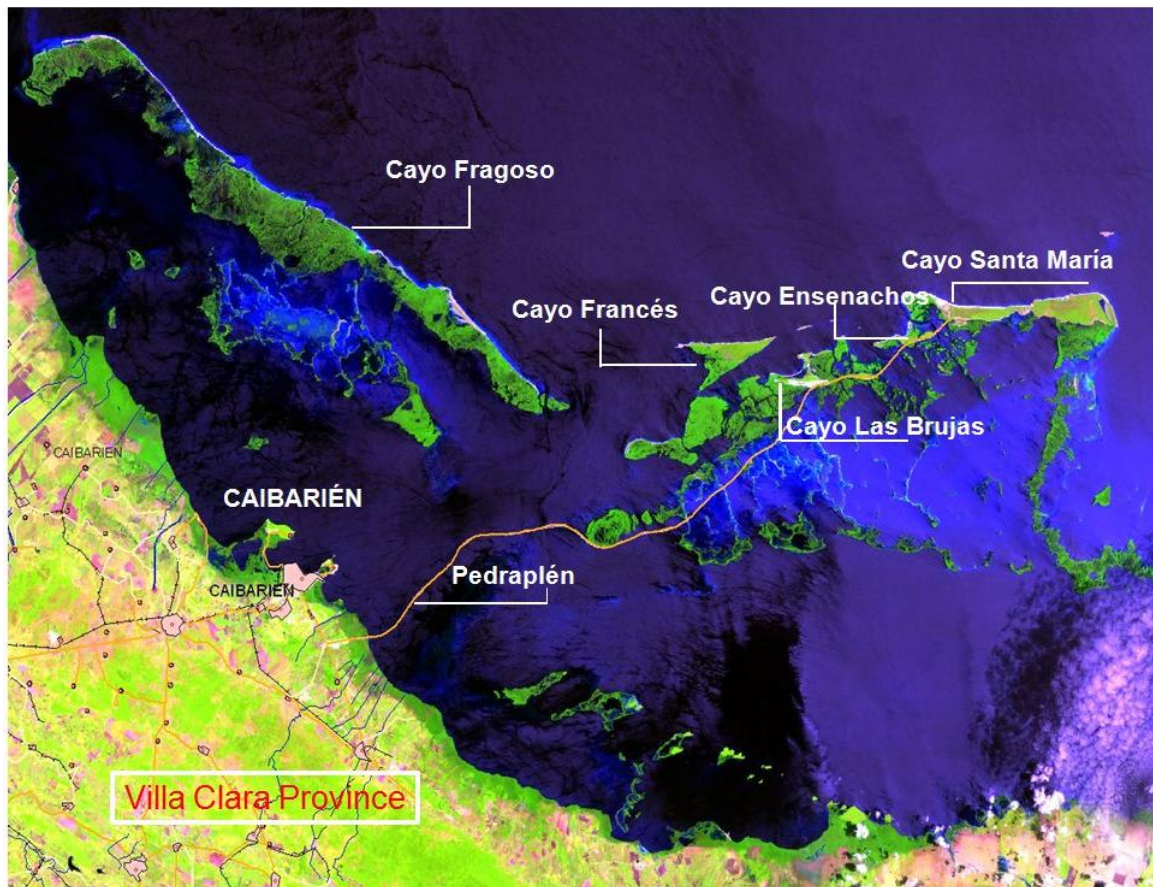
El cayo Santa María pertenece a la Provincia de Villa Clara y está ubicado en el mar norte de la isla principal. El cayo está a unos 35 km de la isla principal y comunicado con la misma mediante una vía. El Cayo Las Brujas, comunicado por vía terrestre, tiene un aeropuerto doméstico que está a 2 ó 3 km del cayo Santa María. Al igual que el caso del cayo Coco, los combustibles para la generación eléctrica se transportan por vía terrestre con tanqueros.

La Figura A5-2-1 y la Figura A5-2-2 presentan la ubicación del cayo Santa María.



Fuente del mapa: <http://www.ezilon.com/maps/north-america/Cuba-maps.html>

Figura A5-2-1 Ubicación del cayo Santa María (1)



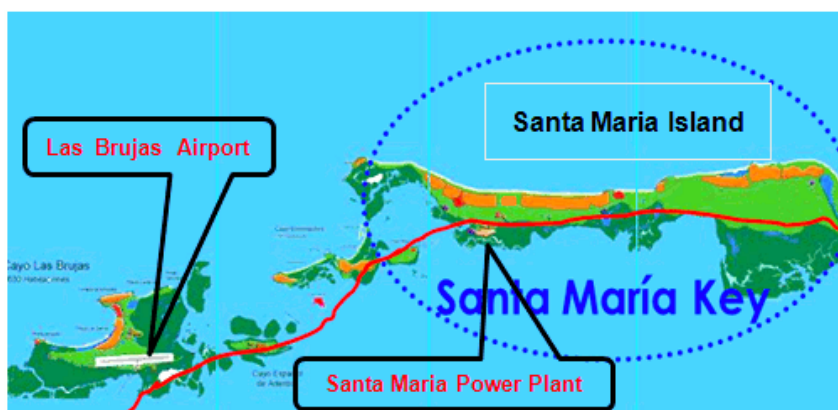
Fuente: Empresa eléctrica de cayo Santa María y Unión Eléctrica

Figura A5-2-2 Ubicación del cayo Santa María (2)

2. Sistema de distribución eléctrica

Existe solo una central de generación eléctrica en el cayo Santa María. Esta central suministra la electricidad a los cayos de alrededor. Las líneas de transmisión y distribución eléctrica en su mayoría son cables enterrados al costado de vías. El voltaje de transmisión eléctrica es 34,5kV y el voltaje de distribución eléctrica primario es 13,8kV.

La Figura A5-2-3 presenta la ubicación de la central del cayo Santa María y la vía (ruta del cable soterrado) que comunica con otros cayos.



Fuente: Empresa eléctrica de cayo Santa María y Unión Eléctrica

Figura A5-2-3 Ubicación de la central del cayo Santa María y la vía (ruta del cable soterrado) que comunica con otros cayos

3. Unidad de generación eléctrica

Al igual que en el cayo Coco, las unidades de generación eléctrica en el cayo son generadores eléctricos diésel. La Tabla A5-2-1 presenta la capacidad instalada y el número de unidades generadoras de cada central.

Tabla A5-2-1 Capacidad instalada y el número de unidades generadoras de cada central

Fabricante	Capacidad instalada (MW/Unidad)	Cantidad instalada (Unidad)	Capacidad instalada total (MW)
MTU	1,9	12	22,8
MAN	3,8	2	7,6
HH (Hyundai)	1,7	4	6,8
Total	-	18	37,2

Fuente: Elaborado por la Misión de JICA de acuerdo con los datos de la empresa eléctrica de cayo Santa María

4. Demanda eléctrica

La demanda pico en 2014 en el cayo Santa María y los cayos de alrededor fue 17,2 MW y se prevé que la demanda pico total alcanzará 29,5 MW en 2017. La Tabla A5-2-2 presenta la demanda pico real en 2014 y el valor pronosticado para 2017.

Tabla A5-2-2 Demanda pico real en 2014 y el pronóstico de la demanda pico para 2017 en el cayo

Cayo	Año 2014 Demanda pico (MW)	Año 2017 Demanda pico (MW)
Cayo Santa María	17,2	29,5
Total	17,2	29,5

Fuente: Elaborado por la Misión de JICA de acuerdo con los datos de la empresa eléctrica de cayo Santa María

5. Despacho de carga

Al igual que en el cayo Coco, la central desempeña el rol de despacho de carga. Las centrales tienen introducido el sistema SCADA (monitoreo y control a distancia) para el uso de centrales. De acuerdo con el pronóstico de la demanda diaria y en función de la demanda real, las centrales con el uso del sistema SCADA ajustan la demanda y suministro eléctrico controlando la potencia generada. El control de la potencia generada se basa en el control del número de unidades generadoras.

6. Plan de desarrollo

Al igual que en el cayo Coco, puesto que el costo de combustibles para la generación eléctrica en los cayos es relativamente más alto que el de la isla principal, está planeada la introducción de energías renovables como las unidades de generación solar fotovoltaica. A tal efecto, se anhela introducir una red inteligente para lograr un suministro eléctrico estable, aun después de introducir gran cantidad de energías renovables.

Para instalar unidades de generación fotovoltaica, está prevista la construcción en 2 lugares en el cayo Ensenachos, colindante con el cayo Santa María.

Según la información obtenida en el cayo, está planeado introducir cable óptico de ahora en adelante para hacerlo servir para dar instrucciones y hacer registros de cada central y de los usuarios. No obstante, la obra relacionada con la instalación de cable óptico no es competencia de la empresa eléctrica, sino de la compañía telefónica. La telefónica utiliza el cable óptico para las comunicaciones y a la vez asigna varios canales a la empresa eléctrica.

Adjunto A5-3

Condiciones del suministro eléctrico: Isla de la Juventud

1. Ubicación de la isla

La isla de la Juventud está ubicada en el mar sur de la isla principal de Cuba. De La Habana en 35 minutos por vía aérea llega al aeropuerto de Gerona del municipio de Nueva Gerona de la isla.

La Figura A5-3-1 presenta la ubicación de la isla.



