

# *Estudio de Capacidades de la Industria Eólica en México*

FPE-17-C01-I-00032



*El presente Entregable Final forma parte del “Estudio de Capacidades de la Industria Eólica en México”, elaborado para la Asociación Mexicana de Energía Eólica con el apoyo del Fideicomiso Público para Promover el Desarrollo de Proveedores y Contratistas Nacionales de la Industria Energética (PROENERGIA).*

*\*FOTO de portada: <https://www.citiesdigest.com/2017/03/23/eliminating-energy-related-carbon-emissions-can-achieved-according-irena/wind-turbines-in-oiz-eolic-park-basque-country/>*

## Tabla de contenido

---

<b>INTRODUCCIÓN</b>	5
<b>ANTECEDENTES</b>	6
<b>OBJETIVO</b>	7
<b>CONTEXTO INTERNACIONAL</b>	8
ESTADÍSTICAS INTERNACIONALES	8
SECTOR EÓLICO EN EE.UU.	10
FABRICACIÓN DE COMPONENTES EN EUA	15
SECTOR EÓLICO EN LATAM	16
COMERCIO EXTERIOR DE MÉXICO	18
<b>ETAPA 1. DISEÑO</b>	25
ANÁLISIS DE DEMANDA	25
Parques Eólicos	26
Modalidad del Proyecto	27
Capacidad Instalada (MW)	29
Aerogeneradores	30
Fabricantes	34
Entidad Federativa	39
ANÁLISIS DE LA OFERTA	41
Características Generales	41
Cadena de Valor	44
Otros Factores Productivos	55
<b>ETAPA 2. ANALISIS</b>	64
CATEGORIZACIÓN DE LA INDUSTRIA	64
Situación Actual de la Industria	64
CONTENIDO NACIONAL	68
Análisis del Contenido Nacional	68

ANÁLISIS DE BRECHA .....	79
Capacidad de la Industria Nacional .....	79
ANÁLISIS DE LA CADENA DE PRODUCCIÓN .....	81
Factores que Impactan la Fabricación Nacional .....	81
Encadenamientos Productivos .....	84
<b>ETAPA 3. OPORTUNIDADES .....</b>	<b>97</b>
RETOS Y OPORTUNIDADES .....	97
Identificación de Retos y Oportunidades .....	97
ESTRATEGIAS Y LÍNEAS DE ACCIÓN .....	126
Estrategia General .....	126
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>130</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>131</b>

## **INTRODUCCIÓN**

La Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMDEE), es una asociación civil sin fines de lucro dedicada a impulsar el desarrollo del Sector Eólico en México. La AMDEE representa a los principales actores de la industria eólica y colabora con las autoridades en promover la regulación y políticas necesarias para impulsar el desarrollo sustentable y sostenido de la energía eólica en México.

Uno de los principales retos de nuestro país radica en fomentar el crecimiento económico, mediante el impulso de la competitividad, las inversiones productivas y la mayor participación de proveedores nacionales en el sector energético. Lo anterior, se puede lograr a través de un modelo de articulación de cadenas productivas basado en la mejora de las capacidades técnicas y de calidad, a fin de que cumplan con los factores de demanda requeridos por contratistas y proveedores.

La Secretaría de Economía, a través de la Unidad de Contenido Nacional y Fomento de Cadenas Productivas e Inversión en el Sector Energético, ha establecido una estrategia para apoyar el desarrollo de proveedores y contratistas nacionales con base en el Fideicomiso Público para Promover el Desarrollo de Proveedores y Contratistas Nacionales de la Industria Energética.

Dicho Fideicomiso Público ha convocado a las cámaras y/o asociaciones empresariales que representen a las empresas, manufactureras o de servicios que participen en la cadena de suministro del sector energético, para presentar solicitudes de Apoyos de Asistencia Técnica para participar en la Categoría I. Estándares de la industria.

La Convocatoria Categoría I. Estándares de la industria se enfoca a que contratistas y proveedores de las cadenas de valor de la industria energética superen los obstáculos para competir ante la apertura en el sector energético, mediante el fortalecimiento de sus capacidades técnicas y de calidad, para que de manera gradual la cadena de proveeduría aporte mayor valor agregado, mediante el incremento de contenido nacional en los bienes y servicios que oferten, expandan la oferta de capacidades de la mano de obra disponible, mejoren los procesos y calidad de sus productos, entre otros.

Derivado de lo anterior, la Asociación Mexicana de Energía Eólica A.C. (AMDEE), en su carácter de asociación civil que agrupa a las principales empresas desarrolladoras, fabricantes y prestadoras de servicios del sector eólico en México, ha manifestado su interés por participar en la Convocatoria Categoría I. Estándares de la industria, a través del Concepto de Apoyo E. Estudios, para el desarrollo del Estudio de Capacidades de la Industria Eólica en México dirigido a reducir las brechas de capacidades técnicas y de calidad de fabricantes y proveedores, incrementando el grado de contenido nacional, para que participen en la cadena de suministro del sector eólico.

## **ANTECEDENTES**

El Plan Nacional de Desarrollo 2013 – 2018 (PND), la Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles mas Limpios 2014 - 2018, el Programa Sectorial de Energía 2013 – 2018, el Programa Especial para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2014 – 2018, y el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2017 – 2031 (PRODESEN), establecen como una de sus principales premisas el aprovechamiento sustentable del uso de la energía y la utilización de nuevas fuentes de energía.

