

COMISIÓN NACIONAL DE ENERGIA



**“DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE
INVERSIÓN Y COSTOS FIJOS DE OPERACIÓN DE
LA UNIDAD DE PUNTA DEL SEN Y DE LOS SSMM”**

INFORME FINAL

PARTE 3

CNE-20-001 REV. 01

DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE INVERSIÓN Y COSTOS FIJOS DE OPERACIÓN DE LA UNIDAD DE PUNTA DEL SEN Y DE LOS SSMM

INDICE

Página

| | |
|---|-----------|
| 20 DETERMINACION DE LA FORMULA O POLINOMIO PARA INDEXACION DEL COSTO DE DESARROLLO DE LAS UNIDADES DE PUNTA | 6 |
| 20.1 DETERMINACIÓN DE LOS INDEXADORES DEL COSTO DE DESARROLLO DE LA UNIDAD DE PUNTA | 6 |
| 20.1.1 SELECCIÓN DE INDEXADORES PARA LA TECNOLOGÍA DEL TIPO TURBINA A GAS Y GRUPO MOTOR - GENERADOR..... | 6 |
| 20.1.2 SELECCIÓN DE INDEXADORES PARA LA TECNOLOGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA CON SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA MEDIANTE BATERIAS | 9 |
| 20.1.3 SELECCIÓN DE INDEXADORES PARA TECNOLOGÍA PARQUE EOLICO CON SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA MEDIANTE BATERIAS..... | 12 |
| 20.1.4 ANALISIS COMPARATIVO DE POSIBLES INDEXADORES..... | 15 |
| 20.2 FORMULA DE INDEXACION DEL COSTO DE DESARROLLO DE LA UNIDAD DE PUNTA | 21 |
| 20.2.1 SELECCIÓN DE INDEXADORES PARA FORMULA DE INDEXACIÓN DEL COSTO DE DESARROLLO DE LA UNIDAD DE PUNTA..... | 21 |
| 20.2.2 DEFINICIÓN DE LA FORMULA DE INDEXACIÓN | 22 |
| 20.2.2.1 UNIDAD DE PUNTA DEL TIPO TURBINAS A GAS EN EL SEN Y SSMM / GRUPO MOTOR – GENERADOR EN LOS SSMM..... | 22 |
| 20.2.2.2 UNIDAD DE PUNTA DEL TIPO PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO CON SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA MEDIANTE BATERIAS EN EL SEN..... | 26 |
| 20.2.2.3 UNIDAD DE PUNTA DEL TIPO PARQUE EÓLICO CON SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA MEDIANTE BATERIAS EN EL SEN | 29 |
| 20.2.2.4 COEFICIENTES | 32 |
| 21 HERRAMIENTA DE CÁLCULO PARA DETERMINAR EL COSTO DE DESARROLLO Y SU ACTUALIZACIÓN | 34 |
| 22 HERRAMIENTA DE SEGUIMIENTO DE LOS COSTOS DE INVERSIÓN DE LAS DISTINTAS TECNOLOGÍAS DE GENERACIÓN DISPONIBLES PARA SUMINISTRAR POTENCIA DE PUNTA | 37 |
| 22.1 GENERAL | 37 |
| 23 HERRAMIENTA DE SEGUIMIENTO DE LOS PRINCIPALES INSUMOS QUE INCIDEN EN EL VALOR DEL PRECIO BÁSICO DE LA POTENCIA DE PUNTA | 42 |
| 23.1 GENERAL | 42 |
| 23.2 TURBINAS A GAS EN CICLO SIMPLE O ABIERTO | 42 |
| 23.3 GRUPO MOTOR - GENERADOR..... | 47 |
| 23.4 PARQUE EÓLICO – AEROGENERADORES ONSHORE | 47 |

| | | |
|------|---|----|
| 23.5 | PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO – MODULOS O PANELES SOLARES | 49 |
| 23.6 | SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGIA MEDIANTE BATERIAS (BESS)..... | 50 |

ANEXOS

| | | |
|---------|--|--|
| ANEXO 5 | INDEXADORES | |
| ANEXO 6 | PLANILLAS DE CÁLCULO DEL PRECIO BASICO DE LA POTENCIA DE PUNTA PARA EL SEN Y SSMM. FORMULAS DE DE CALCULO PARA INDEXACIÓN DEL COSTO DE DESARROLLO DE LA UNIDAD DE PUNTA Y SU ACTUALIZACIÓN | |
| ANEXO 7 | INSTRUCTIVOS PARA ACTUALIZACIÓN DEL COSTO DE DESARROLLO DE LA UNIDAD DE PUNTA DE LAS DISTINTAS TECNOLOGÍAS | |
| ANEXO 8 | LIBRO EXCEL CON TABLAS Y FIGURAS | |

GRÁFICOS, FIGURAS Y TABLAS

| | |
|-------------|--|
| Figura 20.1 | Evolución de Indexadores utilizado en el análisis (p.u., base Enero 2011) – Tecnología Turbinas a Gas y Grupo Motor . Generador |
| Figura 20.2 | Evolución de Indexadores utilizado en el análisis (p.u., base Enero 2011) – Tecnología Solar Fotovoltaica con sistema de almacenamiento de energía mediante baterías |
| Figura 20.3 | Evolución de Indexadores utilizado en el análisis (p.u., base Enero 2011) – Tecnología Parque Eólico con sistema de almacenamiento de energía mediante baterías |
| <hr/> | |
| Tabla 20.1 | Asignación de indexadores propuestos a las partidas de costos de central generadora – subestación eléctrica y línea de transmisión de la unidad de punta |
| Tabla 20.2 | Peso y Coeficientes de peso para siete (7) Indexadores - Caso 1 |
| Tabla 20.3 | Peso y Coeficientes de peso para siete (7) Indexadores - Caso 2 |
| Tabla 20.4 | Peso y Coeficientes de peso para tres (3) Indexadores - Caso 1 |
| Tabla 20.5 | Peso y Coeficientes de peso para tres (3) Indexadores - Caso 2 |
| <hr/> | |
| Figura 23.1 | Caratulas de la publicación especializada “Gas Turbine World [Año] GTW Handbook” – Período 2006 -2020 |
| Tabla 23.2 | Evolución costos unitarios de inversión a nivel de presupuesto básico FOB para las distintas Turbinas a Gas en Ciclo Simple o Abierto (TG CA) |

20

**DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE INVERSIÓN Y COSTOS
FIJOS DE OPERACIÓN DE LA UNIDAD DE PUNTA DEL SEN Y DE
LOS SSMM**

**DETERMINACIÓN DE FORMULA O
POLINOMIO PARA INDEXACIÓN DEL COSTO
DE DESARROLLO DE LAS UNIDADES DE
PUNTA**

20 DETERMINACION DE LA FORMULA O POLINOMIO PARA INDEXACION DEL COSTO DE DESARROLLO DE LAS UNIDADES DE PUNTA

20.1 DETERMINACIÓN DE LOS INDEXADORES DEL COSTO DE DESARROLLO DE LA UNIDAD DE PUNTA

Según se establece en las bases técnicas de la licitación, uno de los objetivos del presente estudio es la determinación de la formula o polinomio para la indexación del costo de desarrollo de las unidades de punta. A partir de lo anterior, es necesario determinar en primer lugar los índices o parámetros de indexación que se utilizarán y que permitan actualizar el costo de desarrollo de las unidades de punta con periodicidad semestral.

Los índices o parámetros de indexación a utilizar deberán cumplir con los criterios siguientes:

- Deben ser de libre acceso, sin costo para su obtención, de fuentes confiables y permanentes en el tiempo.
- Que permitan representar adecuadamente la variación en el tiempo de los costos
- y con los desfases mínimos que permitan eliminar el riesgo de no poder ser reproducible debido al uso de índices preliminares

Adicionalmente, se considera que los índices o parámetros de indexación que se proponen más adelante aplicaran sobre las componentes de costos de la central generadora, subestación eléctrica y línea de transmisión.

20.1.1 SELECCIÓN DE INDEXADORES PARA LA TECNOLOGÍA DEL TIPO TURBINA A GAS Y GRUPO MOTOR - GENERADOR

En base a los criterios descritos en la sección 20.1 anterior, se han seleccionado ocho (8) indexadores representativos que impactan directamente en las partidas de costos que forman parte del costo de inversión de una unidad generadora (unidad de punta) del tipo turbina a gas y grupo motor - generador, según se detalla a continuación:

- PPI¹ : Serie WPU00000000
PPI Commodity data for All commodities
- PPI Turbina : Serie PCU333611333611
PPI industry data for Turbine & turbine generator set unit mfg²

¹ Producer Price Index

² Manufacturing

- PPI Switchgear: Serie PCU335313335313
PPI industry data for Switchgear & switchboard apparatus mfg
- PPI Motor : Serie PCU335312335312
PPI industry data for Motor and generator mfg
- PPI Acero : Serie PCU331110331110
PPI industry data for Iron and steel mills and ferroalloy mfg
- PPI Aluminio : Serie PCU331315331315
PPI industry data for Aluminum sheet, plate, and foil mfg
- IPC : Índice de Precios al Consumidor
- Cobre : Precio referencia del Cobre

Los seis (6) primeros índices están disponibles en el sitio <http://data.bls.gov/cgi-bin/srgate>, correspondiente a Bureau of Labor Statistics (BLS) dependiente del U.S. Department of Labor, del gobierno de Estados Unidos de Norteamérica.

Para las unidades de punta del tipo turbinas a gas se consideran todos los indexadores antes indicados con excepción del PPI Motor. Por su parte, en el caso de las unidades de punta de tipo grupo motor - generador se consideran todos los Indexadores antes indicados con excepción del PPI Turbina. Por su parte, para los componentes de costo de desarrollo de la subestación eléctrica y línea de transmisión de la unidad de punta del tipo turbinas a gas y grupo motor – generador se utilizarán solo los índices referidos al PPI e IPC.

El Índice de Precios al Consumidor (IPC) está disponible en forma libre a través del Instituto Nacional de Estadísticas (www.ine.cl), INE en específico en el siguiente enlace: <https://www.ine.cl/estadisticas/economia/indices-de-precio-e-inflacion/indice-de-precios-al-consumidor>.

El precio de referencia del cobre es obtenido desde el sitio web de la Comisión Chilena del Cobre (www.cochilco.cl), COCHILCO.

En la Figura N° 20.1 se muestra un gráfico con la evolución los ocho Indexadores propuestos, para los últimos 117 meses, tomando como base para cada uno de ellos el valor del índice al mes de Enero de 2011 (equivalente al 100 %). El detalle de los valores utilizados de cada índice para la elaboración de la figura N° 20.1 se puede encontrar en Anexo N° 5.

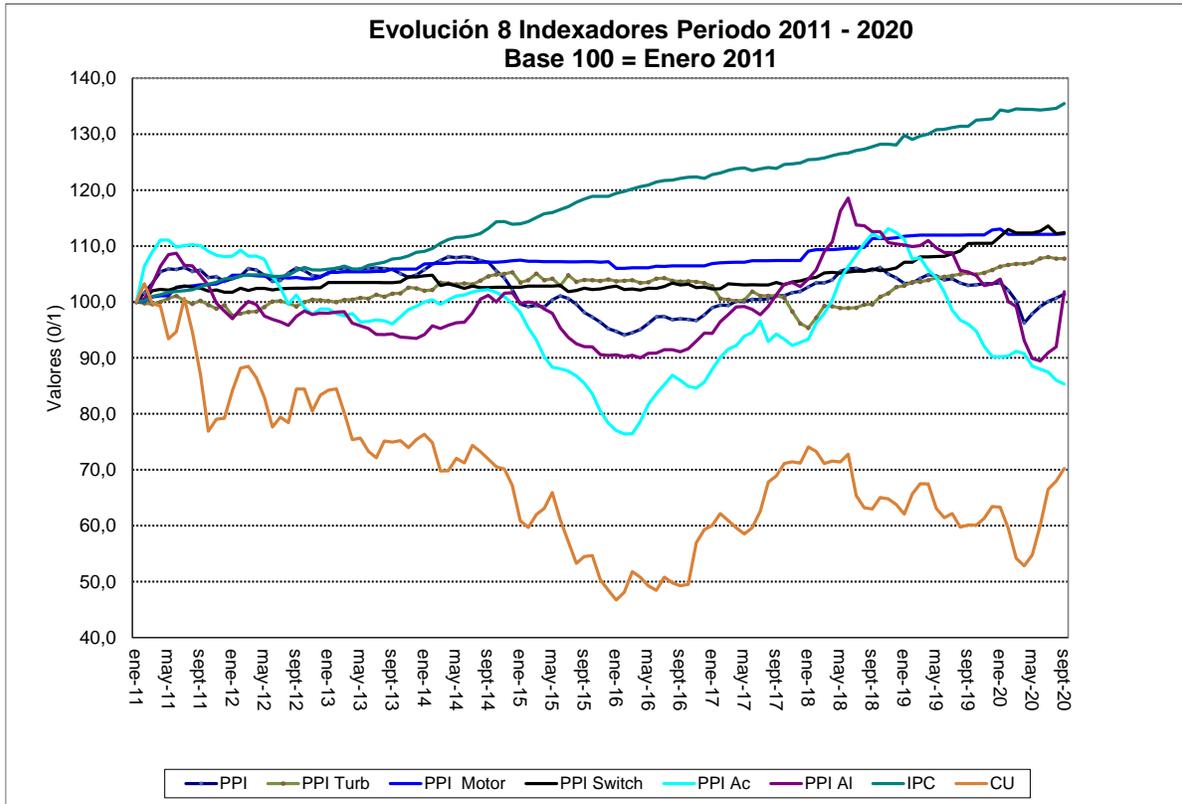


Figura N° 20.1 Evolución de Indexadores utilizado en el análisis (p.u., base Enero 2011) – Tecnología Turbinas a Gas y Grupo Motor . Generador

Se destaca que la selección de los indexadores para la tecnología del tipo turbina a gas y grupo motor - generador es independiente del tamaño de la unidad y su ubicación.