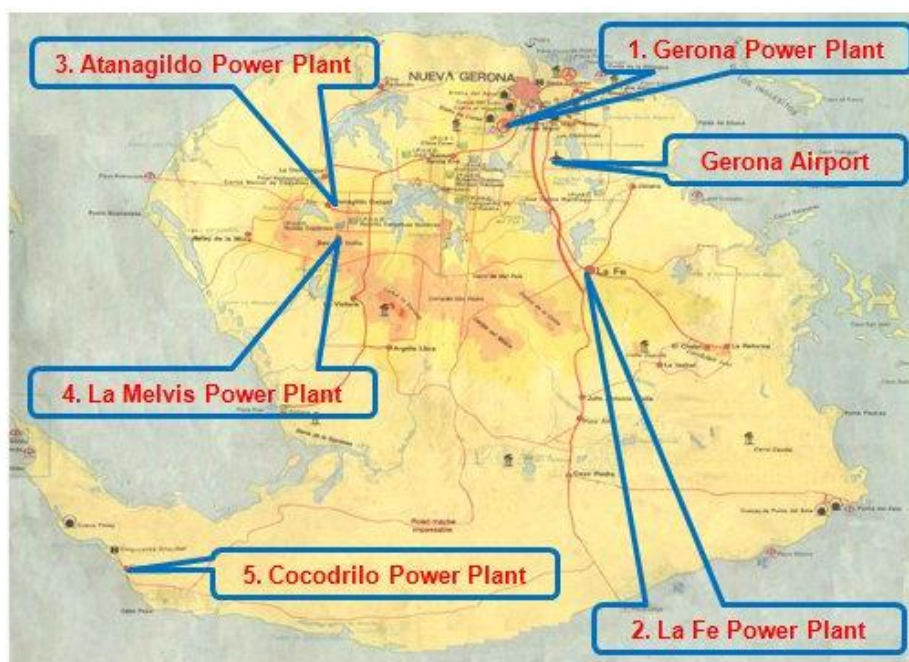
Fuente del mapa: <http://www.ezilon.com/maps/north-america/Cuba-maps.html>

Figura A5-3-1 Ubicación de la isla de la Juventud y la isla principal

2. Sistema de distribución eléctrica

Debido a que la mitad sur de la isla es una ciénaga, la población se concentra en la mitad norte. Razón por la cual, 4 de las 5 centrales de generación eléctrica en la isla están ubicadas en el lado norte de la isla. Estas 4 centrales están comunicadas con la línea de transmisión eléctrica de 33 kV (voltaje nominal: 34,5 kV y operativo: 33 kV). El voltaje de distribución eléctrica primaria es 13 kV (voltaje nominal: 13,8 kV y operativo: 13 kV). Aproximadamente el 15,6% de la extensión total de las líneas de transmisión y distribución eléctrica corresponde al cable soterrado.

La Figura A5-3-2 presenta la ubicación de las centrales y el aeropuerto en la isla de la Juventud.



Fuente: Empresa eléctrica de la isla de la Juventud y Unión Eléctrica

Figura A5-3-2 Ubicación de las centrales y el aeropuerto en la isla de la Juventud

3. Unidad de generación eléctrica

La isla de la Juventud tiene instaladas para la generación eléctrica los generadores eléctricos con motor diésel y con energías renovables.

Los generadores eléctricos diésel están instalados en 5 lugares con una capacidad instalada total de 34,8 MW aproximadamente.

La Tabla A5-3-1 presenta la capacidad instalada de los generadores eléctricos diésel en los 5 lugares.

Tabla A5-3-1 Capacidad instalada de las centrales y el número de unidades generadoras instaladas

Central de generación eléctrica	Gerona	La Fe	Atanagildo	La Melvis	Cocodrilo	Total
Capacidad instalada (kW)	28.600	3.600	1.800	500	275	34.775

Fuente: Elaborado por la Misión de JICA de acuerdo con los datos de la Empresa eléctrica de la isla de la Juventud

De indicado en la tabla anterior, la Tabla A5-3-2 presenta la capacidad unitaria, la cantidad y el nombre de fabricante de las unidades generadoras instaladas en 4 centrales conectadas, exceptuando la central Cocodrilo.

Tabla A5-3-2 Capacidad unitaria, la cantidad y el nombre de fabricante de las unidades generadoras instaladas en 4 centrales ubicadas en el norte de la isla

Central de generación eléctrica	Capacidad instalada y fabricante				Capacidad instalada total (MW)
	3,55 MW (MAN) (Unidad)	3,65 MW (MAN) (Unidad)	1,8 MW (MTU) (Unidad)	250 KW (MAN) (Unidad)	
Gerona	4	4	-	-	28.600
La Fe	-	-	2	-	3.600
Atanagildo	-	-	1	-	1.800
La Melvis	-	-	-	2	500
Total	4	4	3	2	34.500

Fuente: Elaborado por la Misión de JICA de acuerdo con los datos de la Empresa eléctrica de la isla de la Juventud

Respecto a las energías renovables, se han introducido unidades generadoras de energía solar, eólica y biomasa. La generación de energía eólica fue la primera que se introdujo en 2007 con una cooperación francesa. En 2013 el gobierno cubano siguiendo su política empezó la introducción de energía solar fotovoltaica. En cuanto a Biomasa, fue introducida en 2014 la generación eléctrica a partir de la gasificación de biomasa a base de madera.

La Tabla A5-3-3 presenta las instalaciones de generación eléctrica alimentada a energías renovables con su capacidad instalada en la isla de la Juventud.

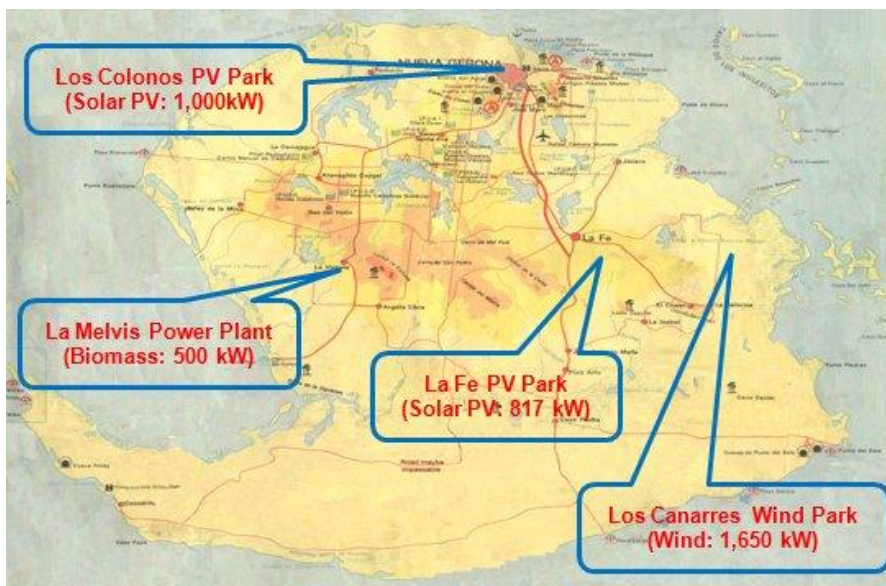
Tabla A5-3-3 Instalaciones existentes de generación eléctrica alimentada a energías renovables

Sitio instalado	Capacidad instalada y tipo		
	Eólica (MW)	Solar fotovoltaica (MW)	Biomasa (MW)
Los Canarreos	1,65	****	****
La Fe	***	0,817	***
Los Colonos	***	1,0	***
La Melvis	***	***	0,5
Total	1,65	1,817	0,5

Fuente: Elaborado por la Misión de JICA de acuerdo con los datos de la Empresa eléctrica de la isla de la Juventud

Según la Unión Eléctrica (UNE), es bajo el potencial eólico de la isla de la Juventud y también es baja la tasa de aprovechamiento de la capacidad de las instalaciones generadoras de energía eólica. Las instalaciones de generación eléctrica con gasificación de biomasa, en el momento de la visita de la Misión (enero de 2016), todavía no se ha logrado una operación continua de las 24 horas. Las unidades de generación fotovoltaica están dando buenos resultados.

La Figura A5-3-3 presenta la ubicación de las unidades generadoras existentes de energías renovables.



Fuente: Empresa eléctrica de la isla de la Juventud y Unión Eléctrica

Figura A5-3-3 Ubicación de las unidades generadoras existentes de energías renovables

4. Demanda eléctrica

La isla de la Juventud tiene una población de 85.000 habitantes aproximadamente y una tasa de electrificación del 99,8%. Son escasos los hogares que no reciben el suministro eléctrico. La demanda eléctrica se concentra en los hogares en general y el servicio público como las escuelas, hospitales e instituciones públicas y todavía no es muy alta la demanda industrial principalmente de la industria turística.

La demanda pico en 2015 es 18,4 MW y se prevé que llegará a 23,0 MW en 2020. La Tabla A5-3-2 presenta la demanda real en 2015 y el pronóstico de la demanda pico anual entre 2016 y 2020 en la isla.

