

## **Capítulo 5 Revisión del Pronóstico de la Oferta y Demanda de Energía Eléctrica**

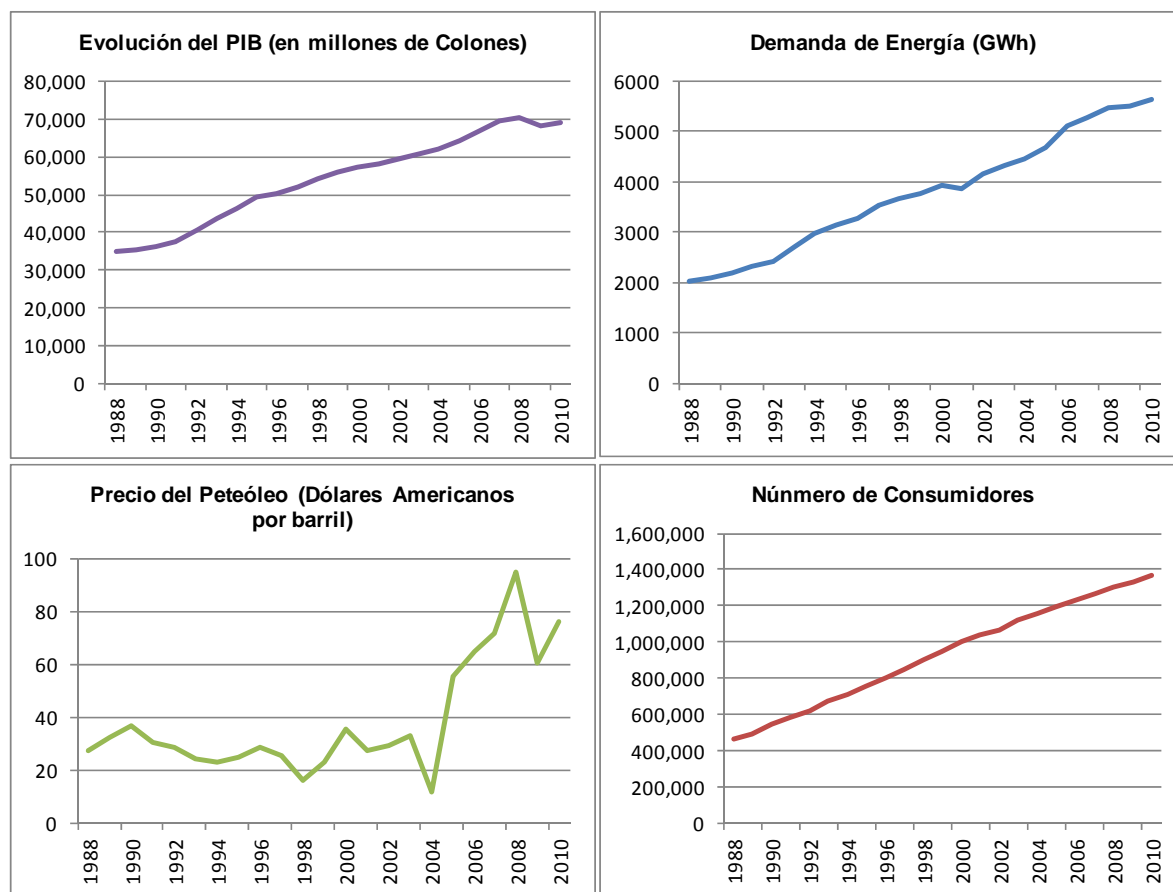
### **5.1 Revisión del Pronóstico de la Oferta y Demanda de Energía Eléctrica elaborado por el Gobierno**

La dirección de Mercado Eléctrico del CNE elaboró un reporte donde proyectó la oferta y demanda de la energía eléctrica en representación del gobierno de El Salvador en agosto de 2011. El pronóstico de la demanda se realizó para los próximos 15 años, desde 2012 al 2026, con el propósito de estimar la demanda por año en base a la generación de energía anual. El CNE también preparó 6 distintos escenarios de desarrollo que teóricamente permiten satisfacer la demanda pronosticada. En total se toman siete escenarios distintos para estimar los costos marginales de la operación para los 15 años.