20.1.2 SELECCIÓN DE INDEXADORES PARA LA TECNOLOGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA CON SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA MEDIANTE BATERIAS

En base a los criterios descritos en la sección 20.1 anterior, se han seleccionado siete (7) indexadores representativos que impactan directamente en las partidas de costos que forman parte del costo de inversión de una unidad generadora (unidad de punta) del tipo parque solar fotovoltaico con sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, según se detalla a continuación:

- PPI : Producer Price Index All Commodities
Serie WPU00000000
- PPI Switchgear: Switchgear & switchboard apparatus mfg
Serie PCU335313335313
- PPI Acero : Iron and steel mills
Serie PCU331110331110
- PPI Aluminio : Aluminum sheet, plate & foil mfg
Serie PCU331315331315
- pvXchange : Índice de precios para panel solar
- IPC : Índice de Precios al Consumidor
- Cobre : Precio referencia del Cobre
- NREL Battery : Índice de costos de baterías

Los cuatro (4) primeros índices están disponibles en el sitio <http://data.bls.gov/cgi-bin/srgate>, correspondiente a Bureau of Labor Statistics (BLS) dependiente del U.S. Department of Labor, del gobierno de Estados Unidos de Norteamérica.

Para los paneles solares se utilizará el índice de precios denominado pvXchange disponible en el link (<https://www.pvxchange.com/en/news/price-index>). Esta publicación entrega un índice de precios actualizado que refleja la evolución de los precios de los módulos solares de todas las regiones de origen importantes. Esta información esta disponible sólo desde el mes de noviembre de 2016 a la fecha.

Respecto de la utilización de un índice de precios para los sistemas de almacenamiento de energía mediante baterías, dado que esta tecnología es bastante nueva en el mercado, no hay información histórica que permita disponer de una serie de datos.

Sin embargo, la National Renewable Energy laboratory (NREL) ha publicado durante el año 2019 y 2020 el documento denominado “Cost Projections for Utility-Scale Battery Storage” el cual esta disponible en el buscador del sitio web mediante el link (<https://search4.nrel.gov/teaxis/search/?pr=metanrel&query=>) utilizando el nombre antes señalado. Esta publicación permite disponer de un índice mediante valores de reducción de costos normalizados de sistemas de almacenamiento de energía mediante baterías y de información de costos para distinto escenarios. .

Luego , a falta de un índice adecuado, es posible utilizar la información contenida en la publicación indicada para actualizar el costo de sistemas de almacenamiento de energía mediante baterías. Ahora bien, considerando que el costo normalizado de

dicha publicación utiliza como referencia el año anterior a la publicación, y por lo tanto va cambiando de base, se opta por utilizar directamente el costo estimado del sistema de baterías, por lo que se utilizara el parámetro 4-hour Storage Costs \$/kWh Mid, considerando como base el año 2019 del estudio indicado (versión 2020). Se utilizará como nombre del índice el de “NREL Battery”.

El Índice de Precios al Consumidor está disponible en forma libre a través del Instituto Nacional de Estadísticas (www.ine.cl), INE, en específico en el siguiente enlace: <https://www.ine.cl/estadisticas/economia/indices-de-precio-e-inflacion/indice-de-precios-al-consumidor>

El precio de referencia del cobre es obtenido desde el sitio web de la Comisión Chilena del Cobre (www.cochilco.cl), COCHILCO.

Por su parte, para los componentes de costo de desarrollo de la subestación eléctrica y línea de transmisión de la unidad de punta de tecnología del tipo solar fotovoltaica con sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, se utilizaran solo los índices referidos al PPI e IPC.

En la Figura N° 20.2 se muestra un gráfico con los siete Indexadores propuestos, para los últimos 117 meses, tomando como base para cada uno de ellos el valor del índice al mes de Enero de 2011³ (equivalente al 100 %). El detalle de los valores utilizados de cada índice para la elaboración de la figura N° 20.2 se puede encontrar en Anexo N° 5.

Para el caso del pvXchange solo se dispone la información de los últimos 47 meses tomando como base el mes de Noviembre de 2016 (equivalente a 100%).

³ A excepción del pvXchange que se encuentra disponible desde noviembre de 2016

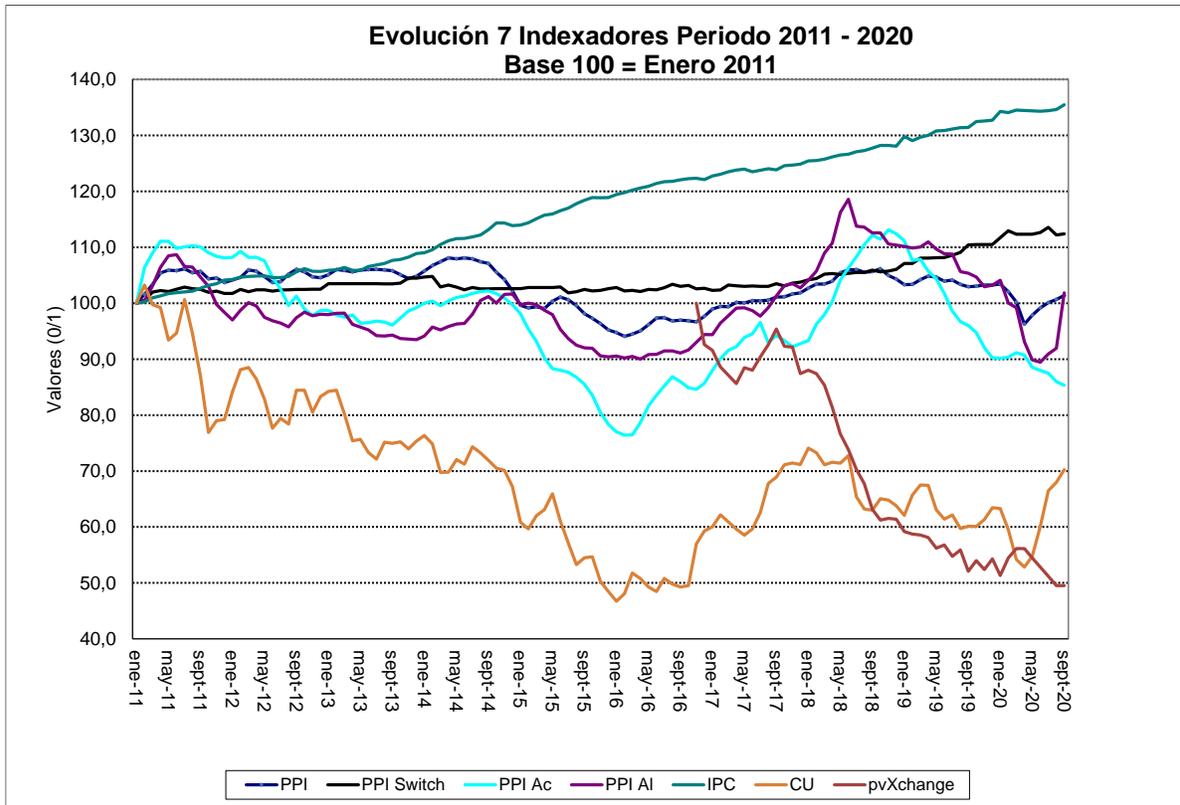


Figura N° 20.2 Evolución de Indexadores utilizado en el análisis (p.u., base Enero 2011) – Tecnología Solar Fotovoltaica con sistema de almacenamiento de energía mediante baterías

Se han obtenido los valores del índice pvXchange desde Noviembre de 2016 a la fecha desde la página web antes indicada. Para la obtención del índice para meses anteriores al mes en curso se ha revisado las notas de mercado publicadas para cada mes disponibles mediante el link (<https://www.pvxchange.com/en/news/market-analysis>): En dicho link se de revisar la nota de mercado asociada a cada mes. Considerar que se han utilizado los módulos o paneles solares del tipo “high efficiency“ para efectos de la selección del índice. Además, dado que el valor del pvXchange está en €/Wp, para efectos de expresarlo en USD/Wp se ha considerado el tipo de cambio promedio entre dólar y euro del mes correspondiente. La información de tipo de cambio se ha obtenido según publicación disponible en la página Web del Banco Central.

Se destaca que la selección de los indexadores para la tecnología solar fotovoltaica con sistema de almacenamiento de energía mediante baterías es independiente del tamaño de la unidad y su ubicación

20.1.3 SELECCIÓN DE INDEXADORES PARA TECNOLOGÍA PARQUE EOLICO CON SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA MEDIANTE BATERIAS

En base a los criterios descritos en el sección 20.1 anterior, se han seleccionado seis (6) indexadores representativos que impactan directamente en las partidas de costos que forman parte del costo de inversión de una unidad generadora (unidad de punta) del tipo parque eólico con sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, según se detalla a continuación:

- PPI : Producer Price Index All Commodities
Serie WPU00000000
- PPI Switchgear: Switchgear & switchboard apparatus mfg
Serie PCU335313335313
- PPI Acero : Iron and steel mills
Serie PCU331110331110
- PPI Aluminio : Aluminum sheet, plate & foil mfg
Serie PCU331315331315
- IPC : Índice de Precios al Consumidor
- Cobre : Precio referencia del Cobre
- NREL Battery : Índice de costos de baterías
- IRENA Eólico: Índice de costos de turbinas eólicas

Los cuatro (4) primeros índices están disponibles en el sitio <http://data.bls.gov/cgi-bin/srgate>, correspondiente a Bureau of Labor Statistics (BLS) dependiente del U.S. Department of Labor, del gobierno de Estados Unidos de Norteamérica.

El Índice de Precios al Consumidor está disponible en forma libre a través del Instituto Nacional de Estadísticas (www.ine.cl), INE, en específico en el siguiente enlace: <https://www.ine.cl/estadisticas/economia/indices-de-precio-e-inflacion/indice-de-precios-al-consumidor>

El precio de referencia del cobre es obtenido desde el sitio web de la Comisión Chilena del Cobre (www.cochilco.cl), COCHILCO.

Por su parte, para los componentes de costo de desarrollo de la subestación eléctrica y línea de transmisión de la unidad de punta de tecnología del tipo parque eólico con sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, se utilizarán solo los índices referidos al PPI e IPC.

En la Figura N° 20.3 se muestra un gráfico con los ocho Indexadores propuestos, para los últimos 117 meses, tomando como base para cada uno de ellos el valor del índice al mes de Enero de 201 (equivalente al 100 %). El detalle de los valores utilizados de cada índice para la elaboración de la figura N° 20.3 se puede encontrar en Anexo N° 5.

Se destaca la inexistencia de un(os) índice(s) que cumpla(n) los requisitos de las bases técnicas directamente asociado al costo o precio de un aerogenerador onshore o turbina eólica.

Dado lo anterior, y dado la relevancia de la turbina eólica en la estructura de costos, para efectos de actualizar la componente asociada al aerogenerador de una parque eólico con sistema de almacenamiento de baterías, se ha optado por actualizar el costo de la turbina en base a la información de precios unitarios contenidos en la publicación de la International Renewable Energy Agency “IRENA” denominada “Renewable Power Generation Costs in yyyy”, donde “yyyy” corresponde a un año en específico, la cual se publica con frecuencia anual. El detalle de cómo obtener la información se describe en la sección 23.4. Para estos efectos se han utilizado los precios de aerogeneradores onshore promedio de un año del fabricante Vestas contenida en la edición del año 2020. Dicho índice de costos se ha denominado “IRENA Eólico”.

Respecto de la utilización de un índice de precios para los sistemas de almacenamiento de energía mediante baterías, dado que esta tecnología es bastante nueva en el mercado, no hay información histórica disponible que permita disponer de una serie de datos.

Sin embargo, la National Renewable Energy laboratory (NREL) ha publicado durante los dos últimos años (2019 y 2020) un documento denominado “Cost Projections for Utility-Scale Battery Storage” el cual esta disponible en el buscador del sitio web mediante el link (<https://search4.nrel.gov/tehis/search/?pr=metanrel&query=>) utilizando el nombre antes señalado. Esta publicación permite disponer de un índice mediante valores de reducción de costos normalizados de sistemas de almacenamiento de energía mediante baterías y de información de costos para distintos escenarios. .

Luego, a falta de un índice adecuado, es posible utilizar la información contenida en la publicación indicada para actualizar el costo de los sistemas de almacenamiento de energía mediante baterías. Ahora bien, considerando que el costo normalizado de dicha publicación utiliza como referencia el año anterior a la publicación, y por lo tanto va cambiando de base, se opta por utilizar directamente el costo estimado del sistema de baterías, por lo que se utilizara el parámetro 4-hour Storage Costs \$/kWh Mid, considerando como base el año 2019 del estudio indicado (versión 2020). Se utilizará como nombre del índice el de “NREL Battery”.