Tabla A5-3-4 Demanda real en 2015 y el pronóstico de la demanda pico anual entre 2016 y 2020

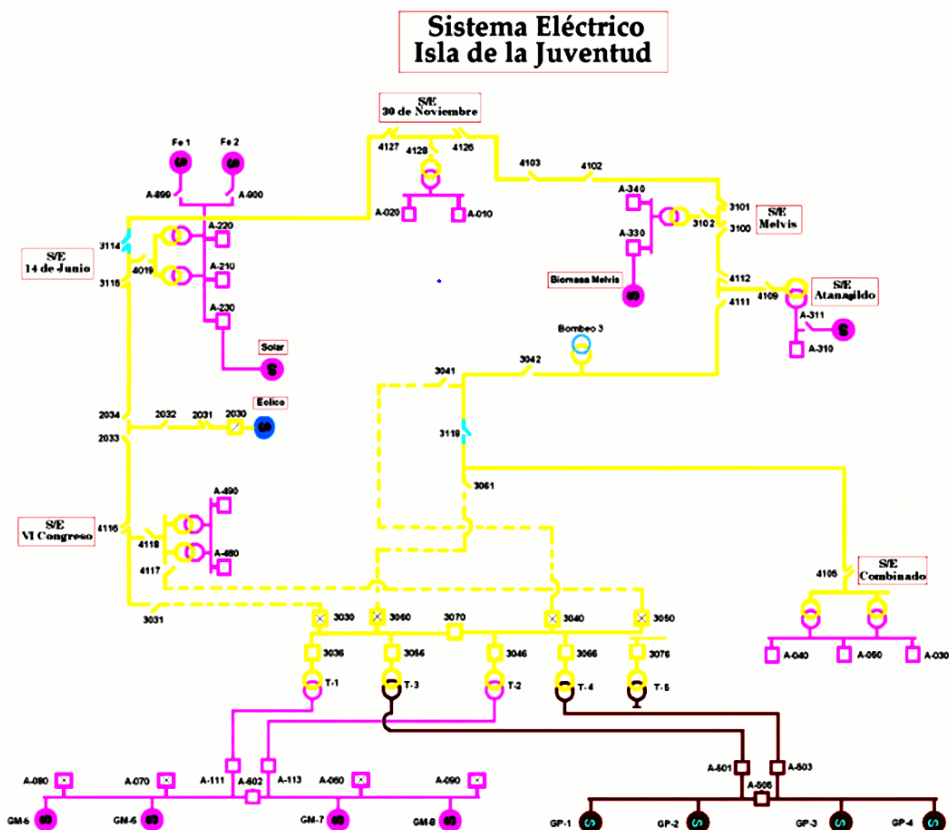
Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Demanda pico (MW)	(Actual)18,4	19,5	19,8	20,0	20,5	23,0

Fuente: Elaborado por la Misión de JICA de acuerdo con los datos de la Empresa eléctrica de la isla de la Juventud

5. Despacho de carga

La central Gerona se desempeña el rol de despacho de carga. La central, de acuerdo con el pronóstico de demanda diaria y en función de la demanda real, da instrucciones de carga eléctrica a otras centrales y al mismo tiempo controla su propia potencia generada. Las comunicaciones con otras centrales se hacen actualmente por radio o teléfono. Cada central tiene introducido el sistema SCADA (monitoreo y control a distancia) adaptado a las centrales.

La Figura A5-3-4 presenta un ejemplo del esquema de administración en el despacho de carga de la central Gerona.



Fuente: Empresa eléctrica de la isla de la Juventud y Unión Eléctrica

Figura A5-3-4 Ejemplo del esquema de administración en la central Gerona

5. Plan de desarrollo

No limitándose al caso de la isla de la Juventud, en el suministro eléctrico en las islas el costo de combustibles para los generadores eléctricos diésel es relativamente más alto que en la isla principal, por lo que el precio unitario de la generación eléctrica es más caro que el de la isla principal. Con el fin de reducir el costo de generación eléctrica, la isla de la Juventud viene llevando adelante la introducción de energías renovables. En la isla en 2015 la electricidad generada con energías renovables representa poco más del 2% de la toda la energía eléctrica generada. Está planeado seguir esta tendencia para avanzar más el desarrollo.

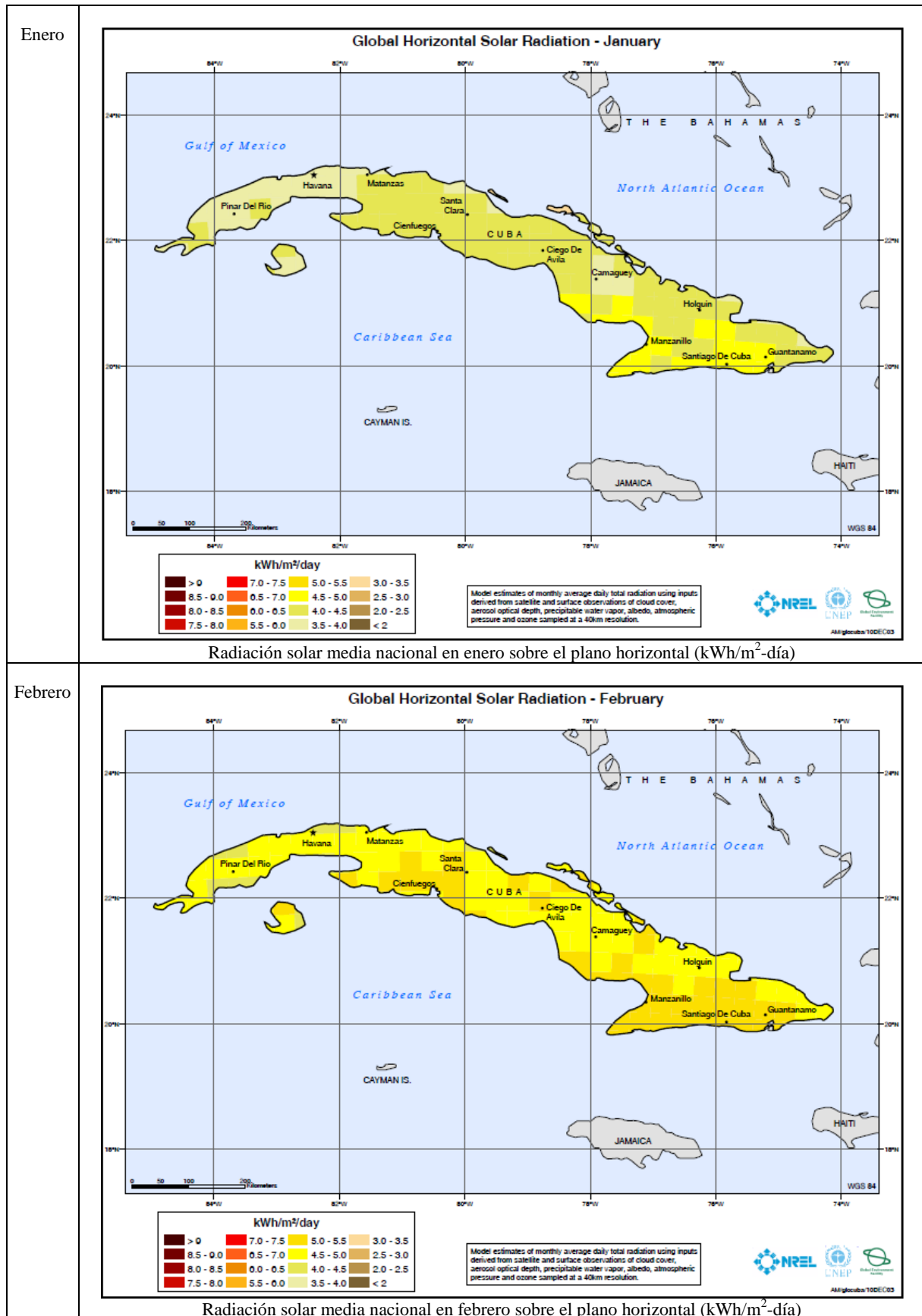
Existe como un proyecto concreto la ampliación y refuerzo de la generación solar fotovoltaica. Un parque solar de 2,4 MW se encuentra en construcción para empezar la operación a primera mitad de 2016. Además, hay otros proyectos de instalar unidades de 3 MW para terminar la instalación y empezar la operación antes de 2018. Si se terminan todas las instalaciones previstas, las unidades de generación fotovoltaica en la isla tendrán una capacidad total de más de 7,0 MW.

Para llevar adelante estos proyectos, se anhela introducir una red inteligente para lograr un suministro eléctrico estable, aun después de introducir gran cantidad de energías renovables.