Los esquemas del pronóstico de la oferta y demanda son descritos a continuación.

#### **5.1.1 Pronóstico de la Demanda de Energía**

Para la proyección de la demanda de energía, tanto a corto como a largo plazo, existen diferentes métodos de estimación, en este estudio se ha optado por el de Regresión Lineal Múltiple. En términos generales, dicho método consiste en explicar la evolución de la demanda de energía en función de variables tales como el Producto Interno Bruto (PIB), precios de combustibles y energía eléctrica, demanda de energía eléctrica, número de consumidores finales, etc. En esta sección no se encuentra una explicación detallada del sistema de Regresión Lineal Múltiple, pero sí se retoman los datos utilizados para pronosticar los resultados. Sabiendo que el mercado mayorista de El Salvador es dinámico; en términos de los distintos participantes como el caso de los productores de energía su capacidad instalada puede variar año con año. Por lo tanto el pronóstico de la demanda se considera como de referencia para tres escenarios: Alto, de Referencia (base) y Bajo. Las variables utilizadas para el análisis y el resultado del pronóstico de la demanda de energía son descritos de manera gráfica en la Figura 5.1.1.



(Fuente: CNE)

**Figura 5.1.1 Tendencia de los parámetros utilizados para el pronóstico de la demanda**

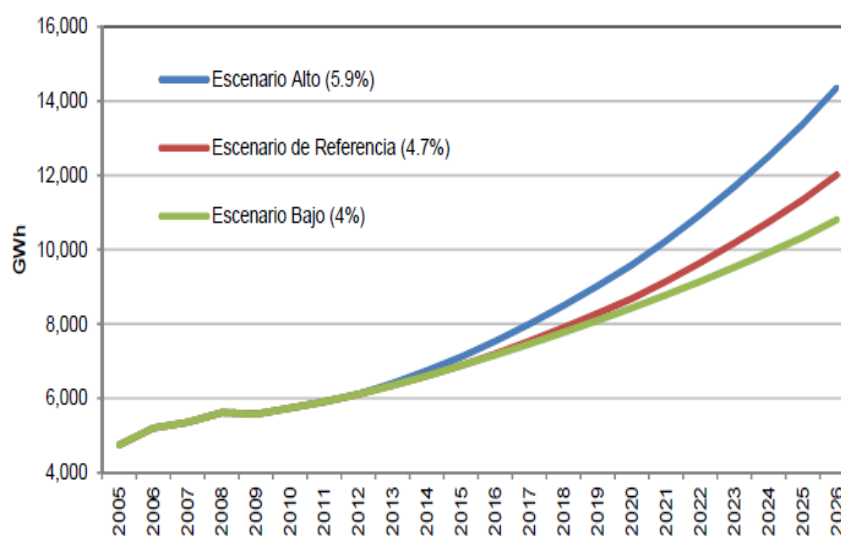
Asimismo, las condiciones de demanda específicas para el mercado eléctrico mayorista consideradas en las suposiciones de la demanda, proyectadas para un período de 15 años, desde el 2012 al 2026, se describen a continuación.

#### Condiciones

- Período del Estudio: desde el 2012 al 2026 (15 años)
- Referencia de Precio Constante: año 2010
- Tasa de Descuento: 12%
- Máxima capacidad de las unidades de generación eléctrica: 250 MW
- Área de estudio para el pronóstico: Sistema Eléctrico de El Salvador (sistema aislado, no se consideran las conexiones internacionales con Honduras y Guatemala)
- Confiabilidad del sistema de suministro de energía: 99.73% o más (interrupción de energía anual: menor a 24 horas)
- Número de escenarios: tres (Alto, de Referencia, Bajo)
- Suposiciones del PIB: La siguiente tabla es utilizada para pronosticar los 15 años del PIB.