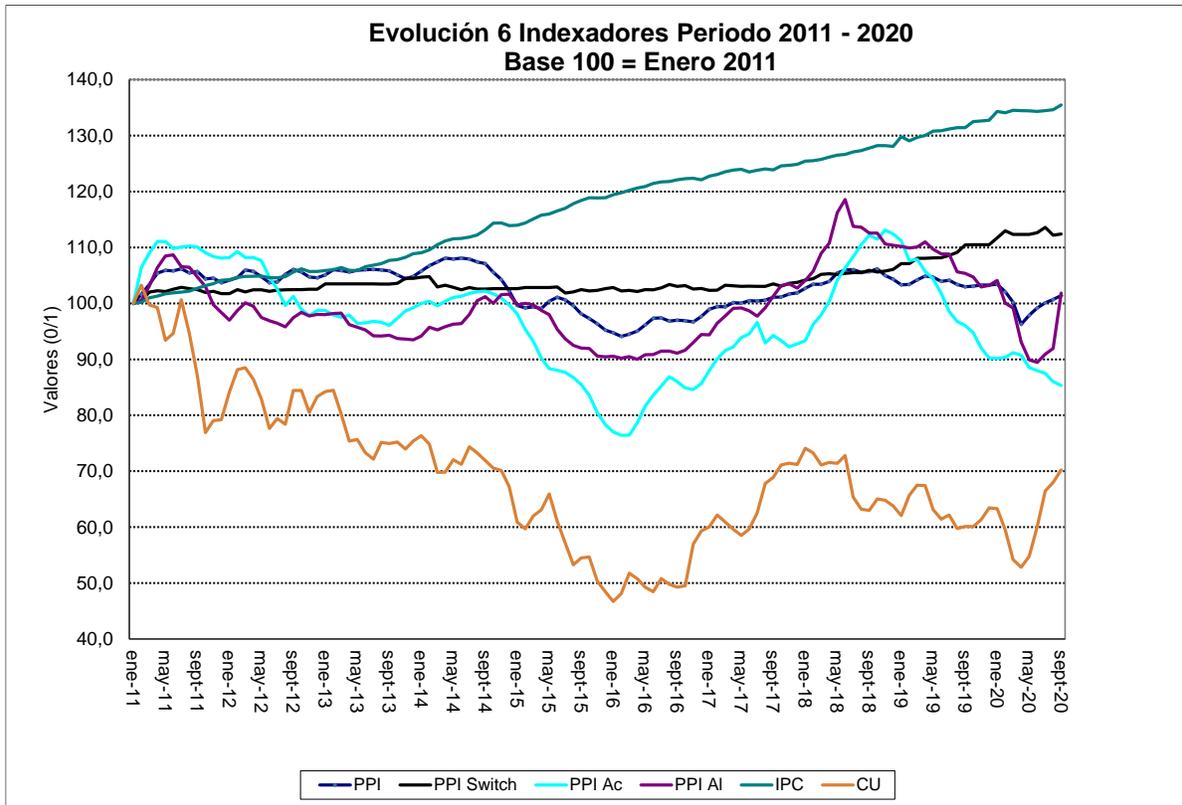


Figura N° 20.3 Evolución de Indexadores utilizado en el análisis (p.u., base Enero 2011) – Tecnología Parque Eólico con sistema de almacenamiento de energía mediante baterías

Se destaca que la selección de los indexadores para la tecnología parque eólico con sistema de almacenamiento de energía mediante baterías es independiente del tamaño de la unidad y su ubicación

| Asignación Indexadores - 3 Indicadores | | Index. Partida Costo Extranjera | Index. Partida Costo Nacional | Asignación Indexadores - 3 Indicadores | | Index. Partida Costo Extranjera | Index. Partida Costo Nacional |
|--|--|---------------------------------|-------------------------------|--|---|---------------------------------|-------------------------------|
| 2 | SUB-ESTACIONES | | | 3 | LINEA AEREA 220 kV | | |
| 2.1 | EQUIPAMIENTO SUB-ESTACION DE SALIDA 13,8/220 kV | | | 3.1 | SUMINISTRO | | |
| | Equipamiento Principal | PPI | | | Estructuras de Suspension | PPI | |
| | Conductores, Aisladores, Ferrería y accesorios | PPI | | | Estructuras de Anclaje | PPI | |
| | Malla de Tierra | | IPC | | Conductores de Fase | PPI | |
| | Paneles | PPI | IPC | | Cable de Guardia OPGW | PPI | |
| | Otros | | IPC | | Cadenas de Suspension | PPI | |
| | Alumbrado de patio | | IPC | | Cadenas de Anclaje | PPI | |
| | Conductores de Fuerza y Alumbrado | | IPC | | Aisladores | PPI | |
| | Sistema de Comunicaciones | PPI | | | Cadenas Suspension y Anclaje Cable OPGW | PPI | |
| | Estructuras | PPI | | | Accesorios Conductor de Fase | PPI | |
| | Transformador de poder 13,8/220 kV | PPI | | | Accesorios Cable de Guardia | PPI | |
| | | | | | Puesta a Tierra | | IPC |
| | | | | | Accesorios Torre | | IPC |
| | SUBTOTAL SUBESTACION DE SALIDA | | | | SUBTOTAL SUMINISTRO | | |
| 2.2 | EQUIPAMIENTOSUBESTACION ENLACE | | | 3.2 | OBRAS CIVILES Y MONTAJE LINEA DE TRANSMISION | | |
| | Equipamiento Principal | PPI | IPC | 3.2.1 | INFRAESTRUCTURA LINEA | | |
| | Conductores, Aisladores, Ferrería y accesorios | PPI | IPC | | Instalaciones de faena | | IPC |
| | Malla de Tierra | PPI | IPC | | Caminos de Acceso | | IPC |
| | Paneles | PPI | IPC | | Servidumbre | | IPC |
| | Otros | PPI | IPC | | Roce y Despeje Franja | | IPC |
| | Alumbrado de patio | PPI | IPC | | Replanteo | | IPC |
| | Conductores de Fuerza y Alumbrado | PPI | IPC | | Estudio Suelo | | IPC |
| | Sistema de Comunicaciones | PPI | IPC | | SUBTOTAL INFRAESTRUCTURA LINEA DE TRANSMISION | | |
| | Estructuras | PPI | IPC | 3.2.2 | CONSTRUCCION Y MONTAJE LINEA DE TRANSMISION | | |
| | | | | | Montaje Estructuras | | IPC |
| | SUBTOTAL SUBESTACION | | | | Montaje Conductor de fase | | IPC |
| 2.3 | OBRAS CIVILES Y MONTAJE SSEE | | | | Montaje Cable de Guardia | | IPC |
| 2.3.1 | INFRAESTRUCTURA SSEE | | | | Montaje Aislacion y Ferrería Torre Suspension | | IPC |
| | Terreno SSEE (23'25 m2) | | IPC | | Montaje Aislacion y Ferrería Torre Anclaje | | IPC |
| | Instalaciones de faena | | IPC | | Montaje Cadenas y Ferrería OPGW | | IPC |
| | Caminos, urbanización y cierros | | IPC | | Excavación | | IPC |
| | Movimientos de Tierra masivos | | IPC | | Hormigon H25 | | IPC |
| | Alumbrado Exterior | | IPC | | Hormigon H10 | | IPC |
| | SUBTOTAL INFRAESTRUCTURA SSEE | | | | Relleno Compactado | | IPC |
| 2.3.2 | CONSTRUCCION Y MONTAJE SSEE | | | | Moldaje | | IPC |
| | Montaje Equipos Principales | | IPC | | Armadura | | IPC |
| | Montaje Estructuras | | IPC | | Puesta tierra | | IPC |
| | Montaje Conductor, Aisladores y Conexionado Primario | | IPC | | Terminaciones | | IPC |
| | Fundaciones | | IPC | | Servicios de ingeniería asociados a la construcción | | IPC |
| | Canalizaciones | | IPC | | Servicios de carga, transporte y descarga | | IPC |
| | Montaje Cables de Fuerza y Control | | IPC | | SUBTOTAL CONSTRUCCION Y MONTAJE | | |
| | Montaje Paneles | | IPC | 3.3 | INGENIERIA | | |
| | Montaje | | IPC | | Diseños de Ingeniería Línea de Transmision | | IPC |
| | Montaje malla de puesta a Tierra | | IPC | | SUBTOTAL INGENIERIA LINEA DE TRANSMISION | | |
| | Servicios de ingeniería asociados a la construcción | | IPC | | SUBTOTAL LINEA DE TRANSMISION | | |
| | Servicios de carga, transporte y descarga | | IPC | 4.0 | GASTOS GENERALES PROPIETARIO | | |
| | SUBTOTAL CONSTRUCCION Y MONTAJE | | | | Servicios de ingeniería, estudios y administración del proyecto | | IPC |
| 2.4 | INGENIERIA | | | | Gestión EIA | | IPC |
| | Diseños de Ingeniería Subestaciones | | IPC | | Costos de terrenos, permisos y concesiones | | IPC |
| | SUBTOTAL INGENIERIA SUBESTACIONES | | | | Compensaciones a la comunidad | | IPC |
| | SUBTOTAL SUBESTACIONES | | | | Gastos de puesta en marcha | | IPC |
| | | | | | Varios | | IPC |
| | | | | | Contingencias | | IPC |

Tabla N° 20.1 – Asignación de indexadores propuestos a las partidas de costos de central generadora – subestación eléctrica y línea de transmisión de la unidad de punta

Se realiza un análisis comparativo de los diferentes indexadores que están asociados a cada una de las partidas de costos de la tecnología del tipo Turbinas Gas, presentadas de tal manera que se permita determinar el peso específico de cada uno de ellos. Para este ejemplo y análisis se han elegido unidades generadoras (unidad de punta) de tamaño 150 MW en dos ubicaciones, lo cual permite observar la diferencia para el caso de suministro de gas natural con PSR⁴ y el caso de suministro de gas natural con gasoducto. Se estudian dos (2) casos representativos:

⁴ Planta Satelital de Regasificación

Caso 1:

- Unidad de Punta del tipo Turbina a Gas 150 MW – 220 kV en Subestación Nueva Pan de Azúcar (suministro de gas natural mediante una PSR)

El resumen del peso de cada indexador en las partidas de costo de este caso particular se muestra en la Tabla N° 20.2 siguiente:

| Área | PPI Turb | PPI Ac | PPI | PPI Sw | PPI AI | CU | IPC | Total |
|----------------|------------|---------|------------|-----------|--------|---------|------------|-------------|
| Central Diesel | 44.559.597 | 257.008 | 1.120.496 | 1.216.821 | 0 | 461.038 | 15.663.971 | 63.278.931 |
| Central Gas | 44.559.597 | 183.120 | 39.446.920 | 1.216.821 | 0 | 461.038 | 18.919.272 | 104.786.769 |
| Central Dual | 44.559.597 | 257.008 | 39.988.576 | 1.216.821 | 0 | 461.038 | 18.971.632 | 105.454.672 |
| SS/EE | 0 | 26.153 | 27.275 | 3.507.142 | 4.429 | 50.217 | 1.247.176 | 4.862.391 |
| LT | 0 | 32.255 | 12.458 | 0 | 26.928 | 0 | 484.615 | 556.256 |

| Indexadores Proyecto | | | | | | | | |
|----------------------|------------|---------|------------|-----------|--------|---------|------------|--------------------|
| | PPI Turb | PPI Ac | PPI | PPI Sw | PPI AI | CU | IPC | Total |
| Central Diesel | 44.559.597 | 315.416 | 1.160.229 | 4.723.963 | 31.357 | 511.255 | 17.866.564 | 69.168.381 |
| Central Gas | 44.559.597 | 241.528 | 39.486.653 | 4.723.963 | 31.357 | 511.255 | 21.118.030 | 110.672.383 |
| Central Dual | 44.559.597 | 315.416 | 40.028.309 | 4.723.963 | 31.357 | 511.255 | 21.170.351 | 111.340.247 |
| Central Diesel | 64,4% | 0,5% | 1,7% | 6,8% | 0,0% | 0,7% | 25,8% | 100,0% |
| Central Gas | 40,3% | 0,2% | 35,7% | 4,3% | 0,0% | 0,5% | 19,1% | 100,0% |
| Central Dual | 40,0% | 0,3% | 36,0% | 4,2% | 0,0% | 0,5% | 19,0% | 100,0% |

Tabla N° 20.2 – Peso y Coeficientes de peso de 7 Indexadores - Caso 1

Se puede observar que para el caso de la Central Diésel los indexadores de mayor peso son el PPI Turbina, IPC y PPI Switchgear. En los dos casos donde se incorpora como suministro de combustible el gas natural (Central Gas y Central Dual), el PPI aumenta significativamente su participación debido a la incorporación de la partida de costos relacionada con la PSR¹.