En 2016, la capacidad instalada del sistema eléctrico nacional fue de 71.2% correspondiente a centrales eléctricas convencionales y 28.8% a centrales eléctricas con tecnologías limpias. En términos de la capacidad instalada por tipo de tecnología limpia, la eólica se ubica en el segundo lugar sólo detrás de la hidroeléctrica, aportando el 5% de la capacidad instalada (3,755 Megawatt) y una tasa de crecimiento media anual de 33.2%. Los 41 parques eólicos en el país aportaron un 3% de la generación total de electricidad (10,463 GWh) (Prodesen).

A nivel internacional, la tecnología eólica tiene un despliegue importante debido a su rápido desarrollo tecnológico y disminución de costos, lo que la ha convertido en la energía renovable de mayor crecimiento y demanda mundial. Con base en datos del PRODESEN, en México se estima un potencial máximo eólico de 50,000 MW, siendo cuatro entidades federativas: Oaxaca, Yucatán, Baja California y Tamaulipas, donde se concentra el mayor volumen del recurso aprovechable.

Estas perspectivas definen importantes áreas de oportunidad para el desarrollo y crecimiento de la proveeduría nacional para atender la demanda de energía eólica, que deben ser aprovechadas por los tomadores de decisión de los sectores público y privado, a través de la estructuración de estrategias y líneas de acción que permitan integrar a proveedores y contratistas nacionales en la cadena de valor global de la industria eólica. El presente estudio, hace énfasis en los aerogeneradores o turbinas eólicas, toda vez que representan la principal inversión para el desarrollo e instalación de parques eólicos; con datos de la AMDEE, la inversión en obra electromecánica (aerogeneradores) representa aproximadamente el 80% de la inversión total en el desarrollo de parques eólicos.

Derivado de lo anterior, la presente propuesta de **Estudio de Capacidades de la Industria Eólica en México**, se dirige a reducir las brechas de capacidades técnicas y de calidad de fabricantes y proveedores, incrementando el grado de contenido nacional, para que participen en la cadena de suministro del sector eólico. En lo particular el Estudio no se circunscribe a una región, zona o espacio específico, sino se aborda desde una perspectiva para el fortalecimiento de proveedores a nivel nacional, toda vez que en las entidades federativas donde se desarrollará la capacidad adicional no necesariamente se encuentran ubicados los proveedores actuales y/o potenciales.

## **OBJETIVO**

El **“Estudio de Capacidades de la Industria Eólica en México”** tiene como objetivo general identificar las brechas en las capacidades técnicas y de calidad de los proveedores nacionales del sector de la industria eólica en México, para fortalecer la cadena de proveeduría nacional de la industria eólica, incrementando el Contenido Nacional (CN) de sus adquisiciones.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las principales brechas entre la demanda y la oferta nacional por principal(es) componente(s) de aerogenerador;
- Evaluar el grado de integración nacional en la fabricación por principal(es) componente(s) de aerogenerador;
- Analizar la cadena de producción involucradas en la fabricación por principal(es) componente(s) de aerogenerador con bajo grado de integración nacional o fabricación extranjera;
- Analizar los factores productivos que impactan la competitividad de la fabricación por principal(es) componente(s) de aerogenerador;
- Realiza un diagnóstico de retos y oportunidades para el desarrollo de la industria nacional por principal(es) componente(s) de aerogenerador para el sector eólico.

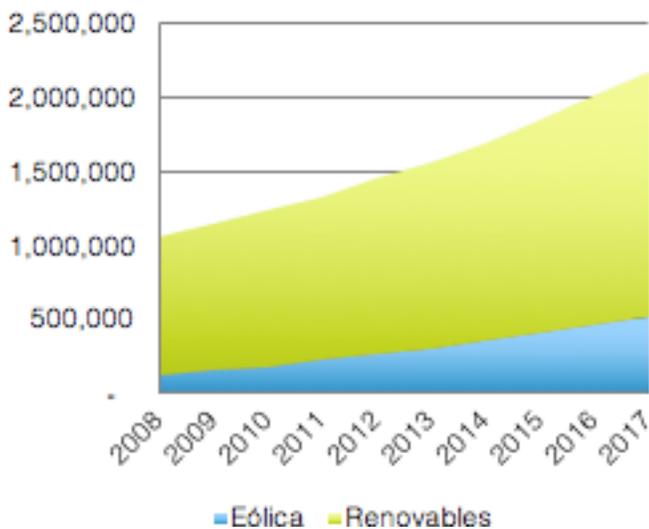
## CONTEXTO INTERNACIONAL

Estadísticas Internacionales

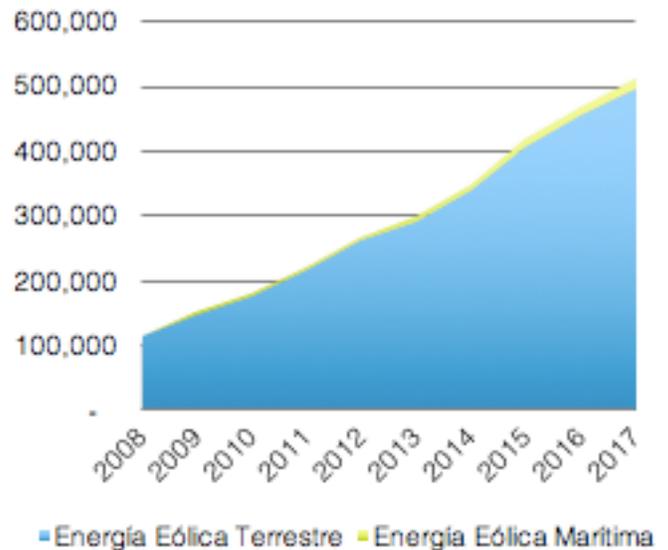
Con base en datos obtenidos del documento “**Estadísticas de Energías Renovables 2018**” de la **International Renewable Energy Agency (IRENA)**, la energía eólica se ha convertido en un jugador importante en los mercados de energías renovables. La capacidad mundial de generación eólica se ha incrementado a una tasa de crecimiento media anual (TCMA) del orden de 16% en el periodo de 2008 – 2017, aportando el 24% de la capacidad de generación de las energías renovables a nivel mundial (Gráfica I.1).