Adjunto A7-1

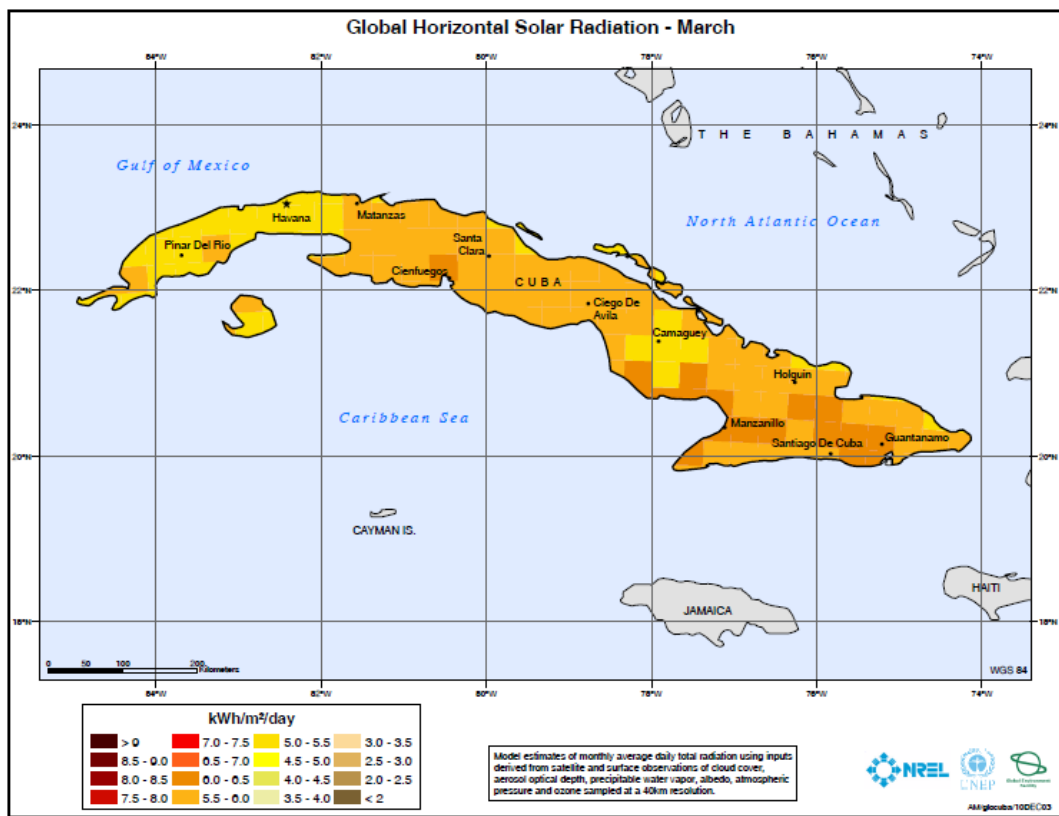
Radiación solar media nacional mensual

sobre el plano horizontal



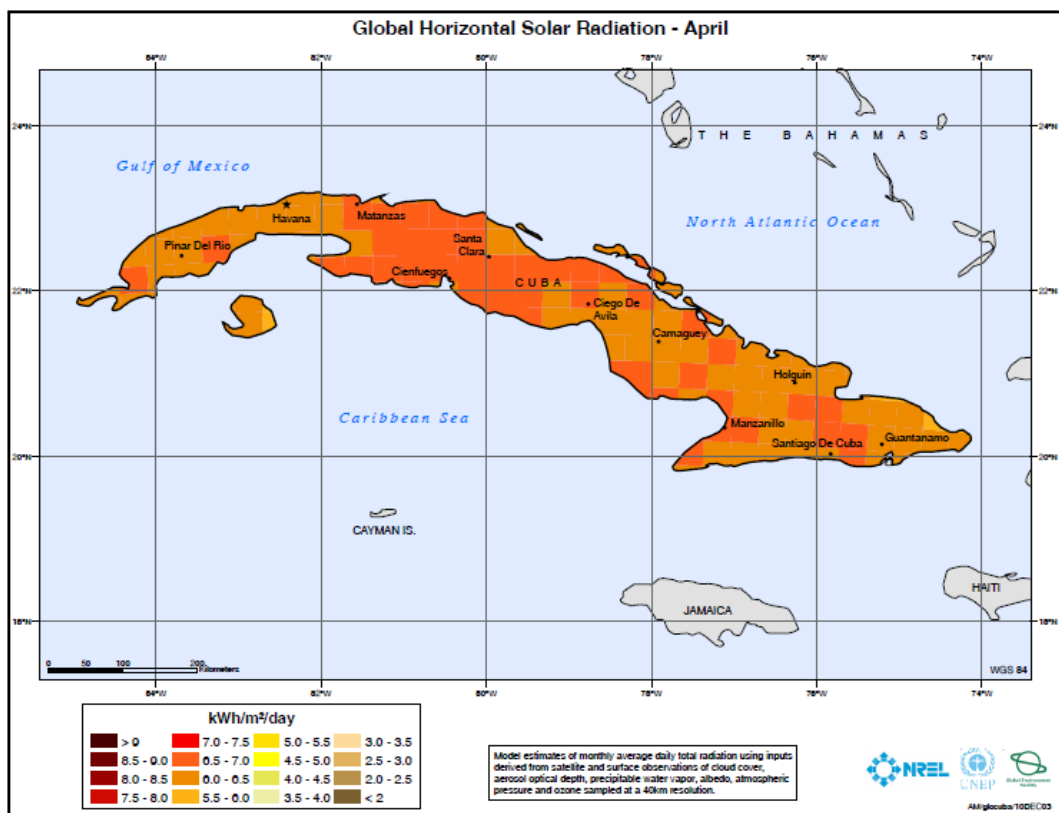
Fuente: Ministerio de Energía y Minas

Marzo



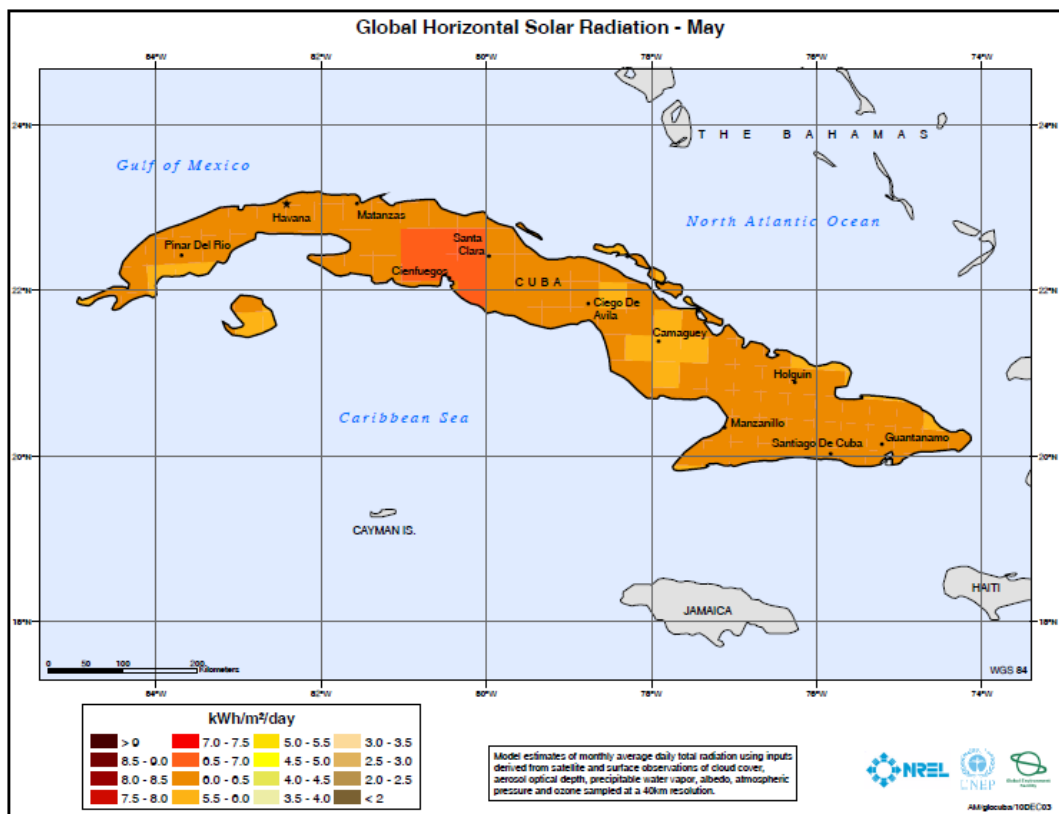
Radiación solar media nacional en marzo sobre el plano horizontal (kWh/m²-día)

Abril



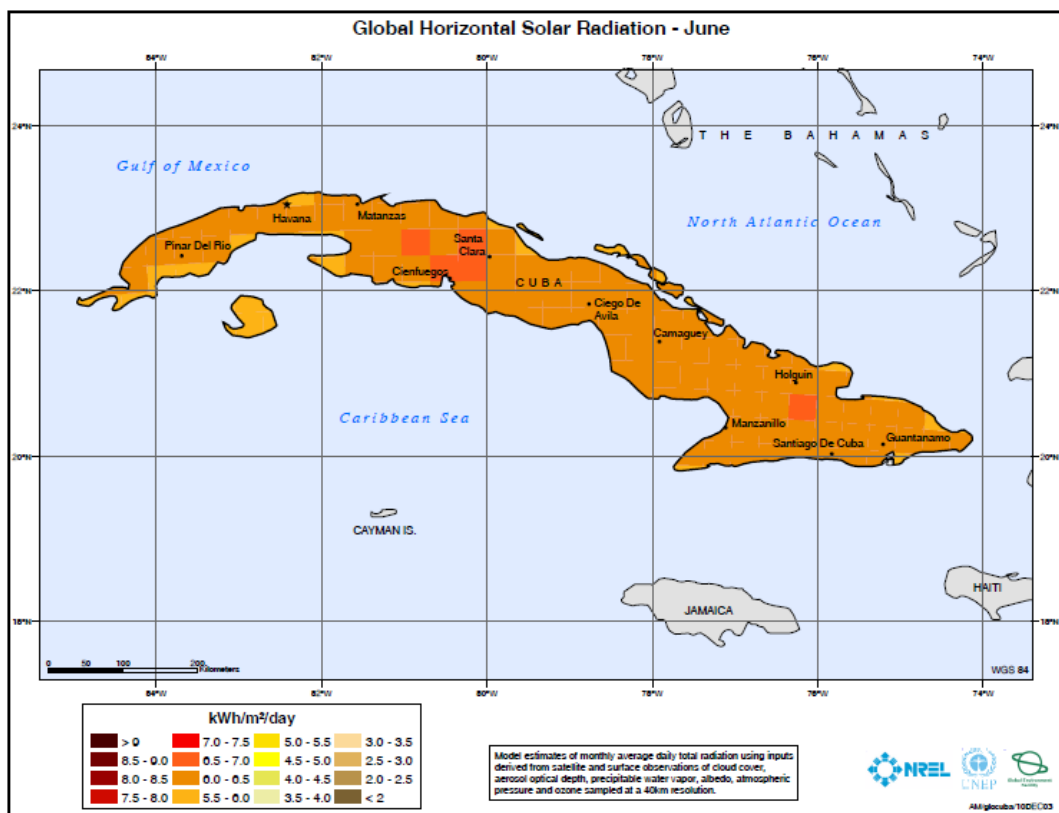
Radiación solar media nacional en abril sobre el plano horizontal (kWh/m²-día)