Caso 2:

- Unidad de Punta del tipo Turbinas Gas 150 MW – 220 kV en Subestación Polpaico (suministro de gas natural mediante gasoducto)

El resumen del peso de cada indexador en la partida de costo de este caso particular se muestra en la Tabla N° 20.3 siguiente:

| Área | PPI Turb | PPI Ac | PPI | PPI Sw | PPI AI | CU | IPC | Total |
|----------------|------------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|------------|------------|
| Central Diesel | 44.559.597 | 257.008 | 1.120.496 | 1.216.821 | 0 | 461.038 | 15.251.795 | 62.866.755 |
| Central Gas | 44.559.597 | 5.411.219 | 747.959 | 1.216.821 | 0 | 461.038 | 23.436.372 | 75.833.006 |
| Central Dual | 44.559.597 | 5.485.107 | 1.289.614 | 1.216.821 | 0 | 461.038 | 23.488.782 | 76.500.959 |
| SS/EE | 0 | 77.181 | 27.275 | 2.856.594 | 14.111 | 50.217 | 1.503.115 | 4.528.493 |
| LT | 0 | 243.611 | 123.972 | 0 | 322.233 | 0 | 1.996.577 | 2.686.392 |

| Indexadores Proyecto | | | | | | | | |
|----------------------|------------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|------------|-------------------|
| | PPI Turb | PPI Ac | PPI | PPI Sw | PPI AI | CU | IPC | Total |
| Central Diesel | 44.559.597 | 577.800 | 1.271.742 | 4.073.415 | 336.344 | 511.255 | 19.378.060 | 70.708.212 |
| Central Gas | 44.559.597 | 5.732.010 | 899.206 | 4.073.415 | 336.344 | 511.255 | 27.560.572 | 83.672.399 |
| Central Dual | 44.559.597 | 5.805.898 | 1.440.861 | 4.073.415 | 336.344 | 511.255 | 27.612.893 | 84.340.263 |
| Central Diesel | 63,0% | 0,8% | 1,8% | 5,8% | 0,5% | 0,7% | 27,4% | 100,0% |
| Central Gas | 53,3% | 6,9% | 1,1% | 4,9% | 0,4% | 0,6% | 32,9% | 100,0% |
| Central Dual | 52,8% | 6,9% | 1,7% | 4,8% | 0,4% | 0,6% | 32,7% | 100,0% |

Tabla N° 20.3 – Peso y Coeficientes de peso de 7 Indexadores - Caso 2

En este caso el indexador PPI Turbina sobrepasa el 50% de peso para dos de los tres tipos de Central. Se mantiene IPC pero aparece PPI Acero (Gas Natural y Dual) y PPI Switchgear (Diésel) como tercer y cuarto indexador representativo, debido a la incorporación e importancia del gasoducto como partida de costo.

De lo anterior es posible ver que según la ubicación y tecnología (Diésel, Gas Natural o Dual) existen variaciones importantes en los pesos de los indexadores, razón que hace necesario analizar los pesos resultantes en todas las ubicaciones, para las tres variantes (Diésel, Gas Natural o Dual) y para los tres tamaños en estudio (70 MW, 150 MW y 300 MW), con el fin de obtener una única fórmula de indexación representativa para todos los casos.

Para realizar lo anterior, se procedió a calcular los pesos para el caso en el cual se tiene un mayor número de indexadores (siete) a poder ser utilizados.

Para la selección de los indexadores más representativos dentro de la fórmula de indexación del costo de desarrollo para cada caso, se definió un valor mínimo el cual cada coeficiente (peso del indexador en el costo inversión total de la Unidad de Punta) debe superar, para ser considerado como representativo para el caso en el cual se tiene un mayor número de indexadores (siete) a poder ser utilizados.

El valor mínimo (umbral) fue definido en el orden del 10 %. Se definió este valor en función de la experiencia del consultor, los pesos observados para cada indexador en el ejemplo antes desarrollado y considerando que indexadores con pesos inferiores a este valor tienen poca o nula incidencia en el valor final obtenido al aplicar la actualización, por lo cual no aportan a representar adecuadamente la evolución temporal del costo de inversión. Se destaca que en el ejemplo el índice asociado al equipamiento principal, al equipamiento general importado (PPI) y a los costos nacionales representan entre un 85% a 95% del total del costo de inversión. El cobre tiene un peso bajo el 1% y los otros indexadores asociadas a elementos específicos importados tiene pesos bajo el umbral antes indicado, por lo que se concluye que es aconsejable agrupar toda la componente internacional en un solo indicador, como el PPI.

Lo anterior se hace con el objeto de no agregar indexadores que aumenten la complejidad de la fórmula de indexación con indexadores cuya variación incide muy poco en el valor final obtenido, con el objeto de mantener acotada la cantidad de indexadores a un conjunto entre 2 a 4 a indexadores.

Por lo anterior, se concluye dada la distribución y peso específico de cada indexador, en todas las subestaciones analizadas y tamaños (70 MW, 150 MW y 300 MW) de la Unidad de Punta del tipo Turbinas gas se utilizarán los tres (3) principales indexadores que tienen el mayor peso específico para la elaboración del polinomio de indexación. Los tres indexadores son seleccionados directamente por su peso específico, corresponden a: PPI Turbina, PPI e IPC.

Luego en función del anterior ejemplo para la Unidad de Punta del tipo Turbinas a Gas y la experiencia del Consultor se puede concluir que en general la fórmula de indexación para tecnologías de generación donde el equipamiento principal es una parte relevante del costo de inversión, como todas las tecnologías en estudio, la indexación considerara un índice asociado al equipamiento principal, junto con un indicador para equipamientos varios de origen internacional, el cual en este caso

corresponde al PPI y un índice para representar las componentes de costo nacional, que en este caso corresponde al IPC. Esta estructura es de amplio uso y permite una adecuada representación de la evolución temporal del costo de inversión de una unidad generadora, pero a la vez mantiene la simplicidad de la fórmula de indexación.

De esta manera, en las Tablas N° 20.4 y N° 20.5 se muestra el peso y coeficiente de peso de los 3 Indexadores seleccionados, para los dos casos analizados:

| Área | PPI Turb | PPI | IPC | Total |
|----------------|------------|------------|------------|-------------|
| Central Diesel | 44.559.597 | 3.041.962 | 15.677.371 | 63.278.931 |
| Central Gas | 44.559.597 | 41.294.499 | 18.932.672 | 104.786.769 |
| Central Dual | 44.559.597 | 41.910.042 | 18.985.032 | 105.454.672 |
| SS/EE | 0 | 3.564.999 | 1.297.392 | 4.862.391 |
| LT | 0 | 70.744 | 485.512 | 556.256 |

Indexadores Proyecto

| | PPI Turb | PPI | IPC | Total |
|----------------|------------|------------|------------|--------------------|
| Central Diesel | 44.559.597 | 6.677.705 | 17.931.078 | 69.168.381 |
| Central Gas | 44.559.597 | 44.930.242 | 21.182.544 | 110.672.383 |
| Central Dual | 44.559.597 | 45.545.785 | 21.234.865 | 111.340.247 |

| | | | | |
|----------------|--------|--------|--------|---------|
| Central Diesel | 64,43% | 9,65% | 25,92% | 100,00% |
| Central Gas | 40,26% | 40,60% | 19,14% | 100,00% |
| Central Dual | 40,02% | 40,91% | 19,07% | 100,00% |

Tabla N° 20.4 – Peso y Coeficientes de peso para tres (3) Indexadores - Caso 1

| Área | PPI Turb | PPI | IPC | Total |
|----------------|------------|-----------|------------|------------|
| Central Diesel | 44.559.597 | 3.041.962 | 15.265.195 | 62.866.755 |
| Central Gas | 44.559.597 | 7.823.637 | 23.449.772 | 75.833.006 |
| Central Dual | 44.559.597 | 8.439.180 | 23.502.182 | 76.500.959 |
| SS/EE | 0 | 2.975.161 | 1.553.332 | 4.528.493 |
| LT | 0 | 681.232 | 2.005.160 | 2.686.392 |

Indexadores Proyecto

| | PPI Turb | PPI | IPC | Total |
|----------------|------------|------------|------------|-------------------|
| Central Diesel | 44.559.597 | 6.698.356 | 19.450.259 | 70.708.212 |
| Central Gas | 44.559.597 | 11.480.030 | 27.632.772 | 83.672.399 |
| Central Dual | 44.559.597 | 12.095.573 | 27.685.093 | 84.340.263 |

| | | | | |
|----------------|--------|--------|--------|---------|
| Central Diesel | 63,02% | 9,47% | 27,51% | 100,00% |
| Central Gas | 53,25% | 13,72% | 33,03% | 100,00% |
| Central Dual | 52,83% | 14,34% | 32,83% | 100,00% |

Tabla N° 20.5 – Peso y Coeficientes de peso para tres (3) Indexadores - Caso 2

Cada una de las partidas de costo de los presupuestos de inversión estará por tanto asociada a uno de los indexadores antes mencionados.

Respecto a los Costos Fijos de Operación, y debido a que sus principales componentes de costo corresponden a subcontratación de servicios y remuneración de personal, se estima que el indexador que mejor representa las variaciones por este concepto es el IPC.

20.2 FORMULA DE INDEXACION DEL COSTO DE DESARROLLO DE LA UNIDAD DE PUNTA

20.2.1 SELECCIÓN DE INDEXADORES PARA FORMULA DE INDEXACIÓN DEL COSTO DE DESARROLLO DE LA UNIDAD DE PUNTA

Se ha realizado un análisis de los indexadores resultantes a utilizar en la fórmula de indexación del costo de desarrollo, para todas aquellas subestaciones donde es factible técnicamente y tamaños de la Unidad de Punta (70 MW, 150 MW y 300 MW)

Para la selección de los indexadores más representativos dentro de la fórmula de indexación del costo de desarrollo, se definió un valor mínimo (umbral=10%) de tal forma que cada coeficiente (peso del indexador en el costo inversión de la Unidad de Punta) debe superar, para ser considerado como representativo para el caso en el cual se tiene un mayor número de indexadores (siete) a poder ser utilizados. Lo anterior fue desarrollado en el punto 20.1.4.

20.2.2 DEFINICIÓN DE LA FORMULA DE INDEXACIÓN

Para la definición de la fórmula de indexación del costo de desarrollo de la Unidad de Punta se consideran los indexadores definidos en los puntos anteriores. Adicionalmente, para los componentes de costos de moneda internacional se ha considerado corregirlos por la variación del tipo de cambio (dólar), respecto de la tasa arancelaria no se ha considerado su utilización dado que gran parte de los materiales, equipos, etc. de procedencia importada son considerados bienes de capital con tasa arancelaria nula, según lo establecido en la Resolución Exenta N° 399 del Ministerio de Hacienda de fecha 05 de enero de 2018.

La información del tipo de cambio (dólar observado) corresponde a la publicada por el Banco Central en su base de datos estadística publica (<https://si3.bcentral.cl/siete/>).

El presupuesto final o costos de inversión final de la unidad de punta está dividido en tres (3) componentes principales, donde el primer componente corresponde a la central generadora, el segundo a las subestaciones y el tercero a la línea de transmisión. Los Gastos Generales (GG) del proyecto se prorratan entre las tres (3) componentes antes mencionadas.

Se destaca que las componentes de costos están referenciadas a enero de 2020. Los indexadores iniciales corresponden al mes indicado (enero 2020) menos el rezago que corresponde a cada indexador.

20.2.2.1 UNIDAD DE PUNTA DEL TIPO TURBINAS A GAS EN EL SEN Y SSMM / GRUPO MOTOR – GENERADOR EN LOS SSMM

Para la componente del costo de desarrollo de la central generadora (unidad de punta) del tipo Turbina a Gas instaladas en el SEN y SSMM y tecnología del tipo Grupo Motor – Generador en los SSMM se consideran las fórmulas de actualización siguientes:

Tecnología del tipo Turbinas a Gas

$$C_{componente} = C_{componente-0} * \left[\frac{Dol_i}{Dol_0} * \left(Coef_1 * \frac{PPIturb_i}{PPIturb_0} + Coef_2 * \frac{PPI_i}{PPI_0} \right) + Coef_3 * \frac{IPC_i}{IPC_0} \right]$$

Tecnología del tipo Grupo Motor - Generador

$$C_{componente} = C_{componente-0} * \left[\frac{Dol_i}{Dol_0} * \left(Coef_1 * \frac{PPIMotor_i}{PPIMotor_0} + Coef_2 * \frac{PPI_i}{PPI_0} \right) + Coef_3 * \frac{IPC_i}{IPC_0} \right]$$

Donde:

- **$C_{componente}$:** Costo de desarrollo actualizado de la componente Central Generadora (Unidad de Punta)
- **$C_{componente-0}$:** Costo de desarrollo inicial de la componente Central Generadora (Unidad de Punta) calculado para enero de 2020
- **Dol_i :** Valor promedio del tipo de cambio observado del dólar EEUU, publicado por el Banco Central, correspondiente al promedio mensual para dos meses anteriores al cual se aplique la indexación.
- **Dol_0 :** Valor promedio del tipo de cambio observado del dólar EEUU, publicado por el Banco Central correspondiente a noviembre de 2019 cuyo valor es 776,53
- **PPI_{turb_i} :** Producer Price Index Industry Data: Turbine & Turbine Generator Set Unit Mfg (Serie PCU333611333611) publicados por el Bureau of Labor Statistics correspondiente al sexto mes anterior al cual se aplique la fijación.
- **PPI_{turb_0} :** Producer Price Index Industry Data: Turbine & Turbine Generator Set Unit Mfg (Serie PCU333611333611) publicados por el Bureau of Labor Statistics correspondiente a junio de 2019 cuyo valor es 222,3.
- **$PPIMotor_i$:** Producer Price Index Industry Data: Motor and generator mfg (Serie PCU335312335312) publicados por el Bureau of Labor Statistics correspondiente al sexto mes anterior al cual se aplique la fijación.
- **$PPMotor_0$:** Producer Price Index Industry Data: Motor and generator mfg (Serie PCU335312335312) publicados por el Bureau of Labor Statistics correspondiente a junio de 2019 cuyo valor es 215,5.
- **PPI_i :** Producer Price Index- Commodities (Serie WPU00000000) publicados por el Bureau of Labor Statistics correspondiente al séptimo mes anterior al cual se aplique la fijación.
- **PPI_0 :** Producer Producer Price Index- Commodities (Serie WPU00000000) publicados por el Bureau of Labor Statistics correspondiente a junio de 2019 cuyo valor es 200,3.
- **IPC_i :** Índice de precios del consumidor publicados por el INE, para dos meses anteriores al cual se aplique la indexación
- **IPC_0 :** Índice de precios del consumidor publicados por el INE, para al mes de noviembre de 2019 cuyo valor es 103,55.
- **$Coef_n$:** Peso de cada indexador en la componente central generadora del costo de inversión