El 96% de la capacidad eólica mundial se genera en parques eólicos terrestres, en comparación con la energía eólica marítima que aporta 4% de la generación mundial; no obstante, la generación de energía eólica marítima ha mostrado crecimientos significativos con una tasa de crecimiento media anual (TCMA) del orden de 29% en el mismo periodo de 2008 – 2017 (Gráfica I.2).

Gráfica I.1. Comparativo de Capacidad (MW) de Energía Renovable vs Eólica a nivel Mundial



Gráfica I.2. Capacidad de Energía Eólica a nivel Mundial



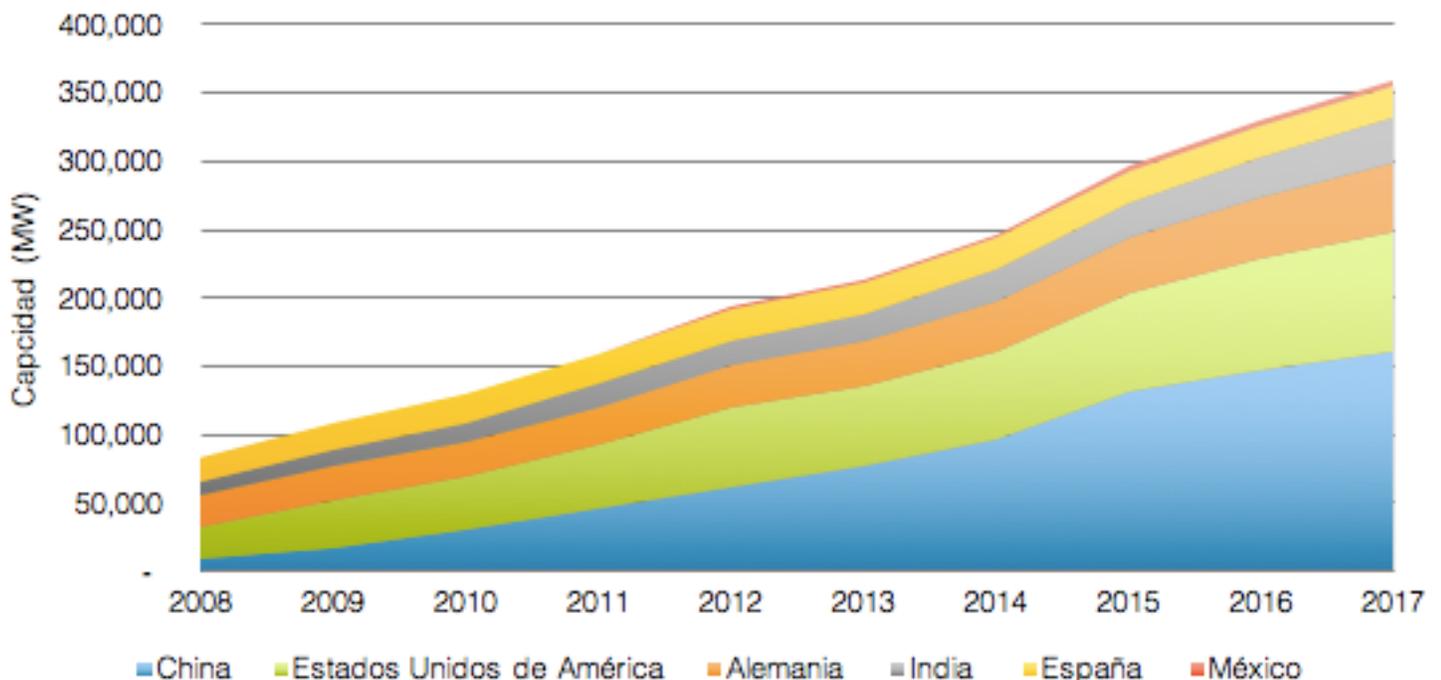
Fuente: Estadísticas de Energías Renovables 2018, International Renewable Energy Agency (IRENA).

Con relación a los principales países con capacidad eólica terrestre, China muestra un importante crecimiento, derivado de políticas públicas de impulso del uso de energías renovables en regiones con los mayores volúmenes de recursos aprovechables, este país participa con el 33% de la capacidad eólica mundial (161,420 MW), una TCMA del orden de 34% en el periodo de 2008 – 2017, lo que ha permitido multiplicar por veinte su capacidad de generación de 2008 a la fecha.

De la misma forma, los Estados Unidos de América (EUA) muestran un crecimiento importante en términos de su capacidad eólica con una participación del 18% de la capacidad mundial (87,514 MW), una TCMA del orden de 13%, seguido de los países de Alemania, India y España, con una participación respecto a la capacidad eólica mundial del orden de 10%, 7% y 5%, respectivamente.

México participa sólo con el 1% de la capacidad eólica mundial con un total 4,051 MW, no obstante nuestro país presenta una de las mayores tasa de crecimiento media anual (TCMA) del orden de 44% en el periodo 2008 – 2017. En términos comparativos la capacidad eólica de China y EUA es 40 y 20 veces respectivamente, más grande que la capacidad instalada en México en 2017 (Gráfica I.3).