Escenario \ Año	Pronóstico del PIB			
	2011 - 2012	2013 - 2015	2016 - 2020	2021 - 2026
Alto	2.8%	4.0%	4.5%	5.0%
Referencia	2.8%	3.0%	3.5%	4.0%
Bajo	2.8%	3.0%	3.0%	3.0%

Al aplicar las condiciones anteriores, se pueden obtener los resultados mostrados en la Figura 5.1.2 (gráfica y tabla). En un Escenario de Referencia para 15 años se espera que la demanda sea más del doble que la demanda actual.



Año	Pronóstico de Demanda Escenario de Referencia (GWh)	Demanda Pico de la Demanda Escenario de Referencia (MW) Reference Scenario
2005	4,744.80	829
2006	5,197.00	881
2007	5,352.60	906
2008	5,614.10	943
2009	5,574.80	906
2010	5,734.10	948
2011	5,906.10	976.2
2012	6,108.10	1,009.50
2013	6,346.30	1,048.90
2014	6,604.60	1,091.60
2015	6,877.10	1,136.60
2016	7,193.60	1,188.90
2017	7,536.60	1,245.60
2018	7,900.20	1,305.70
2019	8,283.10	1,369.00
2020	8,685.20	1,435.50
2021	9,146.30	1,511.70
2022	9,646.60	1,594.40
2023	10,179.70	1,682.50
2024	10,744.20	1,775.80
2025	11,340.80	1,874.40
2026	12,016.10	1,986.00

(Fuente: CNE)

**Figura 5.1.2 Pronóstico de la demanda para tres escenarios y valores para el escenario de Referencia**

## 5.1.2 Plan de Expansión de la Generación

### 5.1.2.1 Condiciones aplicadas en el Plan de Expansión de la Generación

El CNE preparó 6 escenarios para el plan de expansión de la generación para satisfacer la demanda pronosticada en las secciones anteriores. Los proyectos de energías renovables individuales a corto y mediano plazo son considerados en el plan de expansión de la generación y sus características principales se detallan a continuación en la tabla 5.1.1. Es importante mencionar que algunos de los datos de costo mostrados en la tabla son del año 2007, por lo tanto, es necesario actualizar dichos datos con la información más reciente disponible.

**Tabla 5.1.1 Proyectos de Generación de Energías Renovables a Corto y Mediano Plazo**

Nombre del Proyecto	Tipo	Potencia Generada (MW)	Costo de Inversión (US\$/kW)	Costo de Operación Anual (\$/kW)	Año Esperado para su Instalación
Chaparral Hidroeléctrica	Hidroeléctrica	66.1	4,997	16.9	2015
Expansión 5 de Noviembre	Hidroeléctrica	80	2,208	16.9	2016
Cimarrón Hidroeléctrica	Hidroeléctrica	261	2,871	16.86	2022
Optimización Ahuachapán	Geotérmica	5.00	6,066	55.0	2015
Berlín Unidad 6	Geotérmica	4.85	4,273	55.0	2016
Berlín Unidad 5	Geotérmica	26.46	2,890	55.0	2017
Chinameca Geotérmica	Geotérmica	47.25	2,359	55.0	2017
Expansión La Cabaña	Biomasa	15	2,000 (*)	—	2015 (*)
Expansión El Ángel	Biomasa	15 (10 MW de retiro, 25 MW generado)	960 (*)	—	Nov. 2011 (*)

(Fuente: CNE, Equipo de Estudio JICA) (\*): de acuerdo con resultados de entrevistas por el Equipo de Estudio JICA.

Aparte de los proyectos mencionados anteriormente, varios proyectos adicionales de empresas de propiedad estatal (CEL por ejemplo) y compañías privadas fueron considerados al formular el plan de expansión de la generación. Para formular este plan fue aplicado el método de menor costo basado en los costos de generación de cada proyecto. Los siguientes proyectos candidatos para el desarrollo de energía térmica fueron utilizados para formular dicho plan.