Luego, para los componentes de costo de desarrollo de la subestación eléctrica y línea de transmisión de la unidad de punta del tipo Turbinas a Gas y tipo Grupo Motor – Generador instaladas en SEN y los SSMM se considera la formula de actualización siguiente:

$$C_{componente} = C_{componente-0} * \left[\frac{Dol_i}{Dol_0} * \left(Coef_1 * \frac{PPI_i}{PPI_0} \right) + Coef_2 * \frac{IPC_i}{IPC_0} \right]$$

Donde:

- **$C_{componente}$:** Costo de desarrollo actualizado del componente Subestación Eléctrica o Línea de Transmisión de la Unidad de Punta
- **$C_{componente-0}$:** Costo de desarrollo inicial del componente Subestación Eléctrica o Línea de Transmisión de la unidad de punta calculado para enero de 2020
- **Dol_i :** Valor promedio del tipo de cambio observado del dólar EEUU, publicado por el Banco Central, correspondiente al promedio mensual para dos meses anteriores al cual se aplique la indexación.
- **Dol_0 :** Valor promedio del tipo de cambio observado del dólar EEUU, publicado por el Banco Central, correspondiente a noviembre de 2019 cuyo valor es 776,53.
- **PPI_i :** Producer Price Index- Commodities (Serie WPU00000000) publicados por el Bureau of Labor Statistics correspondiente al séptimo mes anterior al cual se aplique la fijación.
- **PPI_0 :** Producer Producer Price Index- Commodities (Serie WPU00000000) publicados por el Bureau of Labor Statistics correspondiente a junio de 2019 cuyo valor es 200,3.
- **IPC_i :** Índice de precios del consumidor publicados por el INE, para dos meses anteriores al cual se aplique la indexación
- **IPC_0 :** Índice de precios del consumidor publicados por el INE, para al mes de noviembre de 2019 cuyo valor es 103,55.
- **$Coef_n$:** Peso de cada indexador en la componente subestación eléctrica o línea de transmisión del costo de inversión

Luego, para los Costos Fijos de Operación de la Unidad de punta del tipo Turbinas a Gas y tipo Grupo Motor - Generador instaladas en SEN y SSMM se considera la formula de actualización siguiente:

$$C_{fijo-i} = C_{fijo-0} * \left[\frac{Dol_0}{Dol_i} * \frac{IPC_i}{IPC_0} \right]$$

Donde:

- C_{fijo-i} : Costo fijo de operación y mantenimiento de la Unidad de Punta
- C_{fijo-0} : Costo fijo de operación y mantenimiento de la Unidad de Punta calculado enero de 2020
- Dol_i : Valor promedio del tipo de cambio observado del dólar EEUU, publicado por el Banco Central, al promedio mensual. para dos meses anteriores al cual se aplique la indexación..
- Dol_0 : Valor promedio del tipo de cambio observado del dólar EEUU, publicado por el Banco Central, correspondiente a noviembre de 2019 cuyo valor es 776,53.
- IPC_i : Índice de precios del consumidor publicados por el INE, para dos meses anteriores al cual se aplique la indexación
- IPC_0 : Índice de precios del consumidor publicados por el INE, para al mes de noviembre de 2019 cuyo valor es 103,55.

20.2.2.2 UNIDAD DE PUNTA DEL TIPO PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO CON SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA MEDIANTE BATERIAS EN EL SEN

Para la componente del costo de desarrollo de la central generadora (unidad de punta) del tipo central solar fotovoltaica con sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, instaladas en el SEN se considera la siguiente formula de actualización.

$$C_{componente} = C_{componente-0} * \left[\frac{Dol_i}{Dol_0} * \left(Coef_1 * \frac{NREL\ Battery_i}{NREL\ Battery_0} + Coef_2 * \frac{pvXch_i}{pvXch_0} + Coef_3 * \frac{PPI_i}{PPI_0} \right) + Coef_4 * \frac{IPC_i}{IPC_0} \right]$$

Donde:

- **$C_{componente}$:** Costo de desarrollo actualizado de la componente Central Generadora (Unidad de Punta)
- **$C_{componente-0}$:** Costo de desarrollo inicial de la componente Central Generadora (Unidad de Punta) calculado para enero de 2020
- **Dol_i :** Valor promedio del tipo de cambio observado del dólar EEUU, publicado por el Banco Central, al promedio mensual. para dos meses anteriores al cual se aplique la indexación.
- **Dol_0 :** Valor promedio del tipo de cambio observado del dólar EEUU, publicado por el Banco Central, correspondiente a noviembre de 2019 cuyo valor es 776,53.
- **$NREL\ Battery_i$:** Costo unitario estimado de sistema de almacenamiento de energía mediante baterías según publicación NREL “Cost Projections for Utility-Scale Battery Storage”, correspondiente al año i menos 1.
- **$NREL\ Battery_0$:** Costo unitario estimado de sistema de almacenamiento de energía mediante baterías según publicación NREL “Cost Projections for Utility-Scale Battery Storage”, correspondiente al año 2019 cuyo valor es 393.
- **$pvXch_i$:** pvXchange, índice de precios de módulos o paneles solares disponible en el link (<https://www.pvxchange.com/en/news/price-index>), el valor correspondiente será el del sexto mes anterior al cual se aplique la fijación.
- **$pvXch_0$:** pvXchange índice de precios de módulos o paneles solares disponible en el link (<https://www.pvxchange.com/en/news/price-index>), el valor correspondiente a junio de 2019

- **PPI_i :** Producer Price Index- Commodities (Serie WPU00000000) publicados por el Bureau of Labor Statistics correspondiente al séptimo mes anterior al cual se aplique la fijación.
- **PPI_0 :** Producer Producer Price Index- Commodities (Serie WPU00000000) publicados por el Bureau of Labor Statistics correspondiente a junio de 2019 cuyo valor es 200,3.
- **IPC_i :** Índice de precios del consumidor publicados por el INE, para dos meses anteriores al cual se aplique la indexación
- **IPC_0 :** Índice de precios del consumidor publicados por el INE, para al mes de noviembre de 2019 cuyo valor es 103,55.
- **$Coef_n$:** Peso de cada indexador en la componente central generadora del costo de inversión

Luego, para los componentes de costo de desarrollo de la subestación eléctrica y línea de transmisión de la unidad de punta del tipo del tipo central solar fotovoltaica con sistema de almacenamiento de energía mediante baterías en el SEN se considera la formula de actualización siguiente:

$$C_{componente} = C_{componente-0} * \left[\frac{Dol_i}{Dol_0} * \left(Coef_1 * \frac{PPI_i}{PPI_0} \right) + Coef_2 * \frac{IPC_i}{IPC_0} \right]$$

Donde:

- **$C_{componente}$:** Costo de desarrollo actualizado del componente Subestación Eléctrica o Línea de Transmisión de la Unidad de Punta
- **$C_{componente-0}$:** Costo de desarrollo inicial del componente Subestación Eléctrica o Línea de Transmisión de la unidad de punta calculado para enero de 2020
- **Dol_i :** Valor promedio del tipo de cambio observado del dólar EEUU, publicado por el Banco Central, al promedio mensual. para dos meses anteriores al cual se aplique la indexación.
- **Dol_0 :** Valor promedio del tipo de cambio observado del dólar EEUU, publicado por el Banco Central, correspondiente a noviembre de 2019 cuyo valor es 776,53.
- **PPI_i :** Producer Price Index- Commodities (Serie WPU00000000) publicados por el Bureau of Labor Statistics correspondiente al séptimo mes anterior al cual se aplique la fijación.
- **PPI_0 :** Producer Producer Price Index- Commodities (Serie WPU00000000) publicados por el Bureau of Labor Statistics correspondiente a junio de 2019 cuyo valor es 200,3.
- **IPC_i :** Índice de precios del consumidor publicados por el INE, para dos meses anteriores al cual se aplique la indexación

- **IPC_0 :** Índice de precios del consumidor publicados por el INE, para al mes de noviembre de 2019 cuyo valor es 103,55.
- **$Coef_n$:** Peso de cada indexador en la componente subestación eléctrica o línea de transmisión del costo de inversión

Luego, para los Costos Fijos de Operación de la Unidad de punta del tipo tipo central solar fotovoltaica con sistema de almacenamiento de energía en el SEN se considera la formula de actualización siguiente:

$$C_{fijo-i} = C_{fijo-0} * \left[\frac{Dol_0}{Dol_i} * \frac{IPC_i}{IPC_0} \right]$$

Donde:

- **C_{fijo-i} :** Costo fijo de operación y mantenimiento de la Unidad de Punta
- **C_{fijo-0} :** Costo fijo de operación y mantenimiento de la Unidad de Punta calculado enero de 2020
- **Dol_i :** Valor promedio del tipo de cambio observado del dólar EEUU, publicado por el Banco Central, al promedio mensual. para dos meses anteriores al cual se aplique la indexación.
- **Dol_0 :** Valor promedio del tipo de cambio observado del dólar EEUU, publicado por el Banco Central, correspondiente a noviembre de 2019 cuyo valor es 776,53.
- **IPC_i :** Índice de precios del consumidor publicados por el INE, para dos meses anteriores al cual se aplique la indexación
- **IPC_0 :** Índice de precios del consumidor publicados por el INE, para al mes de noviembre de 2019 cuyo valor es 103,55.

20.2.2.3 UNIDAD DE PUNTA DEL TIPO PARQUE EÓLICO CON SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA MEDIANTE BATERIAS EN EL SEN

Para la componente del costo de desarrollo de la central generadora (unidad de punta) del tipo parque eólico con sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, instaladas en el SEN se considera la siguiente formula de actualización.

$$C_{componente} = C_{componente-0} * \left[\frac{Dol_i}{Dol_0} * \left(Coef_1 * \frac{NREL\ Battery_i}{NREL\ Battery_0} + Coef_2 * \frac{IRENA\ WTG_i}{IRENA\ WTG_0} + Coef_3 * \frac{PPI_i}{PPI_0} \right) + Coef_4 * \frac{IPC_i}{IPC_0} \right]$$

Donde:

- **$C_{componente}$:** Costo de desarrollo actualizado de la componente Central Generadora (Unidad de Punta)
- **$C_{componente-0}$:** Costo de desarrollo inicial de la componente Central Generadora (Unidad de Punta) calculado para enero de 2020
- **Dol_i :** Valor promedio del tipo de cambio observado del dólar EEUU, publicado por el Banco Central, al promedio mensual. para dos meses anteriores al cual se aplique la indexación.
- **Dol_0 :** Valor promedio del tipo de cambio observado del dólar EEUU, publicado por el Banco Central, correspondiente a noviembre de 2019 cuyo valor es 776,53.
- **$NREL\ Battery_i$:** Costo unitario estimado de sistema de almacenamiento de energía mediante baterías según publicación NREL “Cost Projections for Utility-Scale Battery Storage”, correspondiente al año i menos 1.
- **$NREL\ Battery_0$:** Costo unitario estimado de sistema de almacenamiento de energía mediante baterías según publicación NREL “Cost Projections for Utility-Scale Battery Storage”, correspondiente al año 2019 cuyo valor es 393.
- **$IRENA\ WTG_i$:** Costo unitario de turbina eólica tipo Vestas indicado en la publicación IRENA “Renewable Power Generation Costs in yyyy”, donde yyyy corresponde al año de publicación, correspondiente al promedio del año i menos 1
- **$IRENA\ WTG_0$:** Costo unitario de turbina eólica tipo Vestas indicado en la publicación IRENA “Renewable Power Generation Costs in yyyy”, donde yyyy corresponde al año de publicación, correspondiente al promedio del 2019 cuyo valor es 865,67.