Gráfica I.3 Capacidad (MW) de Energía Eólica por Principales Países



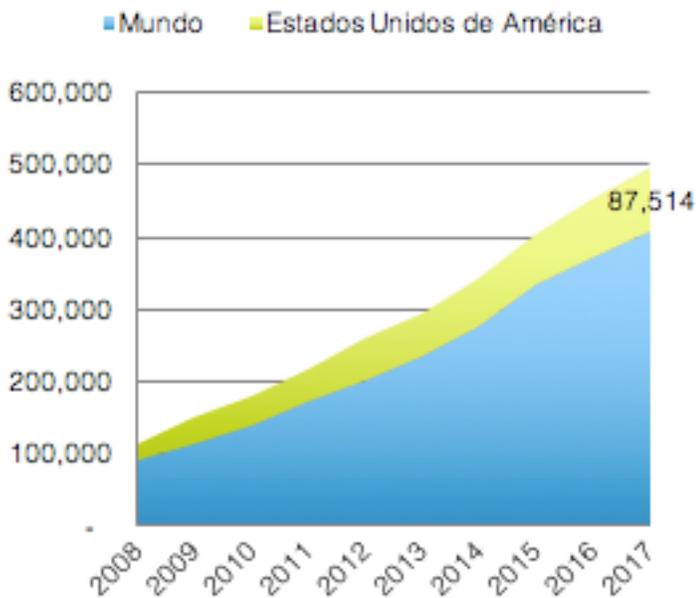
Fuente: Estadísticas de Energías Renovables 2018, International Renewable Energy Agency (IRENA).

Fuente: Estadísticas de Energías Renovables 2018, International Renewable Energy Agency (IRENA).

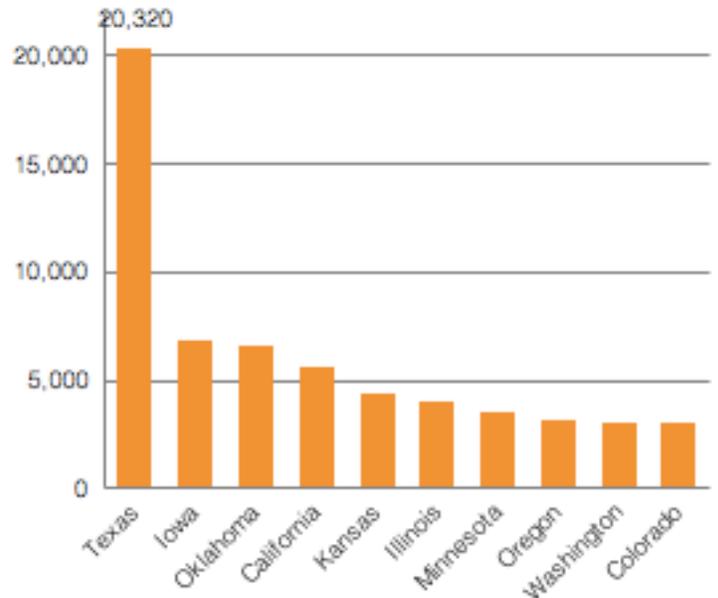
Sector Eólico en EE.UU.

Como se comentó en la sección anterior, los EUA muestra un importante crecimiento en términos de su capacidad eólica con una participación del 18% de la capacidad mundial y una TCMA del orden de 13% (Gráfica I.4). Con base en los datos del Estudio **Wind Technologies Market Report 2016**, su capacidad eólica se distribuye en 41 de los 50 Estados Americanos, dentro de los que destaca el Estado de Texas con una capacidad acumulada de 20,320 MW, lo que representa el 25% de la capacidad eólica total de EUA a finales de 2016, sólo la capacidad de este estado americano es cinco veces mayor que la capacidad instalada en México. En conjunto los 10 principales Estados Americanos aportan 60,772 MW, lo que representa el 74% de la capacidad instalada en EUA (Gráfica I.5).

Gráfica I.4. Comparativo de la Capacidad Mundial respecto a EUA



Gráfica I.5. Principales Estados (EUA) con Capacidad Eólica (MW) (2016)

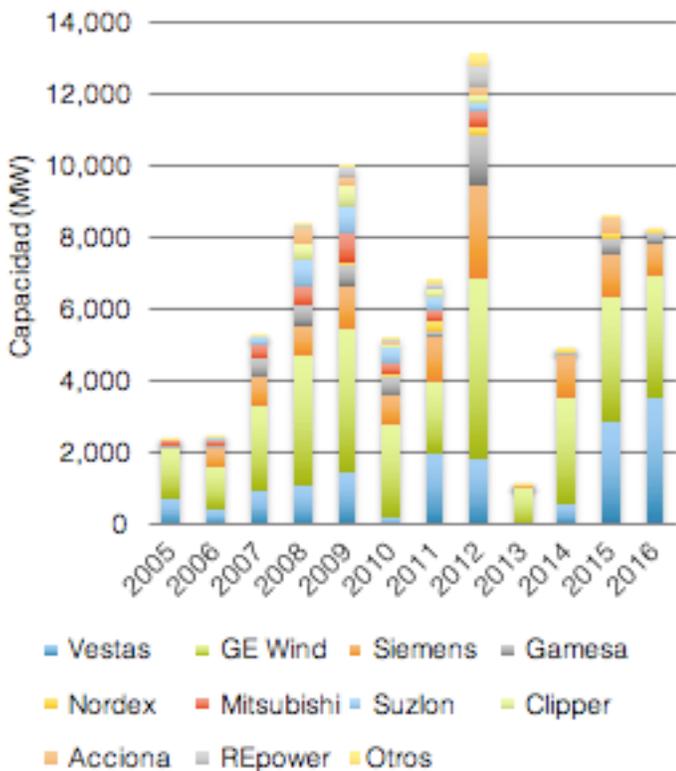


Fuente: Estadísticas de Energías Renovables 2018, International Renewable Energy Agency (IRENA), y Wind Technologies Market Report 2016.