**Tabla 5.1.2 Proyectos Candidatos de Energía Térmica para satisfacer el incremento de Demanda**

Tipo	Potencia Generada (MW)	Costo de Inversión (\$/kW)	Costo fijo de O&M (\$/kW-año)	Costo Variable de O&M (\$/MWh)	Año esperado para su Instalación
Turbinas de Gas	100	885	9.7	2.7	2014
Motores a diesel	100	1,700	47.1	7.5	2014
Ciclo Combinado GNL	250	1,349	30.4	1.7	2016
Turbina a Vapor (Carbón)	250	3,028	33.8	2.1	2016
Motores a GNL	100	1,700	47.1	7.5	2018

(Fuente: CNE)

**5.1.2.2 Plan de Expansión de la Generación para el Escenario de Referencia**

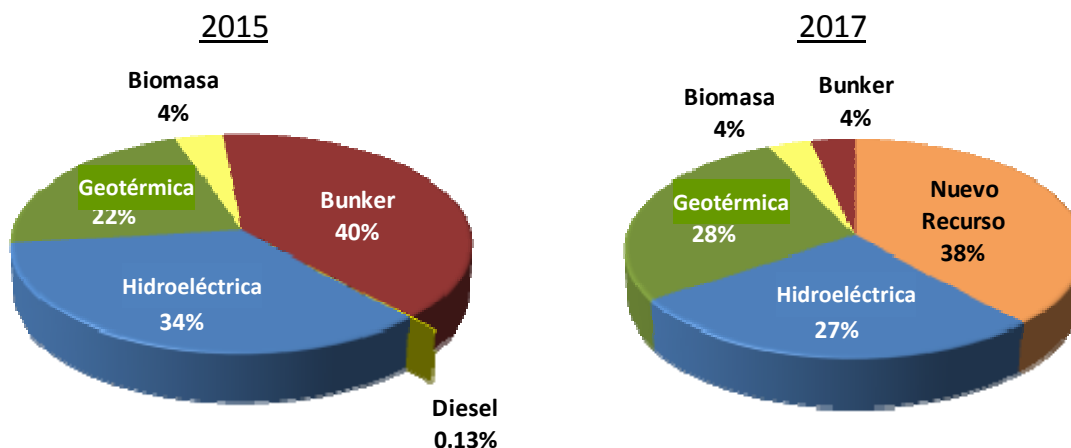
El CNE llevó a cabo la simulación de escenarios utilizando las condiciones mostradas en la sección anterior y formuló, en base a estas, un plan de expansión de la generación para el escenario de referencia. Los resultados se muestran en la tabla 5.1.3. La capacidad total de energía renovable (incluyendo medianas y grandes centrales hidroeléctricas de más de 20MW) es de 289 MW, como se muestra en las filas de la tabla sombreadas de gris, y esto representa el 18% de la inyección total (1,589 MW).

**Tabla 5.1.3 Plan Indicativo de Desarrollo de Energía (Escenario de Referencia)**

Año de Instalación	Nombre del Proyecto	Potencia Generada (MW)
2011	Expansión Ingenio El Ángel (Biomasa)	15
2012	Contrato Xacbal (Hidroeléctrica)	30
2013	Expansión Ingenio La Cabaña (Biomasa)	15
2015	Hidroeléctrica Chaparral (Hidroeléctrica)	66
	Optimización Geotérmica Ahuachapán. (Geotérmica)	5
2016	Expansión hidroeléctrica 5 de Noviembre (Hidroeléctrica)	80
	Geotérmica Berlín, Unidad 6 (Geotérmica)	5
	Ciclo Combinado Gas Natural –a	250
	Ciclo combinado Gas Natural –b	107
2017	Central Geotérmica Chinameca (Geotérmica)	47
	Geotérmica Berlín, Unidad 5 (Geotérmica)	26
	Ciclo Combinado Gas Natural – b	143
2019	Motores de media velocidad, gas natural	100
2020	Motores de media velocidad, gas natural	100
2021	Motores de media velocidad, gas natural	100
2023	Ciclo combinado Gas Natural – c	250
2026	Ciclo combinado Gas Natural – d	250
Subtotal por Energía Térmica		1,300
Subtotal por Fuentes de Energía Renovables		289
Total		1,589

(Fuente CNE)

Como visto en la tabla anterior, el gobierno de El Salvador tendría que introducir intensivamente recursos de energía renovables desde el 2011 hasta el 2016 para renovar drásticamente la matriz energética del país. Dicha intención es simulada en la Figura 5.1.3. y propone disminuir la dependencia en la generación térmica convencional.