- **PPI_i :** Producer Price Index- Commodities (Serie WPU00000000) publicados por el Bureau of Labor Statistics correspondiente al séptimo mes anterior al cual se aplique la fijación.
- **PPI_0 :** Producer Producer Price Index- Commodities (Serie WPU00000000) publicados por el Bureau of Labor Statistics correspondiente a junio de 2019 cuyo valor es 200,3.
- **IPC_i :** Índice de precios del consumidor publicados por el INE, para dos meses anteriores al cual se aplique la indexación
- **IPC_0 :** Índice de precios del consumidor publicados por el INE, para al mes de noviembre de 2019 cuyo valor es 103,55.
- **$Coef_n$:** Peso de cada indexador en la componente central generadora del costo de inversión

Luego, para los componentes de costo de desarrollo de la subestación eléctrica y línea de transmisión de la unidad de punta del tipo parque eólico con sistema de almacenamiento de energía mediante baterías en el SEN y SSMM se considera la formula de actualización siguiente:

$$C_{componente} = C_{componente-0} * \left[\frac{Dol_i}{Dol_0} * \left(Coef_1 * \frac{PPI_i}{PPI_0} \right) + Coef_2 * \frac{IPC_i}{IPC_0} \right]$$

Donde:

- **$C_{componente}$:** Costo de desarrollo actualizado del componente Subestación Eléctrica o Línea de Transmisión de la Unidad de Punta
- **$C_{componente-0}$:** Costo de desarrollo inicial del componente Subestación Eléctrica o Línea de Transmisión de la unidad de punta calculado para enero de 2020
- **Dol_i :** Valor promedio del tipo de cambio observado del dólar EEUU, publicado por el Banco Central, al promedio mensual. para dos meses anteriores al cual se aplique la indexación.
- **Dol_0 :** Valor promedio del tipo de cambio observado del dólar EEUU, publicado por el Banco Central, correspondiente a noviembre de 2019 cuyo valor es 776,53.
- **PPI_i :** Producer Price Index- Commodities (Serie WPU00000000) publicados por el Bureau of Labor Statistics correspondiente al séptimo mes anterior al cual se aplique la fijación.
- **PPI_0 :** Producer Producer Price Index- Commodities (Serie WPU00000000) publicados por el Bureau of Labor Statistics correspondiente a junio de 2019 cuyo valor es 200,3.
- **IPC_i :** Índice de precios del consumidor publicados por el INE, para dos meses anteriores al cual se aplique la indexación

- **IPC_0 :** Índice de precios del consumidor publicados por el INE, para al mes de noviembre de 2019 cuyo valor es 103,55.
- **$Coef_n$:** Peso de cada indexador en la componente subestación eléctrica o línea de transmisión del costo de inversión

Luego, para los Costos Fijos de Operación de la Unidad de punta del tipo parque eólico con sistema de almacenamiento de energía mediante baterías en el SEN y SSMM se considera la formula de actualización siguiente:

$$C_{fijo-i} = C_{fijo-0} * \left[\frac{Dol_0}{Dol_i} * \frac{IPC_i}{IPC_0} \right]$$

Donde:

- **C_{fijo-i} :** Costo fijo de operación y mantenimiento de la Unidad de Punta
- **C_{fijo-0} :** Costo fijo de operación y mantenimiento de la Unidad de Punta calculado enero de 2020
- **Dol_i :** Valor promedio del tipo de cambio observado del dólar EEUU, publicado por el Banco Central, al promedio mensual. para dos meses anteriores al cual se aplique la indexación..
- **Dol_0 :** Valor promedio del tipo de cambio observado del dólar EEUU, publicado por el Banco Central, correspondiente a noviembre de 2019 cuyo valor es 776,53.
- **IPC_i :** Índice de precios del consumidor publicados por el INE, para dos meses anteriores al cual se aplique la indexación
- **IPC_0 :** Índice de precios del consumidor publicados por el INE, para al mes de noviembre de 2019 cuyo valor es 103,55.

20.2.2.4 COEFICIENTES

Tal como se indicó en la sección 20.1.4, se definió un conjunto de indexadores y luego a cada una de las partidas del costo de inversión de la unidad de punta se ha asignado uno de los Indexadores del conjunto analizado (PPI Turbina, PPI Motor, PPI, IPC, etc.), los cuales según la experiencia del consultor, reflejarán en mejor forma su comportamiento en el tiempo. Luego, a partir de esta asignación se calculan los pesos relativos para cada componente ($Coef_n$), con lo que queda definida la fórmula de indexación del costo de desarrollo para cada caso estudiado.

Los pesos relativos de cada indexador para las componentes del costo de desarrollo de la Unidad de Punta en las distintas subestaciones del SEN se muestran en la hoja “RESUMEN A MW_220kV_B”, donde A y B corresponde a la potencia y a la tecnología⁵ de la unidad de punta respectivamente, de las tablas resumen incluidas en las planillas de cálculo del Anexo 6.

Los pesos relativos de cada indexador para las componentes del costo de desarrollo de la Unidad de Punta en las distintas subestaciones de los SSMM se muestran en la hoja “RESUMEN C MW_D”, donde C y D corresponde a la potencia y a la tecnología⁶ de la unidad de punta respectivamente, de las tablas resumen incluidas en las planillas de cálculo del Anexo 6.

⁵ PSFV_BESS = Parque Solar Fotovoltaico + BESS, PE_BESS = Parque Eólico + BESS, TG = Turbinas a Gas en ciclo simple o abierto

⁶ PE_BESS = Parque Eólico + BESS, TG = Turbinas a Gas en ciclo simple o abierto, GMGD = Grupo Motor Generador Diesel, GMGGN = Grupo Motor – Generador Gas Natural

21

**DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE INVERSIÓN Y COSTOS
FIJOS DE OPERACIÓN DE LA UNIDAD DE PUNTA,
EN SISTEMAS SEN Y SSMM;**

**HERRAMIENTA DE CÁLCULO PARA
DETERMINAR EL COSTO DE DESARROLLO Y
SU ACTUALIZACIÓN**

21 HERRAMIENTA DE CÁLCULO PARA DETERMINAR EL COSTO DE DESARROLLO Y SU ACTUALIZACIÓN

Las planillas de cálculo mediante las cuales se obtienen los costos de inversión y costo fijos de operación de la Unidad de Punta de las distintas tamaños, localizaciones y tecnologías en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) y los Sistemas Medianos (SSMM) se adjuntan como Anexo N° 6.

Adicionalmente, en las mismas planillas de cálculo (formato Excel) se determinan los precios básicos de potencia de punta, mediante las formulas o polinomios previamente descritos en el Informe de Avance N° 2 – Parte 2.

El cálculo del precio básico de la potencia de punta en las distintas subestaciones del SEN se encuentra implementado en la hoja “RESUMEN A MW_220kV_B”, donde A y B corresponde a la potencia y a la tecnología⁷ de la unidad de punta respectivamente.

El cálculo del precio básico de la potencia de punta en las distintas subestaciones de los SSMM se encuentra implementado en la hoja “RESUMEN A MW_D”, donde A y D corresponde a la potencia y a la tecnología⁸ de la unidad de punta respectivamente.

Por su parte, los indexadores propuestos y elegidos, y sus respectivas formulas de indexación de las componentes de costos principales de las distintas tecnologías para las unidades de punta se muestran en las mismas planillas de cálculo (formato Excel) del Anexo N° 6.

La indexación de las componentes del precio básico de la potencia de punta en las distintas subestaciones del SEN se encuentra implementado en la hoja “RESUMEN A MW_220kV_B ACT”, donde A y B corresponde a la potencia y a la tecnología de la unidad de punta respectivamente, de las tablas resumen incluidas en las planillas de cálculo del Anexo 6.

La indexación de las componentes del potencia de punta en las distintas subestaciones de los SSMM se encuentra implementado en la hoja “RESUMEN A MW_D ACT”, donde A y D corresponde a la potencia y a la tecnología de la unidad de punta respectivamente, de las tablas resumen incluidas en las planillas de cálculo del Anexo 6.

⁷ TG = Turbinas a Gas en ciclo simple o abierto, PSFV_BESS= Parque Solar Fotovoltaico + BESS, PE_BESS= Parque Eólico + BESS

⁸ PE_BESS = Parque Eólico + BESS, TG = Turbinas a Gas en ciclo simple o abierto, GMGD = Grupo Motor Generador Diesel, GMGGN = Grupo Motor – Generador Gas Natural

Asimismo, los instructivos para la actualización del costo de desarrollo de la Unidad de Punta para las distintas tecnologías estudiadas se adjuntan como documentos Word y PDF, en el Anexo N° 7.

22

**DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE INVERSIÓN Y COSTOS
FIJOS DE OPERACIÓN DE LA UNIDAD DE PUNTA,
EN SISTEMAS SEN Y SSMM;**

**HERRAMIENTA DE SEGUIMIENTO DE LOS
COSTOS DE INVERSIÓN DE LAS DIFERENTES
TECNOLOGÍAS ANALIZADAS**

22 HERRAMIENTA DE SEGUIMIENTO DE LOS COSTOS DE INVERSIÓN DE LAS DISTINTAS TECNOLOGÍAS DE GENERACIÓN DISPONIBLES PARA SUMINISTRAR POTENCIA DE PUNTA

22.1 GENERAL

El seguimiento de los costos de inversión de las diferentes tecnologías analizadas, se realizará utilizando publicaciones internacionales, publicaciones web u otros que permitan seguir la evolución de los montos de inversión y la selección adecuada de tecnologías en el horizonte de tiempo en que se apliquen los resultados del estudio.

Entre las publicaciones internacionales, publicaciones web u otras que pueden ser consultadas, estarían entre otras las siguientes:

- National Renewable Energy Laboratory (NREL), Annual Technology – Baseline (ATB) and Standard Scenarios

Período 2015 – 2019: <https://atb.nrel.gov/electricity/archives.html>

Año 2020: <https://atb.nrel.gov/electricity/2020/index.php?t=in>

Summary of Minimum and Maximum Values of CAPEX, Capacity Factor, O&M and LCOE

| | | LCOE (\$/MWh) | | CAPEX (\$/kW) | | Variable O&M (\$/MWh) | | Fixed O&M (\$/kW/yr) | | Capacity Factor | | FCR | | Fuel (\$/MMBTU & \$/MWh) | |
|-----------------|-----|---------------|------|---------------|--------|-----------------------|------|----------------------|------|-----------------|------|------|------|--------------------------|------|
| | | Min. | Max. | Min. | Max. | Min. | Max. | Min. | Max. | Min. | Max. | Min. | Max. | Min. | Max. |
| Land-Based Wind | R&D | 28 | 161 | 1,556 | 2.860 | | | 43 | 43 | 0,16 | 0,52 | 0,05 | 0,07 | | |
| Offshore Wind | R&D | 84 | 216 | 4.066 | 6.853 | | | 89 | 133 | 0,28 | 0,51 | 0,05 | 0,07 | | |
| Utility PV | R&D | 29 | 61 | 1.600 | 1.600 | | | 19 | 19 | 0,22 | 0,35 | 0,04 | 0,06 | | |
| Commercial PV | R&D | 65 | 134 | 2.052 | 2.052 | | | 18 | 18 | 0,12 | 0,19 | 0,05 | 0,06 | | |
| Residential PV | R&D | 88 | 182 | 3.054 | 3.054 | | | 22 | 22 | 0,13 | 0,21 | 0,05 | 0,06 | | |
| CSP | R&D | 89 | 142 | 7.835 | 7.835 | 4,2 | 4,2 | 68 | 68 | 0,5 | 0,64 | 0,05 | 0,07 | | |
| Geothermal | R&D | 58 | 540 | 6.698 | 47.179 | | | 137 | 699 | 0,8 | 0,9 | 0,05 | 0,07 | | |
| Hydropower | R&D | 31 | 121 | 4.108 | 7.824 | | | 29 | 135 | 0,6 | 0,66 | 0,03 | 0,07 | | |
| Battery | R&D | | | 963 | 1.633 | | | 41 | 41 | 0,85 | 0,85 | | | | |
| Coal | R&D | 64 | 190 | 4.150 | 6.831 | 4,4 | 11 | 40 | 58 | 0,54 | 0,85 | 0,04 | 0,08 | 17 | 25 |
| Biopower | R&D | 78 | 129 | 4.235 | 4.348 | 4,4 | 4,7 | 40 | 123 | 0,61 | 0,61 | 0,04 | 0,07 | 3,1 | 3,1 |
| Natural Gas | R&D | 27 | 112 | 983 | 2.778 | 2,2 | 5,7 | 11 | 27 | 0,12 | 0,87 | 0,04 | 0,07 | 2,8 | 2,8 |
| Nuclear | R&D | 61 | 92 | 7.186 | 7.186 | 2,3 | 2,3 | 119 | 119 | 0,93 | 0,93 | 0,04 | 0,08 | 6,9 | 6,9 |

Technology (Todo)
 Scenario
 Conservative
 Moderate
 Advanced
 Cost Recovery Period
 Case
 (Todo)
 MKT
 R&D
 Year
<https://atb.nrel.gov>
 MKT = Market + Policies

En esta primera publicación se puede acceder a información de costos de inversión de tecnología del tipo eólica, solar fotovoltaica y sistema de almacenamiento de energía mediante baterías.

La información está directamente disponible en el enlace indicado. En dicha página web en la sección base está disponible un resumen de las distintas tecnologías junto con enlaces a las secciones respectivas de cada tecnología en las cuales se incluyen las metodologías utilizadas para las estimaciones junto con enlaces a documentación de referencia.

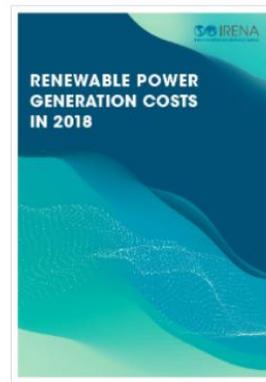
Para efectos del seguimiento se sugiere utilizar la información del cuadro resumen “*Summary of Minimum and Maximum Values of CAPEX, Capacity Factor, O&M and LCOE*” que se muestra en la figura anterior el cual está disponible en la sección base de ATB del NREL para el año en curso y en la sección “*ATB Cost and Performance Summary*” para años anteriores.

- IRENA International Renewable Energy Agency
Renewable Power Generation Costs 2018 and
Renewable Power Generation Costs 2019
<https://www.irena.org/publications/Our-Collections#Costs>

Costs



Renewable Power
Generation Costs in 2019



Renewable Power
Generation Costs in 2018

Por su parte, en esta segunda publicación se puede acceder a información de costos de inversión de tecnología del tipo eólica y solar fotovoltaica.

La información de la tecnología tipo eólica está en la sección denominada “Onshore Wind” en la página 46 de la versión 2019. En específico en la página 50 de dicha edición se encuentran datos respecto a costos de turbinas eólicas (figura 2.3) y en la página 51 información de costo de inversión total (figura 2.4).

