

**Análisis de componente nacional e impacto económico y social que surge de la generación de energía eléctrica a partir de las siguientes fuentes: solar fotovoltaica, biomasa, eólica y gas natural en centrales de ciclo combinado.**

Setiembre de 2015

Resumen Ejecutivo

## INDICE

1. Objetivo y Alcance del Trabajo .....	4
2. Análisis de Componente Nacional.....	4
2.1. Estimación de los costos de inversión y O&M según potencia instalada.....	4
2.2. Componente nacional en fase construcción.....	5
2.3. Componente nacional en fase O&M.....	6
2.4. Resultados obtenidos.....	6
3. Análisis de Impacto Socioeconómico.....	7
3.1. Creación de empleo directo.....	7
3.2. Impacto en términos de empleo indirecto.....	8
3.3. Generación de valor agregado bruto.....	8
3.4. Efecto multiplicador.....	9
3.5. Impacto en términos de recaudación de IRAE.....	10
3.6. Impacto sobre las importaciones.....	10
3.7. Impacto en términos de descentralización.....	10
Fuentes consultadas.....	12

Los procedimientos realizados en el presente trabajo fueron limitados en naturaleza, oportunidad y alcance a aquellos que la DNE determinó más apropiados. Como tal, este informe puede no revelar todos los asuntos significativos acerca de los proyectos. Por otra parte, los procedimientos no incluyen una auditoría ni un examen o revisión de la información histórica y prospectiva, por tanto no expresamos opinión alguna, ni ninguna otra forma de certeza sobre la información incluida en el presente informe ni sobre la razonabilidad de los supuestos utilizados.

Dado que la mayoría de las tecnologías analizadas son nuevas para el Uruguay, la estructura de costos estimada durante las distintas etapas de los proyectos fue realizada en base a experiencias específicas de los técnicos que participaron en el estudio, a entrevistas realizadas y a supuestos y expectativas según datos extraídos de fuentes públicas y privadas. No obstante, a la fecha estos proyectos no cuentan con suficiente trayectoria, en tanto que no es recomendable replicar la situación de otros países de manera directa. Por estos motivos, las proyecciones presentadas pueden diferir del comportamiento que efectivamente se termine verificando. Los resultados de nuestro trabajo así como la metodología utilizada llevan implícito un margen de error que debería ser contemplado para cualquier toma de decisiones basadas en los resultados obtenidos. A su vez, las proyecciones y estimaciones realizadas podrían no materializarse en el futuro por efectos de diversos factores políticos, técnicos, tecnológicos y/o económicos. Estas diferencias podrían ser materiales. No asumiremos responsabilidad alguna por las decisiones tomadas en base a la información contenida en este trabajo.

Los resultados de nuestro trabajo y las metodologías empleadas fueron debidamente compartidos con la DNE previo a la emisión de este informe.

## 1. Objetivo y Alcance del Trabajo

El objetivo de este informe es presentar los principales resultados obtenidos en la consultoría realizada para la Dirección Nacional de Energía (DNE) consistente en el análisis de componente nacional potencial e impacto socioeconómico proveniente de la aplicación de proyectos de inversión en plantas de generación de energía eléctrica a partir de las fuentes solar fotovoltaica, eólica, biomasa y gas natural en centrales de ciclo combinado.

El trabajo consistió en la ejecución de dos fases:

- Estimación de Componente Nacional mínimo y máximo potencial durante la etapa de Construcción y de Operación y Mantenimiento. Se incluyó la sensibilidad de los resultados para distintas escalas de planta.
- Análisis de impacto socioeconómico proveniente de la aplicación de cada escala y factor de producción específico. Este análisis se midió a través de una serie de indicadores comentados más adelante.

En todos los casos los cálculos se llevaron a cabo considerando la siguiente combinación de potencia instalada y factores de planta:

Escenarios definidos para la realización de análisis de sensibilidad		Potencia Instalada						
		10 MW	20 MW	50 MW	100 MW	180 MW	200 MW	532 MW
Factor de Planta	18%	Solar		Solar	Solar			
	20%					CC		CC
	40%	Eólica		Eólica	Eólica	CC	Eólica	CC
	60%	Biomasa	Biomasa	Biomasa		CC		CC
	75%	Biomasa	Biomasa	Biomasa				
	90%	Biomasa	Biomasa	Biomasa		CC		CC

## 2 Análisis de componente nacional

La estimación del porcentaje de componente nacional se realizó por separado para las etapas de construcción y O&M en proyectos asociados a cada una de las cuatro fuentes señaladas.