(Fuente: CNE)

**Figura 5.1.3 Cambio de la Matriz Energética a corto plazo propuesto por el Plan de Expansión de la Generación Eléctrica**

La Figura 5.1.4 muestra los cambios de la matriz energética en términos del monto de producción anual de energía para un período de 15 años, desde el 2012 hasta el 2026 (mismo período en la formulación del plan de expansión de la generación). Esta figura también muestra los cambios drásticos en la matriz energética entre el 2015 y 2017 al remplazar centrales térmicas convencionales por recursos de energía renovables o energía térmica por gas natural, esto finalmente mejora la matriz energética.

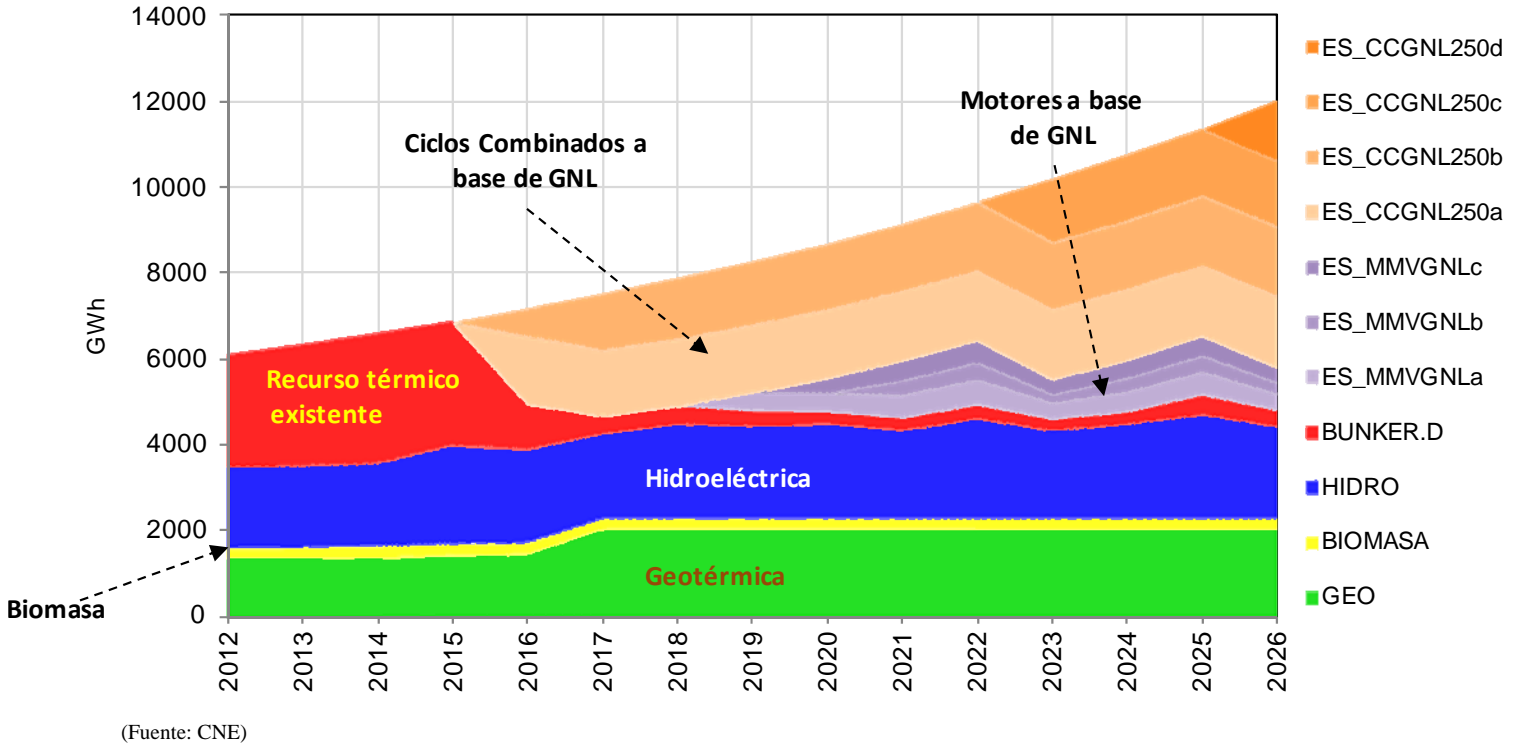
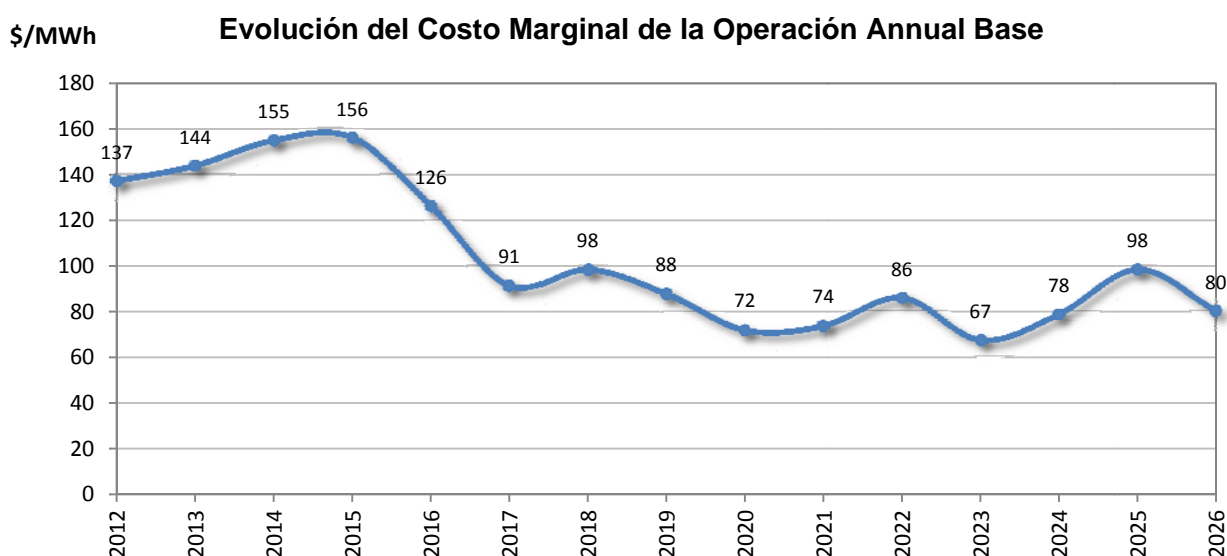