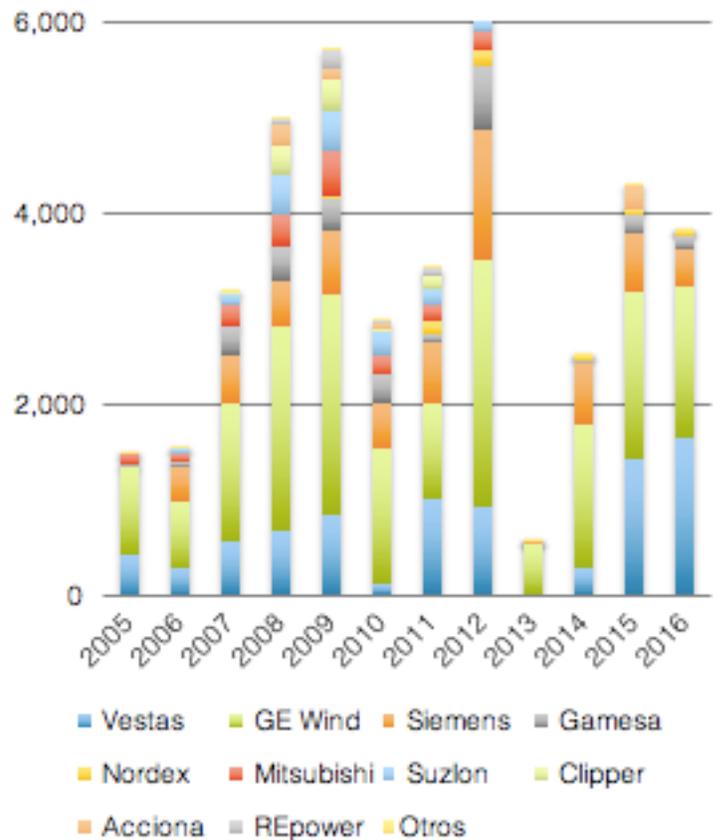
Es importante, señalar que a medida que la capacidad de la energía eólica en EUA se ha incrementado de forma sostenida, se ha diversificado la participación de fabricantes de aerogeneradores en el ámbito local, tanto a través del desarrollo de proveedores nacionales como a través de la localización de plantas de los fabricantes internacionales en EUA. La siguiente gráfica muestra el crecimiento en la capacidad de generación eólica en el periodo 2005 – 2016 por fabricante, con un crecimiento sostenido del 2005 – 2009, con una disminución sensible en el año 2010 derivado de la contracción económica mundial, y una posterior recuperación, también con un descenso importante en 2013. Los datos acumulados al 2016, muestran que GE Wind participa con 32,849 MW lo que representa el 43% de la capacidad eólica; Vestas con 15,692 MW que implica el 21% de la capacidad eólica instalada; y Siemens con 11,463 MW (15%) de la capacidad (Gráfica I.6). En 2017, a partir de la

fusión de Siemens y Gamesa, a través de la cual se crea Siemens Gamesa Renewable Energy S.A., se consolidan como el segundo fabricante de aerogeneradores con una capacidad instalada de 16,101 MW en EUA (Gráfica 1.7).

Gráfica 1.6 Participación por Fabricantes de Aerogeneradores por Capacidad (MW) EE.UU.



Gráfica 1.7. Estimación de Número de Aerogeneradores por Fabricante EE.UU.



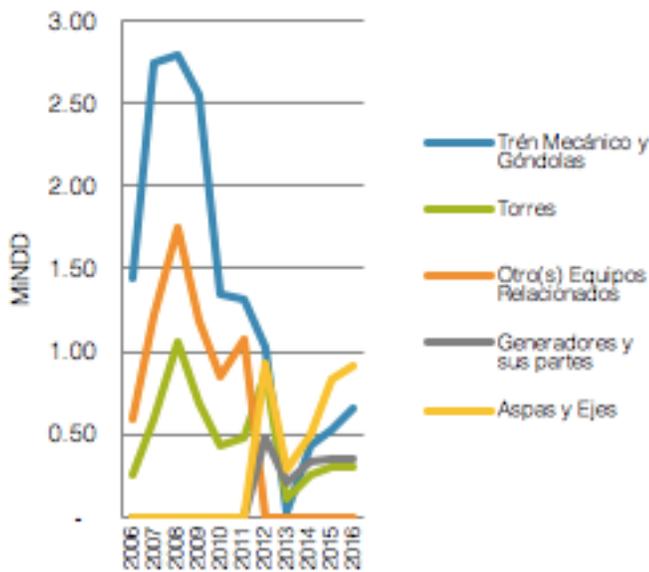
Fuente: Elaboración propia con datos de Wind Technologies Market Report 2016.

Con base en los datos del Wind Technologies Market Report 2016, se estima la existencia de 41,287 aerogeneradores instalados en EUA, de los cuales 17,844 lo que representa el 43% del total sería fabricados por GE Wind; 8,638 aerogeneradores de Siemens Gamesa (21%); y 8,253 aerogeneradores de la empresa Vestas (21%).