### 2.1. Estimación de los costos de inversión y O&M según potencia instalada

El monto de inversión total en dólares se estimó considerando las siguientes etapas:

- *Desarrollo* del proyecto y estudios previos a la construcción (estudios técnicos, ingeniería, topografía, estudios económicos, financieros, jurídicos, notariales, contables, seguros, etc.).
- *Instalación* de la planta de generación (adquisición de bienes de capital, montaje y puesta en marcha, obras civiles, fletes).
- *Interconexión* a la red de transmisión de energía eléctrica.

A su vez, en los rubros incluidos en cada una de las etapas mencionadas se llevó a cabo una desagregación en los siguientes conceptos:

- Bienes de capital (maquinaria, equipos y materiales de obra)
- Mano de obra (retribuciones salariales por la obra civil, instalación y montaje). En caso de que los trabajadores realicen aportaciones al BPS se la considera mano de obra nacional.
- Otros servicios (prestados durante la fase de desarrollo, fletes, seguros)

Para la fase de O&M se consideraron los costos anuales que incluyen pagos de retribuciones salariales al personal de planta, materia prima en caso de que correspondiere (biomasa y GNL) insumos para la operación de la planta, servicios de mantenimiento, arrendamiento, seguros, etc.

## 2.2. Componente nacional en fase construcción

El porcentaje de componente nacional de la inversión se define como la participación de la inversión en bienes y servicios producidos localmente (CN) sobre el total de la inversión bruta fija que también incluye importaciones de activos asociados al componente extranjero (CE).

$$\text{Porcentaje de CNI (\%)} = \frac{CN}{CN + CE}$$

Para cada fuente y escala, se realizó la estimación de componente nacional considerando los siguientes escenarios: i) mínimo nominal; ii) mínimo efectivo; iii) máximo nominal; iv) máximo efectivo.

*Componente nacional mínimo:* Se requiere la existencia de oferta en el mercado local, y a un precio competitivo en caso de que el bien sea importable con los costos arancelarios correspondientes. Debe entenderse como una estimación de mínimo potencial, lo cual significa que en los hechos los proyectos privados pueden optar por fijar un menor porcentaje por diversas razones, tales como la centralización de compras con proveedores del exterior (lo cual podría implicar una reducción de costos de transacción) o como criterio conservador para los posteriores procedimientos de acreditación de componente nacional con las autoridades evaluadoras.

*Componente nacional máximo:* se requiere la existencia de capacidad y/o potencial tecnológico para la producción del bien en plaza, independientemente del eventual sobrecosto. Es de hacer notar que estos escenarios (que con la capacidad productiva actual no son alcanzables) pueden enfrentar las siguientes barreras: i) insuficiencia en la escala de la industria nacional actual, por lo que se requeriría una inversión para expandir la capacidad productiva; ii) requerimientos de homologación por parte de los proveedores internacionales de maquinarias y equipos.

*Componente nacional nominal:* para los bienes de capital, el valor del bien computa en un 100% como componente nacional si contiene al menos 35% de valor agregado nacional.

*Componente nacional efectivo:* se computa el porcentaje efectivo de valor agregado nacional sobre el valor del bien.

Cabe señalar que los cálculos de porcentaje de componente nacional son lineales, y no consideran restricciones en términos de asignación de componente nacional para bienes de capital, obra civil, montaje y transporte (matriz de puntajes) utilizado en algunos procedimientos licitatorios.

### 2.3. Componente nacional en fase O&M

Se aplica la misma fórmula definida en el capítulo anterior, tomando en consideración los costos anuales de operación y mantenimiento durante la fase operativa de la planta generadora. Este cálculo no incluye el análisis de mínima y máxima y se realiza en términos efectivos.