Mayo

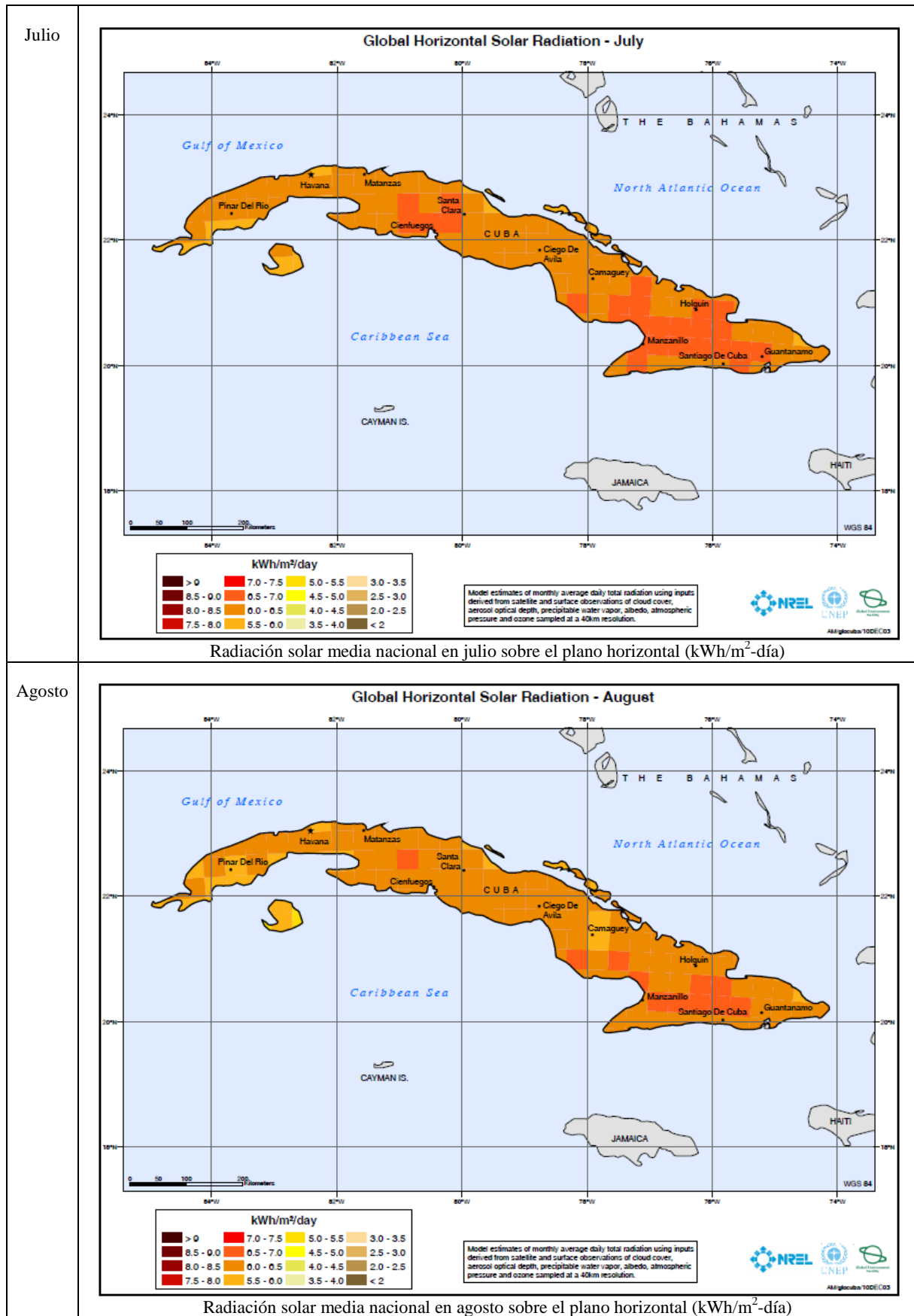


Radiación solar media nacional en mayo sobre el plano horizontal (kWh/m²-día)

Junio

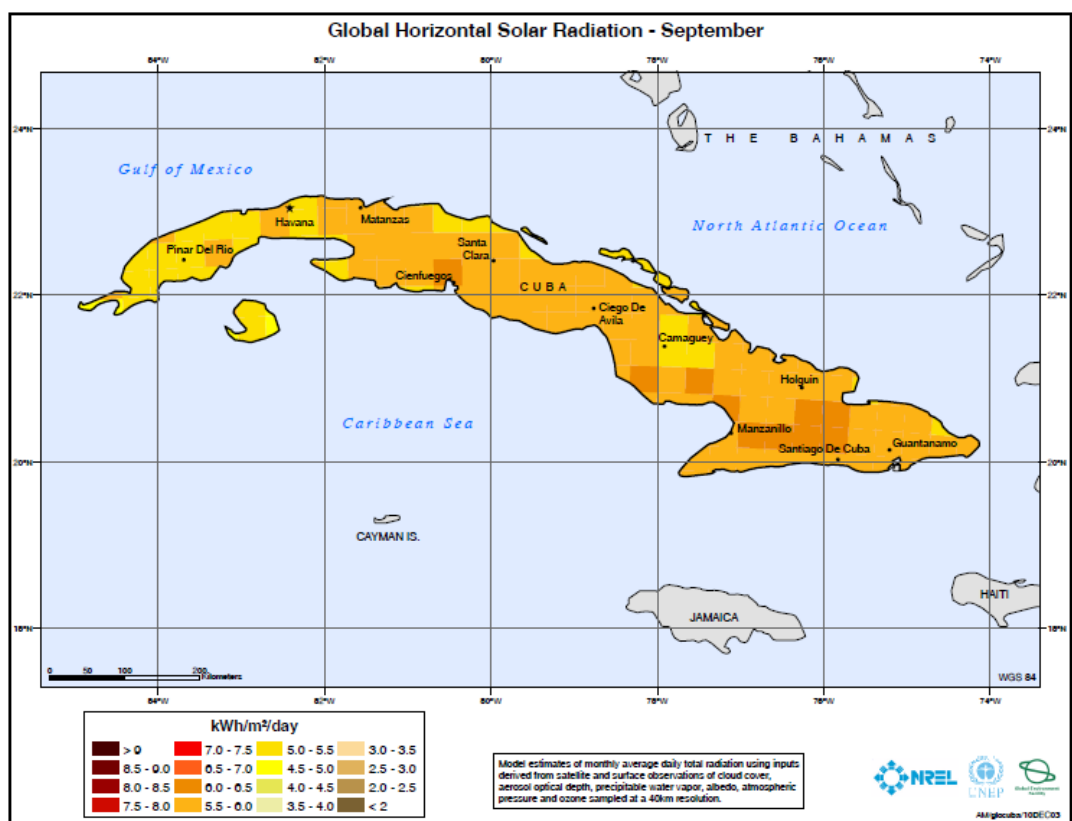


Radiación solar media nacional en junio sobre el plano horizontal (kWh/m²-día)