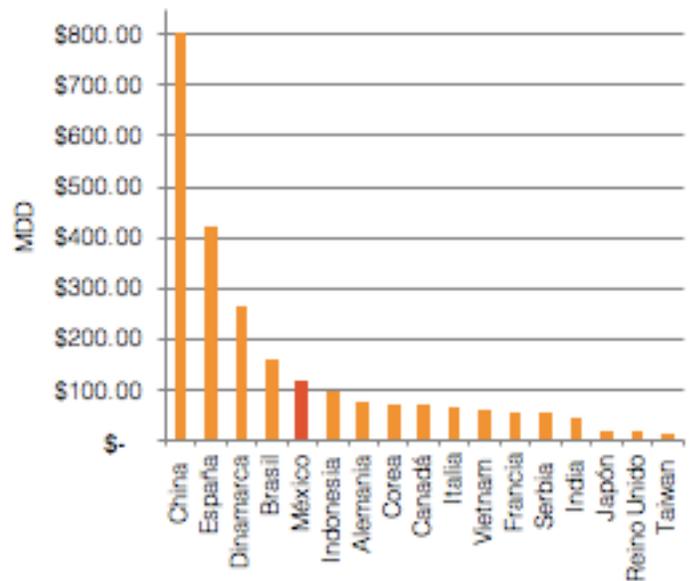
Como se comentó, a medida que la capacidad de energía eólica en EUA ha crecido en los últimos años, diversos fabricantes de equipos de turbinas extranjeras y nacionales han localizado operaciones en diferentes regiones de EUA. No obstante, la existencia de una industria de fabricación nacional para determinadas partes y componentes de los aerogeneradores, la industria eólica de EUA sigue siendo altamente dependiente de importaciones.

En este sentido, en el periodo 2006 – 2016, el valor de las importaciones de EUA por principales componentes alcanzó un total de 31.9 MMDD, de los cuales el Tren Mecánico y Góndolas (Nacelles) representan el 46% del valor total de las importaciones; Otros Equipos Relacionados el 21% del valor total; Torres el 17%; y Aspas y Ejes el 11% de las importaciones. Es importante mencionar que a partir de 2008, el nivel de las importaciones de EUA por principales componentes ha disminuido notablemente, derivado de que fabricantes de equipos de aerogeneradores extranjeras han localizado algunas operaciones en EUA (Gráfica I.8).

Gráfica I.8. Valor de las Importaciones por Principales Componentes de Aerogeneradores hacia Estados Unidos (2006 - 2016)



Gráfica I.9. Importaciones de Componentes del Sector Eólico de Estados Unidos por Principales Países (2016)



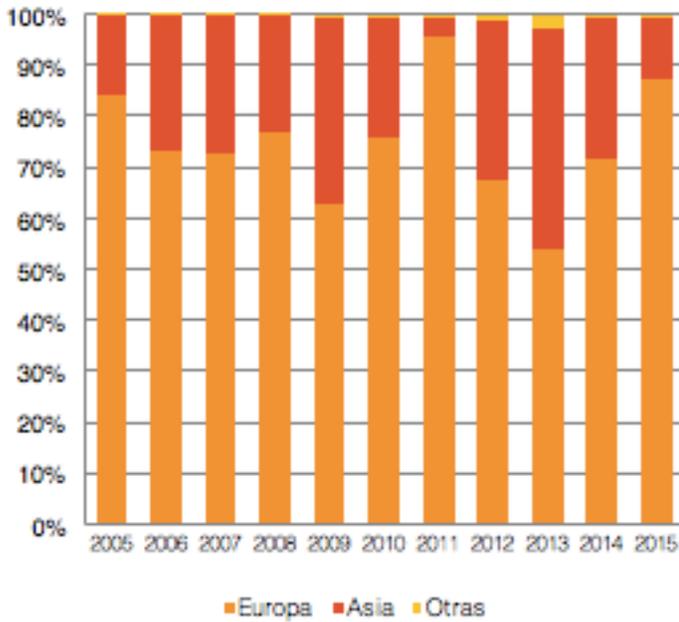
Fuente: Elaboración propia con datos de Wind Technologies Market Report 2016.

En 2016, dentro de los países líderes exportadores de los principales componentes del aerogenerador hacia EUA, se destaca China con exportaciones del orden de 800 MDD lo que representa el 33% de las importaciones en ese año, seguida de España con 423 MDD, Dinamarca con 264 MDD, Brasil con 159 MDD y México con 118 MDD. En 2016, nuestro país se ubicó en el quinto lugar de países exportadores hacia EUA (Gráfica XX).

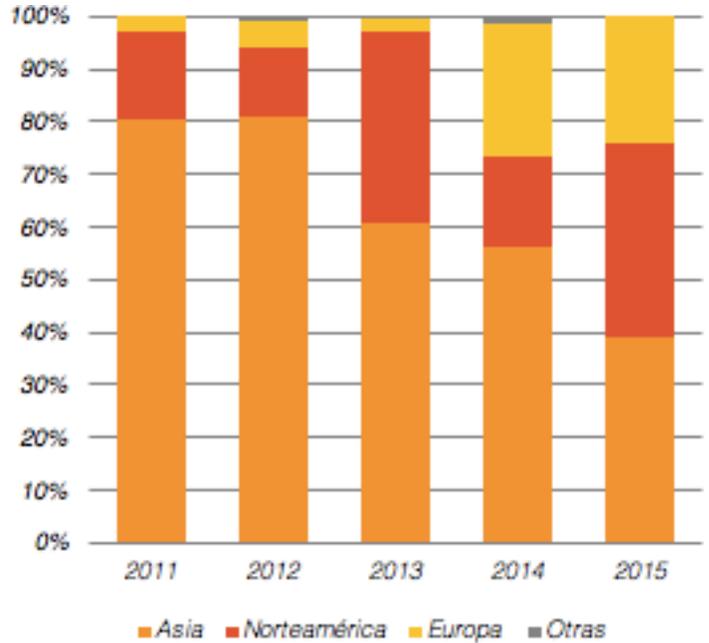
Con relación a las importaciones de Tren Mecánico, en el periodo 2005 – 2015, este históricamente se ha importado de Europa y en una menor proporción de Asia. En el 2016, España exportó hacia EUA el 48% de este componente, seguido de China (31%) y Dinamarca (13%) (Gráfica I.10). En el