### 2.4. Resultados obtenidos

Estimación de Componente Nacional Mínimo Potencial Nominal - fase construcción							
	10 MW	20 MW	50 MW	100 MW	180 MW	200 MW	532 MW
Ciclo Combinado					28,6%		27,4%
Solar	36,9%		34,8%	32,7%			
Eólica (torre acero)	34,6%		33,2%	31,5%		30,4%	
Eólica (torre híbrida)	34,9%		33,4%	31,7%		30,6%	
Biomasa	68,3%	36,3%	38,6%				

El componente nacional mínimo potencial nominal de la planta de ciclo combinado está básicamente compuesto por mano de obra y materiales de construcción en algunos casos, al igual que gastos de transporte, seguros y parte de la inversión en desarrollo.

El componente nacional mínimo potencial nominal de la granja solar fotovoltaica se compone de gastos de desarrollo, transporte, seguros, mano de obra, materiales, montaje de paneles solares y los siguientes bienes de capital: cables AC y DC, transformadores de MT y línea de MT.

El componente nacional mínimo potencial nominal del parque eólico se compone de gastos de desarrollo, transporte, seguros, mano de obra, materiales, montaje y puesta en marcha, cables de MT y línea de MT. No se incluye al transformador de MT por considerar que está integrado a la nacelle que es importada. En el caso de la torre híbrida (compuesta por tramos de hormigón y acero) se maneja el supuesto conservador de que la torre es importada de Brasil, aunque si la relación de precios es favorable podría ser producida localmente a precios competitivos lo cual implica una mayor probabilidad de alcanzar el escenario de máxima.

El componente nacional mínimo potencial nominal de la planta de biomasa es significativamente mayor para la escala de 10 MW en el entendido de que existe industria nacional para la fabricación de calderas.

Estimación de Componente Nacional Máximo Potencial Nominal - fase construcción							
	10 MW	20 MW	50 MW	100 MW	180 MW	200 MW	532 MW
Ciclo Combinado					39,1%		38,1%
Solar	86,4%		83,6%	83,3%			
Eólica (torre acero)	55,0%		52,8%	52,3%		52,0%	
Eólica (torre híbrida)	35,1%		51,7%	51,2%		50,8%	
Biomasa	75,7%	76,4%	74,7%				

El componente nacional máximo potencial nominal de la planta de ciclo combinado se ve incrementado por la posibilidad de agregar valor en la fabricación local de calderas, lo cual requeriría

una inversión de los proveedores nacionales para ampliar la capacidad productiva y alcanzar las escalas requeridas. También supone un sobrecosto en comparación con la caldera importada.

El componente nacional máximo potencial nominal de la granja solar fotovoltaica se ve incrementado por la provisión local de estructuras y la posible fabricación nacional de paneles solares (actualmente no existe industria nacional, pero se han detectado proyectos para instalar plantas ensambladoras de paneles en plaza).

El componente nacional máximo potencial nominal del parque eólico supone la fabricación nacional de torres para aerogeneradores (agregación de valor a la importación de estructuras cónicas). Por las características de la estructura productiva actual, más factible de alcanzar el escenario de máxima con torres híbridas que con torres exclusivamente de acero.

El componente nacional máximo potencial nominal de la planta de biomasa incluye equipos relacionados al sistema de tratamiento de biomasa y tratamiento de humos. En las escalas de 20 MW y 50 MW también incluye la fabricación de calderas nacionales.

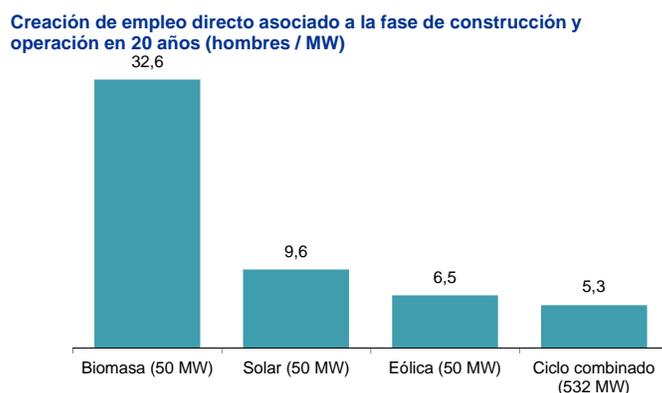
### 3 Análisis de impacto socioeconómico