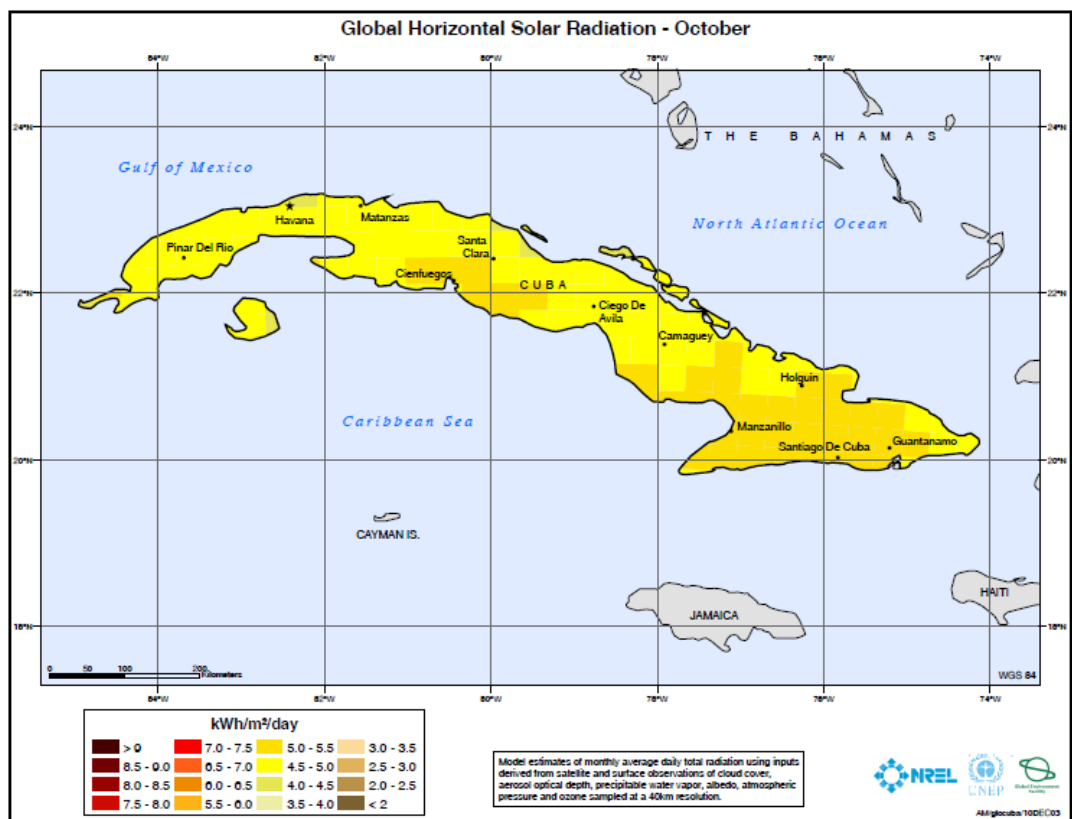
Fuente: Ministerio de Energía y Minas

Septiembre



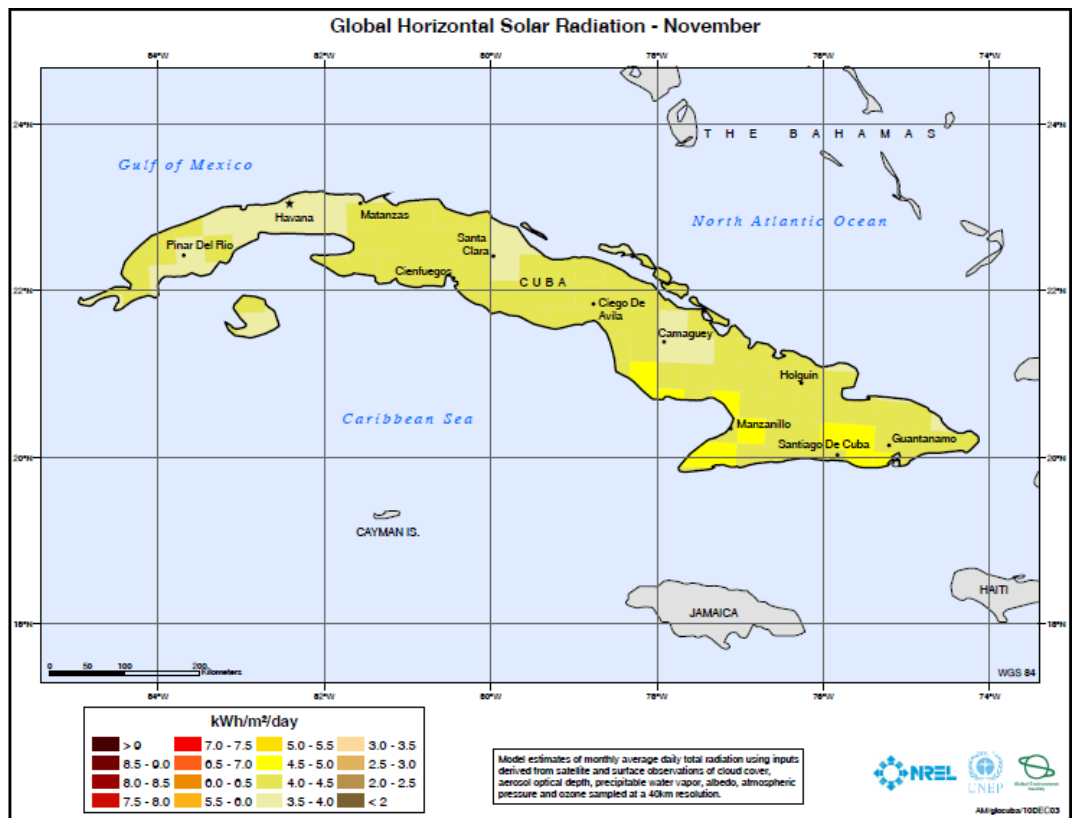
Radiación solar media nacional en septiembre sobre el plano horizontal (kWh/m²-día)

Octubre



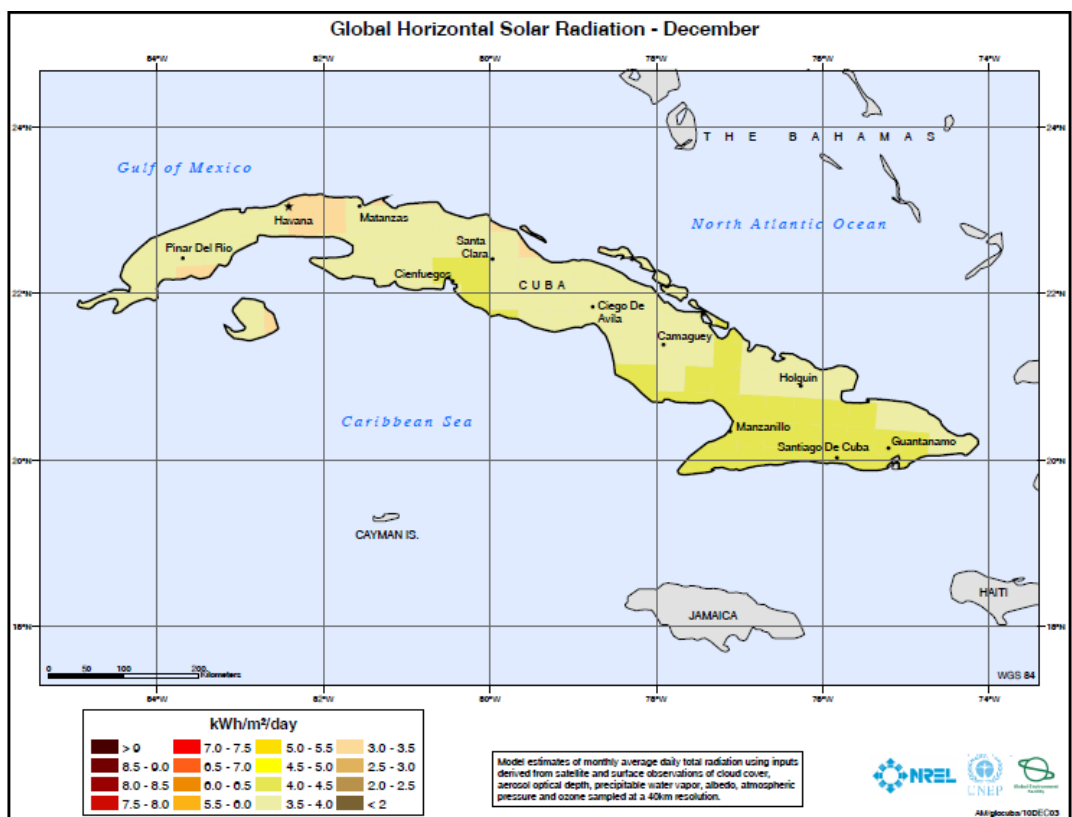
Radiación solar media nacional en octubre sobre el plano horizontal (kWh/m²-día)

Noviembre



Radiación solar media nacional en noviembre sobre el plano horizontal (kWh/m²-día)

Diciembre



Radiación solar media nacional en diciembre sobre el plano horizontal (kWh/m²-día)

Adjunto A7-2

Fotografías relacionadas con energías renovables

tomadas en la visita de campo

1. Estación Experimental Indio Hatuey (Día de la visita: 16 de octubre)



Estación Experimental Indio Hatuey



Caldera de gasificación de biomasa madera



Generador eléctrico con biomasa (30kVA)



Equipo experimental de producción de biodiesel

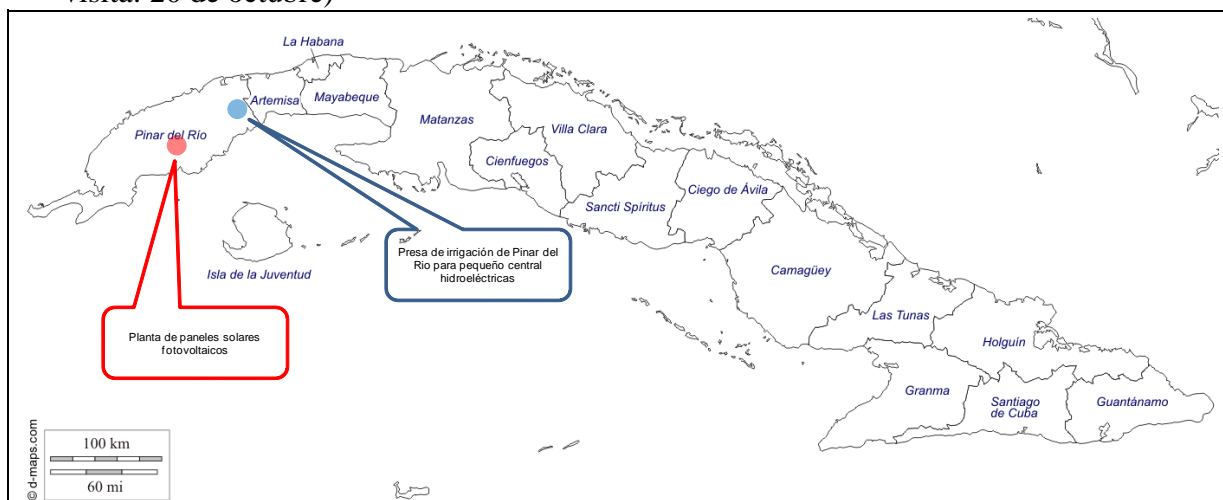


Tanque de fermentación de metano (modelo experimental)