caso de la Torre, las importaciones de EUA provienen principalmente de Asia, específicamente de Indonesia con 32% en 2016; con una participación creciente de España con 31% en 2016, y Canadá con 31% en 2016. (Gráfica I.11).

Gráfica I.10. Participación por Región de las Importaciones de Tren Mecánico hacia Estados Unidos



Gráfica I.11. Participación por Región de las Importaciones de Torres hacia Estados Unidos

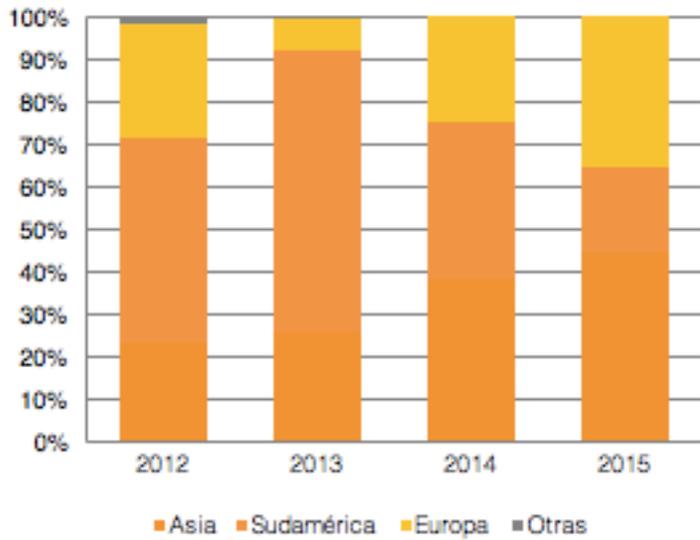


Fuente: Elaboración propia con datos de Wind Technologies Market Report 2016.

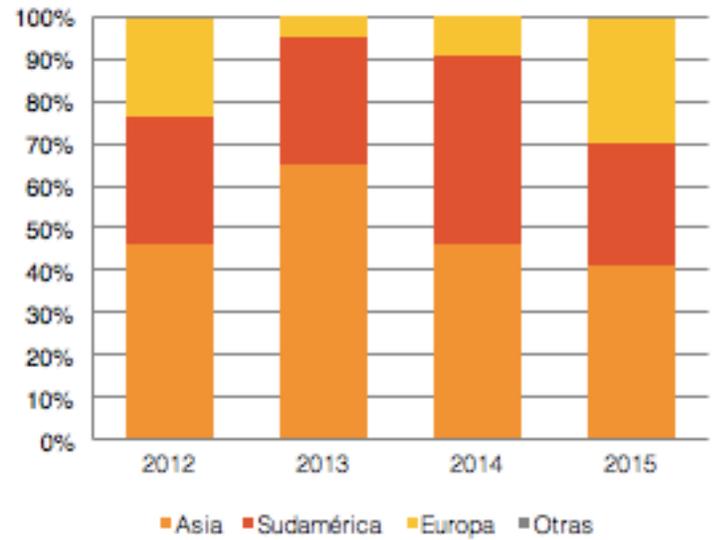
En el periodo 2012 – 2015, Sudamérica ha sido el principal importador de Palas y Ejes hacia EUA, seguido de Asia y Europa. No obstante, en 2016 China exportó hacia EUA el 51% del componente de Palas y Ejes, seguido de Brasil (17%), Italia (7%), Dinamarca (6%) y España (6%), que en su conjunto aportaron el 19% de las importaciones de EUA (Gráfica I.12).

En el caso de Generadores y sus Partes, en el periodo 2012 – 2015 la región asiática ha sido el principal importador, seguido de Sudamérica y Europa. En el 2016, México exportó hacia EUA el 30% de este componente de aerogeneradores, seguido de Serbia (17%), Alemania (16%), China (14%) y Vietnam (8%) (Gráfica I.13).

Gráfico I.12. Participación por Región de las Importaciones de Palas y Ejes hacia Estados Unidos



Gráfica I.13. Participación por Región de las Importaciones de Generadores y sus Partes hacia Estados Unidos

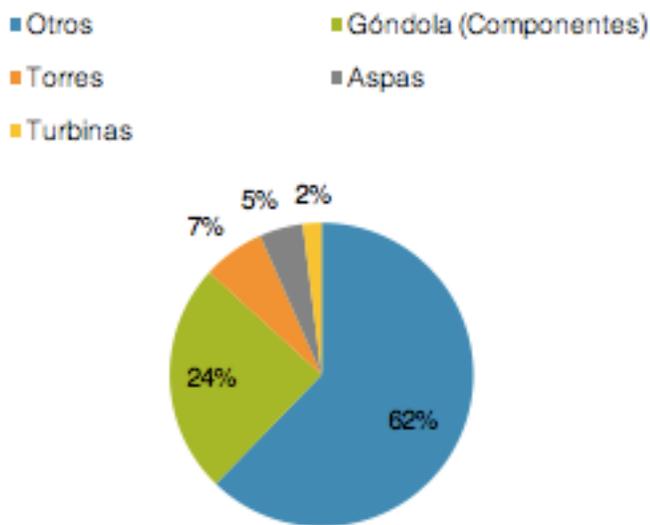


Fuente: Elaboración propia con datos de Wind Technologies Market Report 2016.