#### 3.1. Creación de empleo directo

Por empleo directo se entiende la contratación de puestos de trabajo directamente asociados al proyecto durante las siguientes fases:

- Construcción (obreros, dirección de obra y personal administrativo durante el período de las obras)
- O&M (dotación fija anual de empleados en la planta generadora)

A continuación se exhibe gráfico comparativo con la estimación del empleo directo generado en cada fuente por MW de potencia instalada. Los datos se expresan en hombres-año, es decir considerando la suma de flujos anuales de trabajadores empleados durante la fase de construcción y durante la fase de operación a lo largo de 20 años.



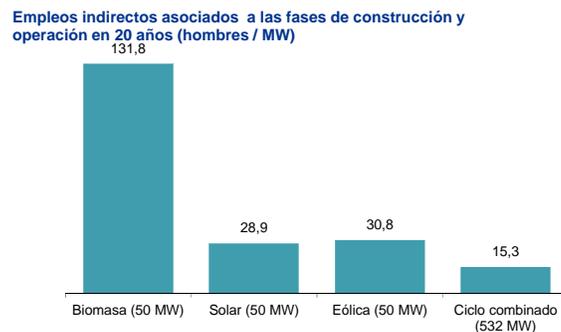
Se advierte que los proyectos de biomasa son los más intensivos en mano de obra directa, lo cual se cumple tanto en la fase de construcción como de operación.

### 3.2. Impacto en términos de empleo indirecto

El empleo indirecto refleja:

- Los puestos de trabajo requeridos para la producción de bienes y servicios nacionales demandados durante la etapa de construcción.
- Los puestos de trabajo requeridos para la producción de bienes y servicios que integran la canasta de consumo de los trabajadores directamente empleados durante la etapa de construcción (supone que las retribuciones salariales líquidas se gastan en consumo de bienes y servicios).
- Los puestos de trabajo requeridos para la producción de bienes y servicios nacionales demandados durante la etapa de operación.
- Los puestos de trabajo para la producción de bienes y servicios que integran la canasta de consumo de los trabajadores directamente empleados durante la etapa de operación.

La estimación de los puestos de trabajo indirectos incluye el efecto en cascada hacia atrás a lo largo de la cadena productiva, partiendo de un vector de demanda directa de bienes y servicios nacionales elaborado en base a la estimación de la demanda de componente nacional efectivo descrita en el capítulo 2.2.



El proyecto con mayor impacto en términos de empleos indirectos es el de biomasa, en donde se verifica un derrame de actividad en la cadena de abastecimiento de la materia prima (biomasa forestal). Distinto es el caso de la central de gas natural en ciclo combinado, donde la materia prima (gas natural licuado) es importada.

### 3.3. Generación de valor agregado bruto

Para cada proyecto se midió la contribución en términos de valor agregado con frecuencia anual aplicando los siguientes criterios:

- Fase construcción: inversión bruta fija realizada en componente nacional efectivo
- Fase operación: valor de venta final menos compras de bienes y servicios importados

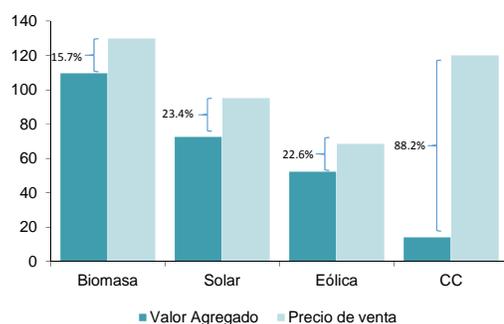
Para la estimación de flujos anuales de valor agregado durante la fase de operación, se efectuó un análisis de flujo de fondos desde el punto de vista del proyecto, con flujos expresados en dólares constantes descontados a una tasa real del 5%. El precio de venta de la energía eléctrica se definió

siguiendo referencias en base a valores de PPA vigentes actualizados a 2015. El cociente entre el valor actual del valor agregado bruto y la energía generada durante la vida del proyecto arroja una estimación del valor agregado en términos de USD/MWh.