Figura 5.1.4 Cambio de cantidad de generación eléctrica por tipo de fuente de energía

Además, el gobierno tendría que intentar reducir los costos en la generación de energía a largo plazo a través de cambios drásticos en las fuentes de generación de energía antes mencionadas. La Figura 5.1.5 presenta el resultado de una simulación del costo marginal para la operación anual. Del resultado de la simulación, se puede ver como el gobierno de El Salvador podría disminuir el nivel del costo actual de generación de 140 a 160 US \$/MWh (14 a 16 centavos de US \$/kWh) a un nivel de 70 a 100 US\$/MWh (7 a 10 centavos de US\$ /kWh) al cambiar la matriz energética en los próximos cinco años.

Para obtener la matriz de energía antes mencionada el gobierno de El Salvador decidió introducir “un contrato a largo plazo a través de ofertas (periodo máximo de 15 años)” en agosto del 2011. El sistema se introdujo con el propósito de lograr (1) reducir el costo de producción de energía a través de ofertas, (2) obtener un suministro estable de energía basándose en contratos a largo plazo. En el pasado, los contratos a largo plazo se llevaban a cabo entre las compañías generadoras y las compañías distribuidoras por medio de negociaciones bilaterales. El plan concreto a realizar “contrato a largo plazo a través de ofertas” “Plan de adquisición de energía de 350 MW” el cual se encuentra en proceso. Información detallada del plan se encuentra descrita en la sub-sección 5.1.2.4.