Marabú estudiado como planta para obtener combustible madero

2. Presa de Irrigación agrícola existente y planta de paneles solares fotovoltaicos (Día de la visita: 20 de octubre)



Fuente del mapa: <http://www.d-maps.com/>

 <p>Presa existente (60 millones de m³)</p>	 <p>Caseta de control de válvulas</p>
 <p>Canal de irrigación (centro) y vivero (izquierda), vistos desde la corona de la represa</p>	 <p>Edificio de la planta de paneles solares fotovoltaicos</p>
 <p>Planta de paneles solares fotovoltaicos: Ensamblaje de cadena de panel solar</p>	 <p>Planta de paneles solares fotovoltaicos: Laminador de panel</p>

3. Parque eólico Turiguano (Día de la visita: 22 de octubre)



Turbina eólica (240kW × 2 unidades)



Torre de observación eólica

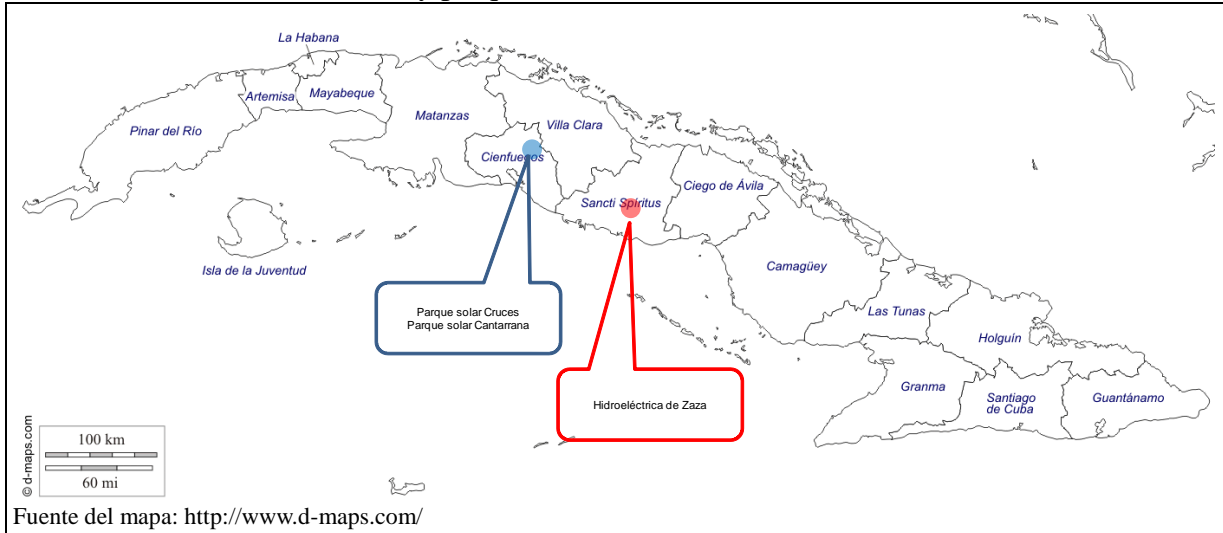


Góndola del molino



Línea de distribución eléctrica conectado a redes

4. Central hidroeléctrica Zaza y parques solares (Día de la visita: 23 de octubre)



Central hidroeléctrica Zaza: Presa de irrigación



Central hidroeléctrica Zaza: Molino (1.350kW × 2 unidades)



Central hidroeléctrica Zaza: Canal de irrigación



Parque solar Cruces = (3MW)



Caseta de control del parque solar Cruces



Parque solar Cantarrana (2,6MW)

5. Central Azucarero “Panchito Gómez Toro” en Villa Clara (Día de la visita: 24 de octubre)



Edificio del central azucarero



Interior del central azucarero



Válvula de vapor



Turbina de vapor y generador eléctrico



Boca de encendido de caldera



Motores en reparación

Adjunto A8-1

Estado del uso de la eficiencia energética

en el Centro de Entrenamiento de La Habana No.1

de la Unión Eléctrica

Fue estudiado el Centro de Entrenamiento de La Habana No.1, que es una instalación para la capacitación de los funcionarios de la Unión Eléctrica (UNE). El centro consta de 3 edificios: uno de capacitación, uno de alojamiento y un almacén. El mismo centro fue ofrecido también a la Misión de JICA como espacio de trabajo del estudio local.

(1) Resumen

● Superficie total construida:	1.800 m ² (valor estimado)
● No. de empleados:	10 personas (aproximadas)
● Horario de servicio:	9:00~17: 00

(2) Consumo energético

● Electricidad:	250 MWh/año
● Proporción de la consumo de energía:	Alumbrado 49%, aire acondicionado 39% ,otros: 12%
● Instalación de mayor consumo energético:	Alumbrado y aire acondicionado
● Consumo de energía cada persona:	150 MJ/año
● Consumo de energía por superficie total construida:	1.391 MJ/m ²

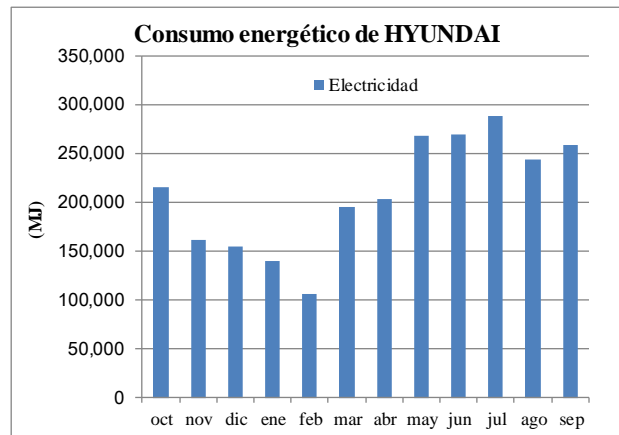
La Figura A8-1-1 presenta los resultados del análisis de consumo energético del Centro de Entrenamiento de La Habana No.1 de la Unión Eléctrica.

En la Figura se han sumido los consumos energéticos mensuales del Centro de Entrenamiento de La Habana No.1 y se han puesto en orden como valores convertidos en energía primaria (MJ). No hay uso de otras energías que no sea la electricidad. El consumo de energía cada persona fue obtenido dividiendo los valores convertidos en energía primaria por la suma de los usuarios anuales y los empleados del centro. Asimismo, el consumo por superficie total construida fue obtenido dividiendo los valores convertidos en energía primaria por la superficie total construida del centro. Ya que el consumo energético aumenta en verano, se puede decir que es alta la demanda de climatizador.

Adjunto A8-1(2/3) Estado del uso de la eficiencia energética en el Centro de Entrenamiento de La Habana No.1 de la Unión Eléctrica

1. Consumo energético de HYUNDAI

	Electricidad			TOTAL
oct	215.460			215.460
nov	161.480			161.480
dic	154.350			154.350
ene	140.400			140.400
feb	106.370			106.370
mar	194.910			194.910
abr	202.770			202.770
may	268.540			268.540
jun	269.300			269.300
jul	288.010			288.010
ago	243.960			243.960
sep	258.550			258.550
TOTAL	2.504.100			2.504.100
Ratio	100%	0%	0%	100%



Proporción de energía



2. Factor de conversión de energía primaria

Electricidad	10,0 MJ/kWh	Eficiencia en el extremo de recepción - suposición

Superficie total construida	1.800 m ² →	1.391 MJ/m²
-----------------------------	------------------------	-------------------------------

(Valor medido)

Energía	150 MJ/persona
Empleados	10 personas (contadas)
Visitantes	13.000 personas/año (Aprox.)
TOTAL	16.650 personas/año (Aprox.) = 10x365+13000

Fuente: Elaborado por la Misión de JICA de acuerdo con los datos presentados por el centro de entrenamiento de La Habana No.1 de la Unión Eléctrica

Figura A8-1-1 Consumo energético (Centro de Entrenamiento de La Habana No.1 de la Unión Eléctrica)

La Figura A8-1-2 presenta Fotografías del Centro de Entrenamiento de La Habana No.1 de la Unión Eléctrica.

Son Fotografías de unidades exteriores de acondicionadores de aire y lámparas fluorescentes utilizados en el centro. Los acondicionadores de aire son productos japoneses o coreanos.



Vista panorámica del Centro de Entrenamiento de La Habana No.1 de la Unión Eléctrica

Unidades exteriores de acondicionadores de aire (productos coreanos)



Unidades exteriores de acondicionadores de aire (productos japoneses)



Lámparas fluorescentes

Fuente: Fotografías tomadas por la Misión de JICA (21 de octubre de 2015)

Figura A8-1-2 Fotografías: Centro de Entrenamiento de La Habana No.1 de la Unión Eléctrica

(3) Especificaciones de unidades de aire acondicionado

El centro de entrenamiento La Habana de la Unión Eléctrica tiene instaladas unidades individuales de aire acondicionado. Las instalaciones de misma magnitud en Cuba tienen adoptado el sistema de aire acondicionado con acondicionadores de aire individuales.

- Aire acondicionado: Acondicionadores de aire individuales (productos coreanos y japoneses, etc.)

(4) Esfuerzos por el ahorro de energía y problemas pendientes

Para el alumbrado están adoptadas lámparas fluorescentes y la gente acostumbra a apagarlas asiduamente cuando no sean necesarias. Asimismo prende los acondicionadores de aire individuales sólo en caso necesario. Sin embargo, debido al mal rendimiento de control de temperatura, al ponerse en marcha un climatizador, baja demasiado la temperatura. En otras instalaciones visitadas en el presente Estudio, fue destacado el sobreenfriamiento provocado por acondicionadores de aire.