Generación de Valor Agregado (USD/MWh) - Escenario CN Mínimo Potencial		Potencia Instalada						
		10 MW	20 MW	50 MW	100 MW	180 MW	200 MW	532 MW
Factor de Planta	18%	73,5		73,2	71,5			
	20%					18,1		17,1
	40%	55,4		53,6	52,1	14,3	51,0	13,8
	60%	123,6	118,6	118,2		13,1		12,7
	75%	111,1	107,1	106,8				
	90%	102,8	99,5	99,1		12,2		12,0

Fuentes: Biomasa - CC - Eólica - Solar.

Valor agregado generado por proyecto (USD/MWh)



Se advierte que los proyectos de biomasa son los que tienen mayor aportación a la economía en términos de valor agregado. A su vez, en comparación con el precio de venta de la energía eléctrica, la brecha porcentual es más reducida en el caso de los proyectos de biomasa, donde el valor agregado medido en USD/MWh representa el 84.3% del precio. Según este criterio de medida, los proyectos solares y eólicos tienen la misma contribución, en tanto que los proyectos de ciclo combinado son los que tienen la brecha más amplia.

### 3.4. Efecto multiplicador

El efecto multiplicador del proyecto se estima a través de la propensión marginal a consumir aplicada al incremento del gasto que incide en un consumo de bienes nacionales aplicado a la porción de los ingresos no destinados al ahorro. Esta medida puede ser asimilable a una externalidad económica del proyecto más allá del valor agregado mencionado anteriormente que es inherente a su concreción.

Efecto Multiplicador (USD/MWh) - Escenario CN Mínimo Potencial		Potencia Instalada						
		10 MW	20 MW	50 MW	100 MW	180 MW	200 MW	532 MW
Factor de Planta	18%	13,1		11,0	9,7			
	20%					6,5		5,8
	40%	8,2		7,4	6,7	3,2	6,2	2,9
	60%	22,4	14,4	11,7		2,2		1,9
	75%	17,9	11,5	9,3				
	90%	14,9	9,6	7,8		1,4		1,3

Fuentes: Biomasa - CC - Eólica - Solar.

### 3.5. Impacto en términos de recaudación de IRAE

Para determinar el impacto de la recaudación tributaria en términos de IRAE, se simuló una renta fiscal proveniente de la aplicación del proyecto para cada fuente y escala. En los proyectos de energía solar, eólica y de biomasa se simuló una exoneración parcial de IRAE proveniente de la aplicación al Régimen de Promoción de Inversiones siguiendo la Ley N° 16.906 y el Decreto N° 02/12 a través de los indicadores de Descentralización y Tecnologías más Limpias. A continuación se expresan los valores actuales de pagos de IRAE proveniente de cada proyecto.

Recaudación de IRAE (USD/MWh)		Potencia Instalada						
		10 MW	20 MW	50 MW	100 MW	180 MW	200 MW	532 MW
Factor de Planta	18%	2,7		3,0	3,3			
	20%					0,0		0,0
	40%	4,2		4,1	4,1	0,0	4,1	0,2
	60%	1,8	3,0	3,7		0,8		0,9
	75%	1,9	2,8	3,4				
	90%	1,9	2,7	3,2		1,3		1,4

Fuentes: Biomasa - CC - Eólica - Solar.

### 3.6. Impacto sobre las importaciones

Para cada proyecto (según fuente, escala y factor de planta) se despejó un flujo de importaciones de bienes y servicios durante la fase de construcción (complemento del monto de componente nacional efectivo descrito luego de la aplicación el porcentaje estimado en el capítulo 2.2) y la fase de operación (capítulo 2.3).

Impacto en importaciones (USD/MWh) - Escenario CN Mínimo Potencial		Potencia Instalada						
		10 MW	20 MW	50 MW	100 MW	180 MW	200 MW	532 MW
Factor de Planta	18%	29,2		30,2	30,1			
	20%					61,8		60,7
	40%	21,2		25,4	25,0	53,0	24,9	52,5
	60%	16,2	17,1	15,5		50,2		49,8
	75%	13,0	13,7	12,4				
	90%	10,9	11,4	10,4		48,3		48,1

Fuentes: Biomasa - CC - Eólica - Solar.