(Fuente: CNE)

**Figura 5.1.5 Resultados de Simulación de los costos marginales para la operación anual**



### 5.1.2.3 Otros escenarios para el Plan de Expansión de la Generación

El CNE calculó el costo marginal de la operación para otros seis escenarios basados en el Escenario de Referencia de expansión. De acuerdo con los resultados de la simulación, el Escenario de Energías Renovables es competitivo en cuanto a términos de costo marginal, por tanto, es posible implementar este escenario. Sin embargo, de acuerdo al CNE el escenario de energía renovable solo toma en consideración el costo de desarrollo para los cálculos. Los costos de operación y mantenimiento no son considerados ya que información detalle de la misma no se encuentra disponible por el momento. Por lo tanto, es necesario comparar el costo marginal de operación al aplicar posibles costos de operación y mantenimiento actuales.

**Tabla 5.1.4 Lista de Escenarios del Plan de Expansión de la Generación y los Costos Marginales de la Operación**

Escenario	Inversión (Mill. USD)	Costo de Operación (Mill. USD)	Total (Mill. USD)	Costo Marginal de la Operación (USD /MWh)
De Referencia	977.91	2,280.2	3,258.11	111
Demanda Alta	1,062.02	2,672.9	3,734.92	120
Desfase Proyectos	973.33	2,302.8	3,276.13	108
Energía Hidroeléctrica Cimarrón	1,028.65	2,225.4	3,254.05	116
Inversión Alta CCGNL	1,005.29	2,298.5	3,303.79	115
Combustibles Altos	1,002.17	2,920.5	3,922.67	148
Energías Renovables	1,290.04	2,138.4	3,428.44	110

(Fuente: CNE)

En la Tabla 5.1.5 se presenta un Plan de Desarrollo para el Escenario de Energías Renovables. El aporte de los recursos de energías renovables se encuentra mostrado en las filas sombreadas de gris, incluyendo medianas y grandes centrales hidroeléctricas (mayores de 20 MW de capacidad), las cuales representan el 44% (680 MW) del desarrollo total de 1,530 MW. Este monto es más del doble comparado con los 289 MW obtenidos en el Escenario de Referencia. En el estudio se llevaran a cabo examinaciones para formular el plan maestro, enfocándose en dos escenarios representativos (1) el escenario de referencia descrito en la sub-sección 5.1.2.2 y (2) el escenario de energía renovable. Para la examinación se tomaran en cuenta los planes de desarrollo mas actualizados, preparados por compañías generadoras tales como CEL y LaGeo.

**Tabla 5.1.5 Plan de Desarrollo para el Escenario de Energías Renovables**

Año de Instalación	Nombre del Proyecto	Potencia Generada (MW)
2011	Expansión Ingenio El Ángel (Biomasa)	15
2012	Contrato Xacbal (Hidro)	30
2013	Expansión Ingenio La Cabaña (Biomasa)	15
2015	Hidroeléctrica Chaparral (Hidro)	66
	Optimización Geotérmica Ahuachapán. (Geotérmica)	5
	Fotovoltaico – a	5
2016	Expansión hidroeléctrica 5 de Noviembre (Hidro)	80
	Geotérmica Berlín, Unidad 6 (Geotérmica)	5
	Ciclo Combinado Gas Natural –a	250
	Ciclo combinado Gas Natural –b	250
	Pequeña Central Hidroeléctrica – a	10
2017	Central Geotérmica Chinameca (Geotérmica)	47
	Geotérmica Berlín, Unidad 5 (Geotérmica)	26
	Pequeña Central Hidroeléctrica - b	10
	Fotovoltaico - b	3
	Parque Eólico	42
	Térmico Solar Concentrado	50
2018	Fotovoltaico - c	10
2021	Motores de media velocidad, gas natural	100
2022	Ciclo combinado Gas Natural – c	250
	Cimarrón	261
Subtotal por Energía Térmica		850
Subtotal por Fuentes de energía renovables		680
Total		1,530