Adjunto A8-2

Condiciones de la fábrica de climatizador en Cuba

Fue visitada la única fábrica de climatizador (FRIOCLIMA) en Cuba, que fabrica 30 máquinas frigoríficas de 200 -700 kW (60-200 tR) (COP=3,2) al año. También fabrica y procesa conductos y tubos para los sistemas centrales de aire acondicionado y repara fuentes térmicas viejas.

La Figura A8-2-1 presenta Fotografías de la fábrica de climatizador. Fue tomada una fotografía de máquina frigorífica con bomba de calor fabricada en Cuba.



Fuente: Fotografías tomadas por la Misión de JICA (22 de octubre de 2015)

Figura A8-2-1 Fotografías: Fábrica de climatizador (FRIOCLIMA)

Adjunto A8-3

Situación del alumbrado y aire acondicionado

de la planta de paneles solares fotovoltaicos

En la planta de paneles solares fotovoltaicos (At Pinar de Rio) visitada para averiguar condiciones de energías renovables, fue verificada la situación del ahorro de energía del alumbrado y el aire acondicionado, la que se resumirá a continuación como referencia.





La Figura A8-3-1 presenta Fotografías del interior de la fábrica. Fueron tomadas Fotografías de lámparas fluorescentes, la torre de refrigeración del sistema central de aire acondicionado antes utilizado y climatizadores individuales con bomba de calor actualmente en uso.

(1) Alumbrado

La mayoría de los aparatos de iluminación es lámpara fluorescente de tipo 40W, las que han sido cambiadas por un tipo de ahorro de energía de 36W. Este tipo de lámpara fluorescente está adoptada en todas las instalaciones visitadas en el presente Estudio.

(2) Sistema de aire acondicionado

Antes se utilizaba el sistema central de aire acondicionado y ahora se han adoptado climatizadores individuales para la refrigeración de aire en la fábrica. Con la renovación a causa de envejecimiento, fue cambiado a un sistema de aire acondicionado individual que es más económico y ahorra la energía.

	
<p>Lámparas fluorescentes en la planta de paneles solares fotovoltaicos</p>	<p>Lámpara fluorescente Todas las lámparas fluorescentes de tipo 40W han sido cambiadas por un tipo de ahorro de energía de 36W.</p>
	
<p>Torre de refrigeración en desuso Antes se utilizaba el sistema central de aire acondicionado y en el momento de la renovación, fue adoptado el aire acondicionado individual que es más económico y ahorra la energía.</p>	<p>Climatizadores individuales Climatizador con bomba de calor, producto chino</p>

Fuente: Fotografías tomadas por la Misión de JICA (20 de octubre de 2015)

Figura A8-3-1 Fotografías: Planta de paneles solares fotovoltaicos

Adjunto A8-4

Aprovechamiento de energías en instalaciones de desalinización

en la central termoeléctrica

Fue visitada una instalación de desalinización construida para obtener agua de reposición para el condensador de la central termoeléctrica Este-Habana. Se bombea el agua del mar y se convierte en agua pura mediante la desalinización con la membrana de osmosis inversa. Las bombas de alta presión (105 kW× 2 unidades) a la membrana de osmosis inversa, entre otros, consume gran cantidad de energía eléctrica (2.200 MWh/año aprox.).

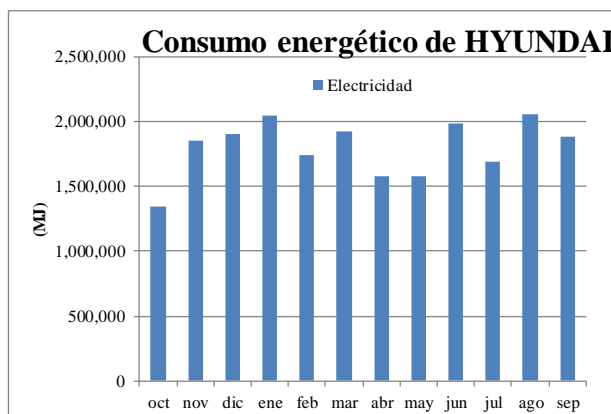
Es una instalación fabricada en Alemania y primer caso de introducción en una central termoeléctrica en Cuba. El costo de construcción es 50.000 USD.

Si se analiza en el futuro la economía de introducir un sistema de producción de agua pura por destilación (producir agua pura destilando el agua del mar en una caldera de la central), adoptado en Japón, hay posibilidad de esperar una ventaja.

La Figura A8-4-1 muestra el consumo energético de una instalación de desalinización (unitaria). Sumando los consumos energéticos mensuales de la misma instalación y fueron resumidos como valores convertidos en energía primaria (MJ). No hay uso de energías que no sea electricidad.

1.Consumo energético de HYUNDAI

				(MJ)
	Electricidad			TOTAL
oct	1.342.800			1.342.800
nov	1.850.760			1.850.760
dic	1.906.335			1.906.335
ene	2.044.800			2.044.800
feb	1.739.655			1.739.655
mar	1.928.115			1.928.115
abr	1.574.505			1.574.505
may	1.577.835			1.577.835
jun	1.985.085			1.985.085
jul	1.693.620			1.693.620
ago	2.057.130			2.057.130
sep	1.885.905			1.885.905
TOTAL	21.586.545			21.586.545
Ratio	100%	0%	0%	100%



Proporción de energía



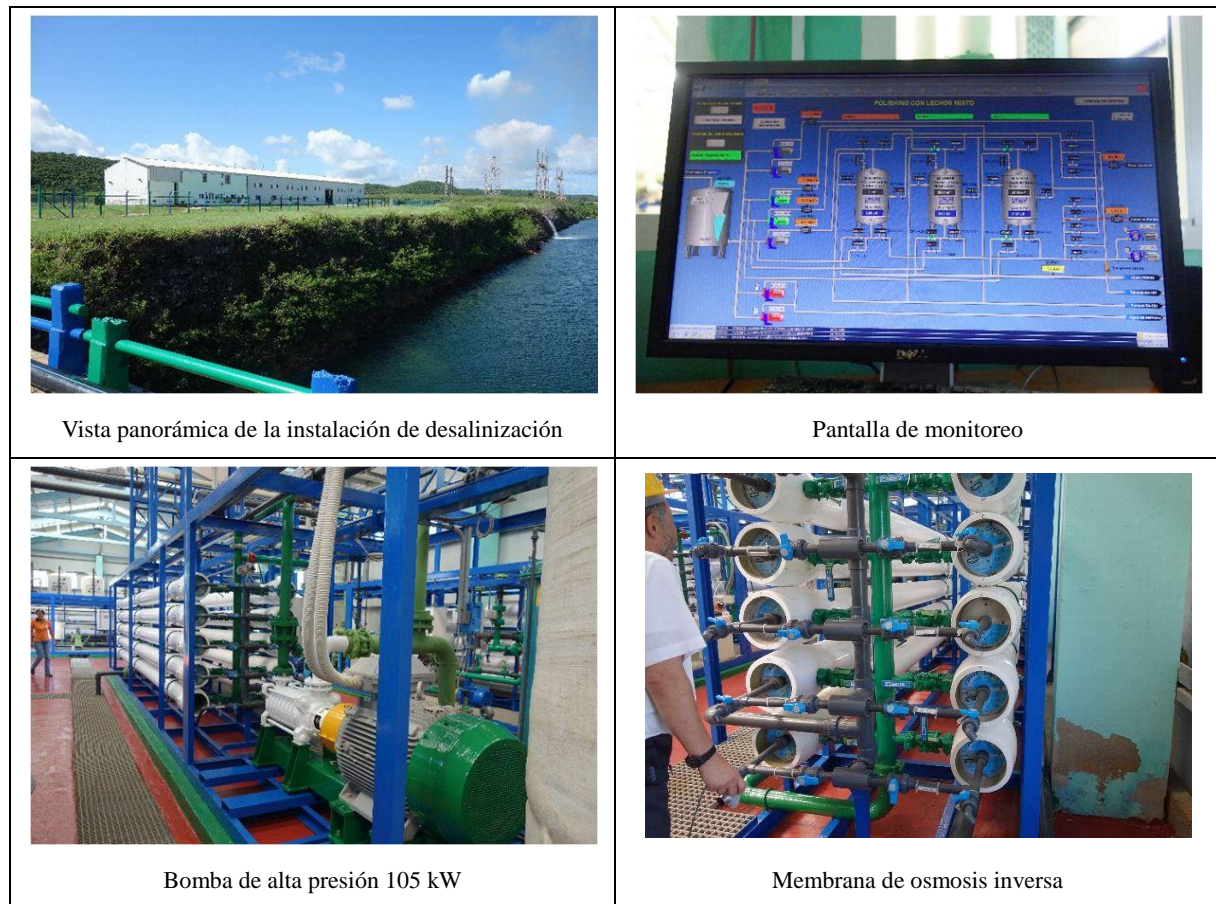
2.Conversion Value

Electricidad	10,0 MJ/kWh	Eficiencia en el extremo de recepción - suposición

Fuente: Elaborado por la Misión de JICA de acuerdo con los datos presentados por la central termoeléctrica Este-Habana

Figura A8-4-1 Consumo energético (Instalación de desalinización)

La Figura A8-4-1 presenta Fotografías de la instalación de desalinización. Son pantalla de monitoreo, bomba de alta presión y membrana de osmosis inversa.



Fuente: Fotografías tomadas por la Misión de JICA (21 de octubre de 2015)

Figura A8-4-2 Fotografías: Instalación de desalinización (En el terreno de la central termoeléctrica Este-Habana)