Respecto a información de la tecnología tipo fotovoltaica, está disponible en la sección denominada “Solar Photovoltaics” en la página 61 de la versión 2019. En específico en la página 63 de dicha edición se encuentran datos respecto a costos de paneles fotovoltaicos (figura 2.2) y en la página 64 información de costo de inversión total (figura 2.3).

- U.S. Energy Information Administration
Annual Energy Outlook 2020: <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/>
Previous Editions of the AEO: <https://www.eia.gov/outlooks/archive/aeo19/>
<https://www.eia.gov/outlooks/archive/aeo18/>

<https://www.eia.gov/outlooks/archive/aeo17/>

Donde:

yy corresponde a los dos últimos dígitos del año correspondiente

Annual Energy Outlook 2020

with projections to 2050



eia Federal Bureau of Energy
U.S. Energy Information
Administration

#AEO2020

January 29, 2020
www.eia.gov/aeo

Finalmente, en la tercera publicación propuesta se puede acceder a información de costos de inversión de tecnología del tipo eólica, solar fotovoltaica y sistema de almacenamiento de energía mediante baterías.

En esta publicación la información resumida esta contenida en el reporte completo en la página 69 para las tecnologías solar, eólica y gas natural.

Se destaca que las tres publicaciones presentadas son fuentes confiables y reconocidas. No obstante, lo anterior se recomienda utilizar la publicación de “*NREL Annual Technology – Baseline (ATB) and Standard Scenarios*” en consideración de su periodicidad de publicación (todos los años) y de que la información en ella se presenta de forma más clara.

Respecto a las otras publicaciones, estas pueden ser utilizadas para contrastar y comparar los datos de la publicación de NREL.

23

**DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE INVERSIÓN Y COSTOS
FIJOS DE OPERACIÓN DE LA UNIDAD DE PUNTA,
EN SISTEMAS SEN Y SSMM;**

**HERRAMIENTA DE SEGUIMIENTO DE LOS
PRINCIPALES INSUMOS QUE INCIDEN EN EL
VALOR DEL PRECIO BÁSICO DE LA
POTENCIA DE PUNTA**

23 HERRAMIENTA DE SEGUIMIENTO DE LOS PRINCIPALES INSUMOS QUE INCIDEN EN EL VALOR DEL PRECIO BÁSICO DE LA POTENCIA DE PUNTA

23.1 GENERAL

El estudio contempla desarrollar una estrategia de seguimiento de los insumos que influyen en el valor del precio básico de la potencia punta. Para esto se procederá a elaborar un procedimiento de seguimiento en donde se indicarán las partidas de costos del equipamiento principal y parámetros de indexación, entre otros. Las fuentes de información a consultar corresponderán a publicaciones internacionales, publicaciones web, etc.

Se indican a continuación fuentes de información utilizadas para las distintas tecnologías de generación eléctrica, del presente estudio.

23.2 TURBINAS A GAS EN CICLO SIMPLE O ABIERTO

La principal fuente o herramienta de seguimiento de los costos de inversión de turbinas a gas corresponde a la publicación denominada “Gas Turbine World” de Pequot Publishing Inc. (<https://gasturbineworld.com/product-category/annual-handbook/>) Asimismo en dicha publicación anual o bianual es posible obtener las especificaciones de rendimiento para cada una de las unidades disponibles en el mercado, según el modelo y año de fabricación de las turbinas a gas publicadas.

Otra fuente o herramienta de información corresponde a la publicación denominada “Diesel & Gas Turbine Worldwide” (<http://www.diesलगasturbine.com>) donde es posible obtener el rango de potencias comercialmente disponibles por parte de los principales fabricantes de turbinas a gas.

Los rangos de potencia pueden obtener es de la sección <https://www.diesलगasturbine.com/specsataglace>, en específico para el último año:

Motores Año 2020:

<https://www.diesलगasturbine.com/premium-content/engine-specsataglace-2020/8009397.article>

Turbinas Año 2020:

<https://www.diesलगasturbine.com/premium-content/turbine-specsataglace-2020/8009395.article>

Esta información se encuentra también en la revista que se publica periódicamente

Para acceder a la información es necesario registrarse y para recibir la revista es necesario suscribirse, pero la publicación es gratuita.

En la figura N° 23.1 siguiente se muestran las caratulas de la revista especializada “Gas Turbine World [Año] GTW Handbook” del período 2006 – 2020, mediante la cual es posible disponer anual o bianual los valores referenciales o nivel “budgetary prices” de Turbinas a Gas en Ciclo Simple o Abierto para el rango de potencia definido por la CNE para este tipo de tecnología.

HANDBOOK

The GTW Handbook is updated annually as a combination Reference and Buyers' Guide for major phases of gas turbine power plant development, planning, evaluation, procurement, construction, operation and maintenance.

Showing all 11 results

Sort by latest

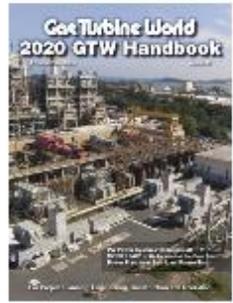
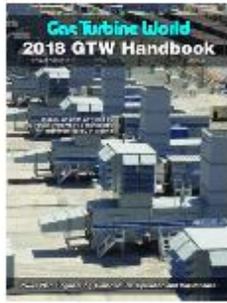
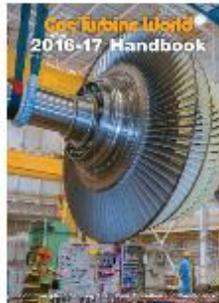
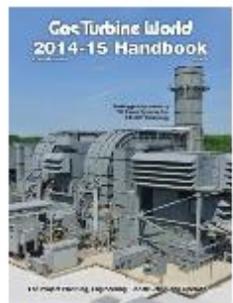
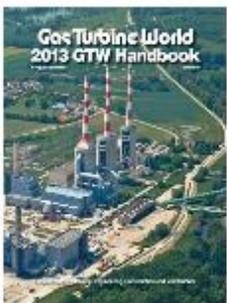
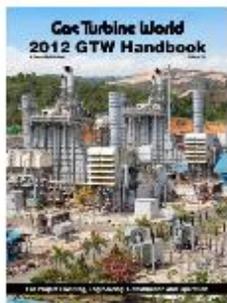
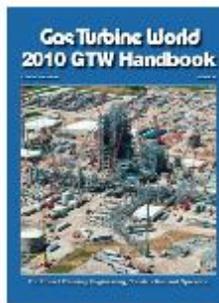
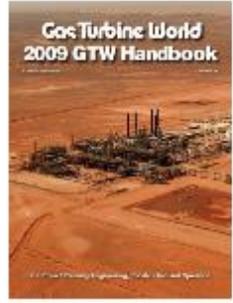
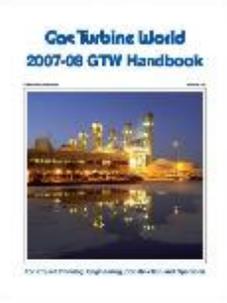
| | | | |
|---|--|--|--|
|  <p>2020 HANDBOOK, VOLUME 35 \$180.00 Add to cart</p> |  <p>2019 HANDBOOK, VOLUME 34 \$300.00 Add to cart</p> |  <p>2018 HANDBOOK, VOLUME 33 \$300.00 Add to cart</p> |  <p>2016-17 HANDBOOK, VOLUME 32 \$300.00 Add to cart</p> |
|  <p>2014-15 HANDBOOK, VOLUME 31 \$300.00 Add to cart</p> |  <p>2013 HANDBOOK, VOLUME 30 \$300.00 Add to cart</p> |  <p>2012 HANDBOOK, VOLUME 29 \$300.00 Add to cart</p> |  <p>2010 HANDBOOK, VOLUME 28 \$300.00 Add to cart</p> |
|  <p>2009 HANDBOOK, VOLUME 27 \$300.00 Add to cart</p> |  <p>2007-08 HANDBOOK, VOLUME 26 \$500.00 Add to cart</p> |  <p>2006 HANDBOOK, VOLUME 25 \$300.00 Add to cart</p> | |

Figura 23.1 Caratulas de la publicación especializada “Gas Turbine World [Año] GTW Handbook” – Período 2006 -2020

En la tabla 23.2 se muestran los valores de costos unitarios de inversión a nivel de presupuesto básico FOB para las distintas Turbinas a gas en ciclo simple o abierto (TG CA) en el rango de potencia indicado por la CNE durante los últimos 5 años (2016-2020) a excepción del año 2018 y 2019, dado que la publicación del Gas Turbine World (GTW) no ha sido adquirida por parte del Consultor. Por lo anterior, se sugiere suscribirse a la publicación anual de la revista especializada GTW (<http://www.gasturbineworld.com/order-now.html>) y anualmente actualizar la planilla de datos adjunta.