(Fuente: CNE)

**5.1.2.4 Plan de Adquisición de Energía a 350 MW**

Para llevar a cabo planes de expansión de generación que figuran en las subsecciones 5.1.2.2 y 5.1.2.3, el Gobierno de El Salvador planes para adquirir fuentes de energía por valor de 350 MW en total (en adelante, el plan se denomina como "350 MW de potencia Plan de Adquisiciones "). Los 350 MW de potencia Plan de Adquisiciones estaba preparado para lograr el "contrato a largo plazo a través de licitaciones" que fue anunciado en agosto de 2011. Importe previsto la contratación total es de 350 MW, que consiste en ciclo combinado a gas natural y fuentes renovables de energía, etc. contratos a largo plazo utilizado para llegar a la conclusión entre generadores y distribuidores a través de negociaciones bilaterales individuales. Su objetivo es reducir el los costos de adquisición de energía mediante la aplicación de los procedimientos de licitación en el contrato a largo plazo. Proceso de licitación para "350 MW de potencia Plan de Adquisiciones", coordinada por una empresa de distribución de DELSUR como una ventana. Oferta se cerró en diciembre de 2011 y el resultado se dará a conocer en el primer trimestre de 2012. el poder suministro a través del "Plan de 350 MW de adquisición de electricidad" se iniciará a partir del año 2016.

## **5.2 Evaluación preliminar para determinar cuántos proyectos en Energías Renovables pueden introducirse en la matriz energética.**

Como se encuentra descrito en la sub-sección 5.1, el CNE preparo varios escenarios para el plan de expansión de generación. Los objetivos del estudio son “Escenario de Referencia” y “Escenario de Energía Renovable”. Los cuales están basados en la recolección de material e información (descritos en el capítulo 4), durante la etapa inicial del estudio (etapa de recolección y examinación), ambos escenarios fueron revisados y examinados. Ambos escenarios están basados en planes actualmente en existencia desarrollados por compañías generadoras. Por lo tanto estos escenarios pueden ser tomados de manera apropiada.

Existen algunas posibilidades de retraso en el tiempo de la instalación de los distintos proyectos individuales debido a la situación económica y social, debido a que algunos de los proyectos planeados pertenecen a empresas privadas. En estos casos, es necesario ajustar los detalles del escenario, mas sin embargo, este escenario a largo plazo para los próximos 15 años también puede ser considerado como apropiado.

## **5.3 Consistencia entre los Planes de Proyectos de Desarrollo de Electricidad y la Introducción de las Energías Renovables**

De los dos escenarios descritos en la sección anterior llamadas de la siguiente manera escenarios de “Referencia” y “Energía Renovable”, se examina su consistencia con el plan de desarrollo de energía.

“Escenario de Referencia” consiste de gas natural para termo energía de mas del 80%. Se llevaron a cabo estudios tomando en consideración el factor de planta de gas natural de termo energía a 70%, se confirmo que la generación de energía era satisfactoria para la demanda por los siguientes 15 años. En el escenario de referencia, la proporción de las fuentes de energía renovable incluyendo de las medianas y grandes hidroeléctricas, es menor del 20%.

“Escenario de Energía Renovable” consiste de un 44% de fuentes de energía renovable (incluyendo medianas y grandes hidroeléctricas) y 56% de termo energía proveniente del gas natural. Debido a la alta proporción de las fuentes de energía renovable con plantas de bajo desarrollo como la foto voltaica y la eólica, es importante confirmar el suministro de energía al momento de estas ser introducidas. Por el momento parece ser que el escenario a sido preparado tomando en cuanta las fuentes de energía renovable como máximo y compensando el balance por medio de la termo energía proveniente del gas natural. Por lo tanto el escenario puede ser considerado como consistente con el plan de desarrollo de energía.

Para la formulación del plan maestro descrito en el capítulo 8, la consistencia del plan de desarrollo de energía será examinado minuciosamente.