### 3.7. Impacto en términos de descentralización

Se supone que el personal directo contratado para la etapa de construcción y operación está conformado por trabajadores oriundos del departamento en el cual se localice el proyecto. Por consiguiente, al valor actual de la masa salarial retribuida durante la vida del proyecto se la multiplicó por la diferencia porcentual entre el ingreso medio de los hogares (sin valor locativo) del departamento con mayor nivel de ingresos y el del departamento en cuestión, medido en términos de Paridad de Poderes de Compra, lo cual da como resultado una estimación del impacto positivo de la aplicación del proyecto en términos de descentralización.

Descentralización (USD / MWh)												
	Solar (FP: 18%)			Eólica (FP: 40%)				Biomasa (FP: 75%)			CC (FP: 60%)	
	10 MW	50 MW	100 MW	10 MW	50 MW	100 MW	200 MW	10 MW	20 MW	50 MW	180 MW	532 MW
Maldonado	3,9	3,0	2,5	1,8	1,4	1,1	0,9					
Río Negro	3,7	2,9	2,4	1,8	1,4	1,1	0,9					
San José	4,5	3,6	2,9	2,2	1,7	1,3	1,1				1,0	1,0
Colonia	4,4	3,5	2,8	2,1	1,6	1,3	1,0					
Rocha	8,6	6,7	5,5	4,1	3,1	2,5	2,0					
Montevideo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0					
Canelones	3,1	2,4	1,9	1,5	1,1	0,9	0,7					
Salto	2,9	2,3	1,9	1,4	1,1	0,8	0,7					
Paysandú	2,8	2,2	1,8	1,3	1,0	0,8	0,7					
Durazno	4,6	3,6	2,9	2,2	1,7	1,3	1,1					
Artigas	4,9	3,9	3,1	2,3	1,8	1,4	1,1					
Flores	1,9	1,4	1,2	0,9	0,7	0,5	0,4					
Soriano	2,2	1,8	1,4	1,1	0,8	0,6	0,5					
Tacuarembó	5,6	4,4	3,6	2,6	2,0	1,6	1,3	7,5	5,0	4,0		
Florida	2,1	1,6	1,3	1,0	0,8	0,6	0,5					
Cerro Largo	7,8	6,1	5,0	3,7	2,8	2,2	1,8					
Rivera	4,6	3,6	2,9	2,2	1,7	1,3	1,1	6,1	4,1	3,3		
Lavalleja	1,3	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3					
Treinta y Tres	2,8	2,2	1,8	1,3	1,0	0,8	0,6					

## Fuentes consultadas

- Entrevistas con 40 desarrolladores locales e internacionales y proveedores locales efectivos y potenciales en la construcción de plantas generadoras solares, eólicas, de biomasa y ciclo combinado, llevadas a cabo entre noviembre de 2014 y mayo de 2015.
- *Current and Future Technologies for Natural Gas Combined Cycle (NGCC) Power Plants*, National Energy Technology Laboratory, Departamento de Energía de Estados Unidos.
- Presupuesto global basado en proyecto de construcción de central de ciclo combinado en Punta del Tigre de 532 MW.
- Matriz de Insumo-Producto elaborada en base a los Cuadros de Oferta y Utilización del Banco Central del Uruguay del año 2005, adaptado a 43 sectores de actividad. Departamento de Economía de la Facultad de Ciencias Sociales.
- Series anuales de Cuentas Nacionales y Balanza de Pagos, Banco Central del Uruguay.
- Series anuales de recaudación neta de DGI y BPS, Ministerio de Economía y Finanzas.
- *Uruguay en cifras 2014*; Instituto Nacional de Estadística.
- *IPC – Cambio de Base – Diciembre 2010 – Nota Metodológica*; Instituto Nacional de Estadística.
- *Microdatos de la Encuesta Continua de Hogares, año 2014*; Instituto Nacional de Estadística.
- Sistema Nacional de Información de Precios al Consumidor, datos a abril de 2015; Ministerio de Economía y Finanzas.
- *Informe sobre precios de paridad de importación de productos derivados del petróleo correspondiente al mes de abril 2015*; Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua (URSEA).