| Marca | Modelo | Potencia Base ISO (kW) | Budget Price 2020 (US\$) | CAPEX (US\$/kW) | Potencia Base ISO (kW) | Budget Price 2016 - 2017 (US\$) | CAPEX (US\$/kW) |
|----------------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|-----------------|------------------------|---------------------------------|-----------------|
| Capstone Turbine | C2005 | 200 | \$ 210.000 | 1.050 | 200 | \$ 230.000 | 1.150 |
| Capstone Turbine | C1000S | | | | 1.000 | \$ 1.000.000 | 1.000 |
| Kawasaki Heavy Industries | M1A-17D | 1.700 | \$ 1.500.000 | 882 | 1.810 | \$ 1.500.000 | 829 |
| OPRA Turbine | OP16-3A | | | | 1.876 | \$ 1.550.000 | 826 |
| OPRA Turbine | OP16-3C | 1.850 | \$ 1.600.000 | 865 | | | |
| Solar Turbines | Centaur 40 | 3.515 | \$ 2.888.000 | 822 | | | |
| Centrax Gas Turbine | CX501-KB5 | 3.980 | \$ 3.200.000 | 804 | | | |
| Siemens Gas and Power (50/60 Hz) | SGT-A05 (Ind 501-KB55) | | | | 3.980 | \$ 3.300.000 | 829 |
| Solar Turbines | Centaur 50 | 4.600 | \$ 3.550.000 | 772 | 4.600 | \$ 3.500.000 | 761 |
| Zorya-Mashproekt | UGT 5000 | | | | 5.100 | \$ 3.850.000 | 755 |
| Siemens Gas and Power (50/60 Hz) | SGT-A05 (Ind 501-KB75) | 5.380 | \$ 4.300.000 | 799 | 5.380 | \$ 4.250.000 | 790 |
| Siemens Gas and Power (50/60 Hz) | SGT-100 (5.4 MW) | 5.400 | \$ 4.120.000 | 763 | 5.400 | \$ 4.000.000 | 741 |
| Solar Turbines | Taurus 60 | 5.670 | \$ 4.190.000 | 739 | | | |
| Magellan Aerospace | OGT6000 | | | | 6.200 | \$ 4.150.000 | 669 |
| Solar Turbines | Taurus 65 | 6.300 | \$ 4.350.000 | 690 | | | |
| Siemens Gas and Power (50/60 Hz) | SGT-300 | 7.901 | \$ 4.750.000 | 601 | 7.901 | \$ 5.000.000 | 633 |
| Solar Turbines | Taurus 70 | 7.965 | \$ 4.940.000 | 620 | 8.180 | \$ 4.850.000 | 593 |
| Solar Turbines | Mars 100 | 11.350 | \$ 6.350.000 | 559 | 11.350 | \$ 6.500.000 | 573 |
| UEC-Aviadvigateel | GTU-12PG-2 | 12.300 | \$ 6.270.000 | 510 | | | |
| Siemens Gas and Power (50/60 Hz) | SGT-400 (15 MW) | 14.326 | \$ 7.250.000 | 506 | 14.326 | \$ 7.400.000 | 517 |
| Zorya-Mashproekt | UGT 15000 | | | | 16.500 | \$ 7.500.000 | 455 |
| Solar Turbines | Titan 130 | 16.450 | \$ 8.500.000 | 517 | 16.530 | \$ 8.750.000 | 529 |
| Solar Turbines | Titan 250 | 21.745 | \$ 11.000.000 | 506 | 23.100 | \$ 11.500.000 | 498 |
| GE Power Aero (50 Hz) | LM2500 | 22.417 | \$ 12.000.000 | 535 | | | |
| Siemens Gas and Power (50/60 Hz) | SGT-600 | 24.480 | \$ 11.100.000 | 453 | 24.480 | \$ 11.750.000 | 480 |
| PW Power Systems (50 Hz) | FT8 SWIFTPAC 25 DLN | 25.455 | \$ 12.500.000 | 491 | | | |
| Zorya-Mashproekt | UGT 25000 | | | | 25.680 | \$ 11.250.000 | 438 |
| Siemens Gas and Power (50/60 Hz) | SGT-A35 (GT62) DEL | 29.845 | \$ 12.750.000 | 427 | | | |
| PW Power Systems (50 Hz) | FT8 SWIFTPAC 30 | 30.892 | \$ 12.500.000 | 405 | | | |
| Siemens Gas and Power (50/60 Hz) | SGT-A35 (GT61) DEL | 32.130 | \$ 13.750.000 | 428 | 32.130 | \$ 14.000.000 | 436 |
| Baker Hughes GE (Frame) | MSS002E | | | | 32.800 | \$ 12.250.000 | 373 |
| Siemens Gas and Power (50/60 Hz) | SGT-700 | 32.820 | \$ 13.250.000 | 404 | | | |
| Siemens Gas and Power (50/60 Hz) | SGT-750 | 37.031 | \$ 14.100.000 | 381 | 39.810 | \$ 14.000.000 | 352 |
| MHPS (50/60 Hz) | H-25 | 41.030 | \$ 15.600.000 | 380 | 41.030 | \$ 13.600.000 | 331 |
| GE Power Frame (50/60 Hz) | 6B.03 | 44.000 | \$ 17.150.000 | 390 | 44.000 | \$ 15.000.000 | 341 |
| GE Power Aero (50/60 Hz) | LM6000 DEL PF | 45.000 | \$ 19.400.000 | 431 | | | |
| GE Power Aero (50/60 Hz) | LM6000 DEL PF Sprint | 50.000 | \$ 20.500.000 | 410 | | | |
| Baker Hughes GE (Aero) | LM6000PG | 51.204 | \$ 21.000.000 | 410 | | | |
| GE Power Aero (50/60 Hz) | LM6000 DEL PF+ | 53.000 | \$ 21.600.000 | 408 | | | |
| Siemens Gas and Power (50/60 Hz) | SGT-800 (57 MW) | | | | 57.000 | \$ 17.000.000 | 298 |
| PW Power Systems (50 Hz) | FT8 SWIFTPAC 60 | 62.086 | \$ 21.450.000 | 345 | | | |
| Siemens Gas and Power (50 Hz) | SGT-A65 DEL | | | | 61.900 | \$ 24.500.000 | 396 |
| PW Power Systems (50 Hz) | FT8 SwiftPac 60 | | | | 62.086 | \$ 22.250.000 | 358 |
| GE Power Aero (50 Hz) | LM9000 Low Nox | | | | 68.000 | \$ 24.500.000 | 360 |
| PW Power Systems (50 Hz) | FT4000 SWIFTPAC 60 | 68.747 | \$ 24.500.000 | 356 | | | |
| Siemens Gas and Power (50 Hz) | SGT-A65 WLE ISI | | | | 76.506 | \$ 26.000.000 | 340 |
| Ansaldo Energía | AE64.3A | 78.000 | \$ 26.500.000 | 340 | 80.000 | \$ 25.000.000 | 313 |
| GE Power Frame (50/60 Hz) | 6F.03 | 82.000 | \$ 30.200.000 | 368 | 88.000 | \$ 27.500.000 | 313 |
| GE Power Aero (50 Hz) | LMS100 PB | 98.196 | \$ 40.500.000 | 412 | | | |
| GE Power Aero (50 Hz) | LMS100 PA | 109.000 | \$ 40.500.000 | 372 | | | |
| MHPS (50 Hz) | H-100 | 118.080 | \$ 32.000.000 | 271 | 116.450 | \$ 27.800.000 | 239 |
| PW Power Systems (50 Hz) | FT4000 SWIFTPAC 120 | | | | 141.567 | \$ 46.500.000 | 328 |
| MHPS (50 Hz) | M701DA | 144.090 | \$ 38.600.000 | 268 | 144.090 | \$ 38.600.000 | 268 |
| GE Power Frame (50 Hz) | 9E.04 | | | | 145.000 | \$ 37.500.000 | 259 |
| Siemens Gas and Power (50 Hz) | SGT5-2000E | 187.000 | \$ 44.400.000 | 237 | 187.000 | \$ 42.000.000 | 225 |
| Ansaldo Energía | AE94.2 | 185.000 | \$ 46.000.000 | 249 | 190.000 | \$ 41.500.000 | 218 |
| GE Power Frame (50 Hz) | GT13E2 | 203.000 | \$ 46.500.000 | 229 | 210.000 | \$ 43.500.000 | 207 |
| GE Power Frame (50 Hz) | 9F.04 | 281.000 | \$ 60.700.000 | 216 | | | |
| GE Power Frame (50 Hz) | 9F.05 | | | | 314.000 | \$ 58.000.000 | 185 |
| Siemens Gas and Power (50 Hz) | SGT5-4000F | 307.000 | \$ 63.700.000 | 207 | 329.000 | \$ 60.000.000 | 182 |
| Ansaldo Energía | GT26 | 345.000 | \$ 74.000.000 | 214 | 370.000 | \$ 65.000.000 | 176 |
| MHPS (50 Hz) | M701F | 385.000 | \$ 84.700.000 | 220 | 385.000 | \$ 68.900.000 | 179 |
| GE Power Frame (50 Hz) | 9HA.01 | 429.000 | \$ 92.300.000 | 215 | | | |
| MHPS (50 Hz) | M701JAC | | | | 448.000 | \$ 79.000.000 | 176 |
| Siemens Gas and Power (50 Hz) | SGT5-8000H | 420.000 | \$ 82.000.000 | 195 | 450.000 | \$ 77.500.000 | 172 |
| MHPS (50 Hz) | M701J | 478.000 | \$ 100.040.000 | 209 | 478.000 | \$ 80.000.000 | 167 |
| Siemens Gas and Power (50 Hz) | SGT5-8000HL | | | | 481.000 | \$ 75.000.000 | 156 |
| Ansaldo Energía | GT36-S5 | | | | 538.000 | \$ 80.000.000 | 149 |
| MHPS (50 Hz) | M701JAC | 493.000 | \$ 104.500.000 | 212 | 563.000 | \$ 86.000.000 | 153 |
| GE Power Frame (50 Hz) | 9HA.02 | | | | 571.000 | \$ 84.000.000 | 147 |
| Siemens Gas and Power (50 Hz) | SGT5-9000HL | | | | 593.000 | \$ 85.000.000 | 143 |

Tabla 23.2 Evolución costos unitarios de inversión a nivel de presupuesto básico FOB para las distintas Turbinas a Gas en Ciclo Simple o Abierto (TG CA)

23.3 GRUPO MOTOR - GENERADOR

Para el caso de los grupos motor – generador no ha sido posible obtener una fuente de información (publicaciones, sitios WEB, etc.) referencial que permita la actualización de los costos unitarios de inversión para esta tecnología. Por lo anterior, se sugiere tomar contacto con los principales representantes locales de los fabricantes de los grupos motor-generador de tal manera que estos puedan hacer entrega de los costos referenciales o precios de lista (valores CIF en US\$) de los grupos motor-generador.

Se sugiere una periodicidad semestral para solicitar la información de costos de inversión de grupo motor – generador a los principales representantes locales de esta tecnología.

Los representantes locales de esta tecnología están indicados en el Informe de Avance N° 2, Parte 2 del informe, en la sección 15.1.1, en específico tabla 15.1.4

23.4 PARQUE EÓLICO – AEROGENERADORES ONSHORE

Para la tecnología del tipo Parque Eólico y en particular su equipamiento principal el cual corresponde a los Aerogeneradores Onshore, denominados con la sigla en Inglés “WTG⁹” es posible utilizar algunas fuentes de información disponible en publicaciones internacionales.

La publicación de la International Renewable Energy Agency “IRENA” denominada “Renewable Power Generation Costs in yyyy”, donde “yyyy” corresponde a un año en específico. Es así como a la fecha están disponibles las siguientes publicaciones

- Renewable Power Generation Costs in 2019 – Junio 2020
<https://www.irena.org/publications/2020/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2019>
- Renewable Power Generation Costs in 2018 – Mayo 2019
<https://www.irena.org/publications/2019/May/Renewable-power-generation-costs-in-2018>
- Renewable Power Generation Costs in 2017 – Enero 2018
<https://www.irena.org/publications/2018/Jan/Renewable-power-generation-costs-in-2017>
- Renewable Power Generation Costs in 2014 – Enero 2015
<https://www.irena.org/publications/2015/Jan/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2014>

⁹ Wind Turbine Generators

- Renewable Power Generation Costs in 2012 – Enero 2013

<https://www.irena.org/publications/2013/Jan/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2012-An-Overview>

Así es como, para la última publicación correspondiente al año 2019, se puede acceder a la información de costos de los aerogeneradores onshore mediante el link denominado “[Download the chart data](#)” en la cual se solicitaran algunos datos como se muestra en la imagen siguiente:

| | |
|--|---|
| First Name | Last Name |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| Email | Organization Name |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| Organization Type | Country |
| <input type="text" value="Select Category"/> ▼ | <input type="text" value="Select Country"/> ▼ |
| <input type="submit" value="Submit"/> | |

Please be advised that accessing the documents that are available through this link is subject to the provision of certain information by you, which will be used by IRENA for internal analytical purposes. IRENA will make its best efforts to protect the confidentiality of this information, although does not warrant the confidentiality or security of such information.

By providing this information, you agree that IRENA may contact you from time to time, including to provide you with surveys. Your participation in such surveys shall be subject to any applicable terms and conditions as shall be communicated to you.

En la hoja denominada “Figure 2.3” la cual se encuentra a continuación de la hoja denominada “onshore wind” del archivo descargado según lo indicado anteriormente, es posible acceder a precios de aerogeneradores onshore de procedencia china y precios de aerogeneradores onshore promedios de venta del fabricante Vestas.

Adicionalmente, se sugiere utilizar indistintamente la información de costos, correspondientes a los precios de aerogeneradores onshore o turbinas eólica de las turbinas chinas o del fabricante Vestas.

23.5 PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO – MODULOS O PANELES SOLARES

Por su parte, para la tecnología del tipo Central Solar Fotovoltaica y en particular su equipamiento principal el cual corresponde a los módulos o paneles solares, denominados con la sigla en Ingles “PV¹⁰” es posible utilizar algunas fuentes de información disponible en publicaciones internacionales.

La publicación de la International Renewable Energy Agency “IRENA” denominada “Renewable Power Generation Costs in yyyy”, donde “yyyy” corresponde a un año en específico. Es así como a la fecha están disponibles los siguientes publicaciones

- Renewable Power Generation Costs in 2019 – Junio 2020
<https://www.irena.org/publications/2020/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2019>
- Renewable Power Generation Costs in 2018 – Mayo 2019
<https://www.irena.org/publications/2019/May/Renewable-power-generation-costs-in-2018>
- Renewable Power Generation Costs in 2017 – Enero 2018
<https://www.irena.org/publications/2018/Jan/Renewable-power-generation-costs-in-2017>
- Renewable Power Generation Costs in 2014 – Enero 2015
<https://www.irena.org/publications/2015/Jan/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2014>
- Renewable Power Generation Costs in 2012 – Enero 2013
<https://www.irena.org/publications/2013/Jan/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2012-An-Overview>

Así es como, para la publicación más reciente disponible, que corresponde al año 2019, se puede acceder a la información de costos de los aerogeneradores onshore mediante el link denominado “[Download the chart data](#)” en la cual se solicitaran algunos datos del usuario o requiriente como se muestra en la imagen siguiente:

¹⁰ Fotovoltaica

| | |
|--|---|
| First Name | Last Name |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| Email | Organization Name |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| Organization Type | Country |
| <input type="text" value="Select Category"/> ▼ | <input type="text" value="Select Country"/> ▼ |
| <input type="submit" value="Submit"/> | |

Please be advised that accessing the documents that are available through this link is subject to the provision of certain information by you, which will be used by IRENA for internal analytical purposes. IRENA will make its best efforts to protect the confidentiality of this information, although does not warrant the confidentiality or security of such information.

By providing this information, you agree that IRENA may contact you from time to time, including to provide you with surveys. Your participation in such surveys shall be subject to any applicable terms and conditions as shall be communicated to you.

Una vez bajada y disponible el archivo de información proporcionada por la pagina web de IRENA, es posible acceder a la información requerida. En la hoja denominada “Figure 3.2” de la planilla Excel bajada, la cual se encuentra a continuación de la hoja denominada “Solar vpv” del archivo descargado según lo indicado anteriormente, es posible acceder a precios de módulos o paneles solares de cuatro (4) tipo distintos como son: High efficiency, Mainstream, Low cost y Bifacial.

Adicionalmente, se sugiere utilizar la información de costos de los precios de módulos o paneles solares para el tipo denominado “High efficiency”.

23.6 SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGIA MEDIANTE BATERIAS (BESS)

Para la tecnología de almacenamiento de energía mediante baterías esta disponible la publicación denominada “Cost Projections for Utility-Scale Battery Storage” de la National Renewable Energy Laboratory (NREL). Es así como a la fecha están disponibles los siguientes documentos:

- Cost Projections for Utility-Scale Battery Storage: 2020 Update
<https://www.nrel.gov/docs/fy20osti/75385.pdf>

- Cost Projections for Utility-Scale Battery Storage

<https://www.nrel.gov/docs/fy19osti/73222.pdf>

Estas publicaciones en el Anexo (Appendix) muestran valores proyectados bajo, medio y alto de costos (US\$/kWh) para baterías de ion litio de 4 horas de almacenamiento y un índice proyectado bajo, medio y alto de reducción de costos normalizados

ANEXOS

ANEXO 5 INDEXADORES

ANEXO 6
PLANILLAS DE CÁLCULO DEL PRECIO BASICO DE
LA POTENCIA DE PUNTA PARA EL SEN Y SSMM.
FORMULAS DE DE CALCULO PARA INDEXACIÓN
COSTO DE DESARROLLO DE LA UNIDAD DE PUNTA
Y ACTUALIZACIÓN

ANEXO 7
DOCUMENTOS DE INSTRUCTIVOS
PROCEDIMIENTOS DE CÁLCULO Y
ACTUALIZACIÓN

ANEXO 8

LIBRO EXCEL CON TABLAS Y FIGURAS