### Fabricación de Componentes en EUA

Con base en los datos del Estudio **Wind Technologies Market Report 2016**, diversos fabricantes han instalado plantas de manufactura de aerogeneradores en EUA. A finales de 2016, se tenían un registro de 151 instalaciones dedicadas a la fabricación de componentes y ensamblaje de aerogeneradores y turbinas. La mayoría de las plantas de manufactura se ha ubicado en estados con capacidad de generación energía eólica o cerca de fabricantes de equipos originales (OEM). Dentro de las principales para la localización de plantas de manufactura se encuentran factores como fuerza laboral, costos de transporte, incentivos estatales que impulsan las decisiones de ubicación.

Figura 11. Número de Instalaciones de Fabricantes de Componentes de Aerogeneradores en los EE. UU. (2016)

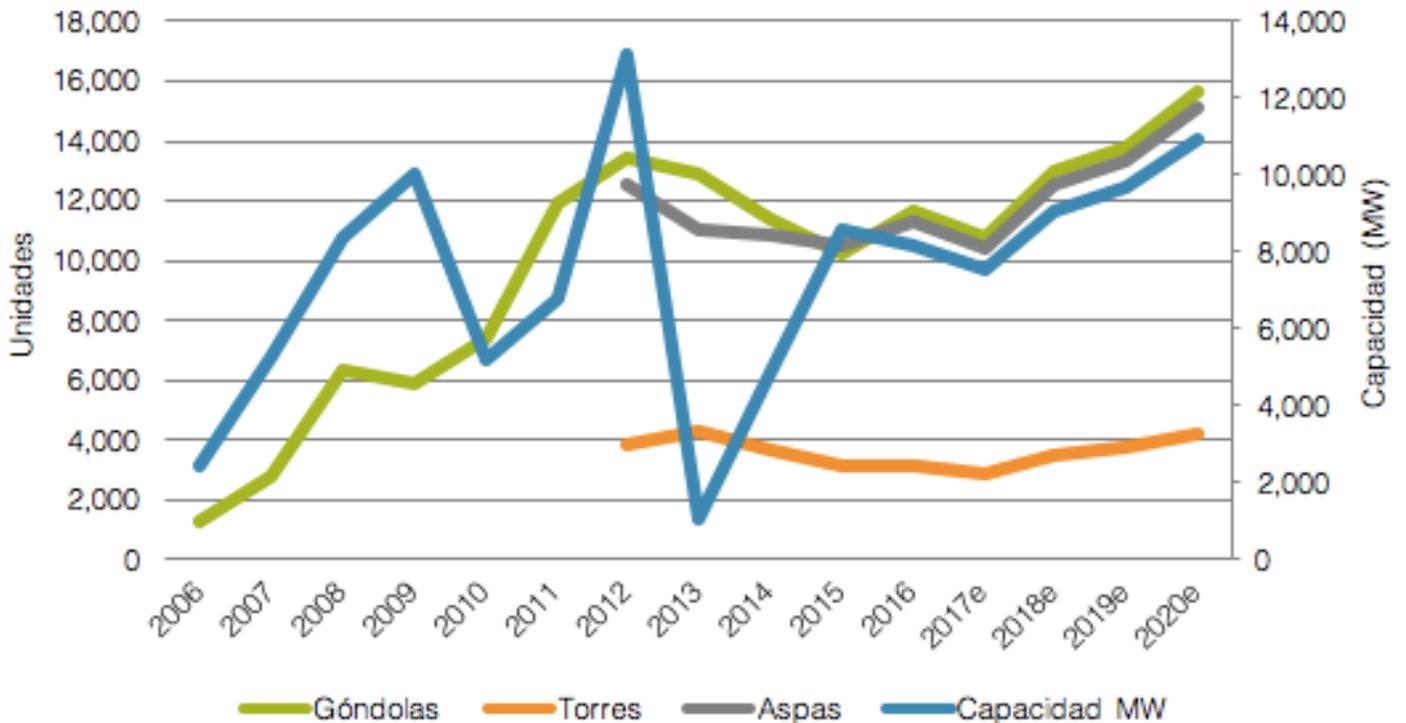


De las 151 instalaciones dedicadas a la fabricación de componentes y ensamblaje de aerogeneradores, 37 plantas de manufactura se dedican a la fabricación y ensamblaje de Góndolas (Nacelles) y sus componentes lo que representa el 24% de las empresas; 10 plantas dedicadas a la fabricación de Torres (7%); 7 dedicadas a la fabricación de Aspas (5%); y 3 a la fabricación de turbinas (3%).

Fuente: Elaboración propia con datos de Wind Technologies Market Report 2016.

En términos de la capacidad de fabricación por principales componentes respecto al crecimiento de la capacidad en MW en EUA. Desde el 2006, se muestra un comportamiento en la capacidad de fabricación local de Góndolas (Nacelle) similar en el crecimiento de la capacidad eólica en EUA, fabricación que se contrae en periodo 2013 y 2014, equiparable a la reducción en la capacidad del sector eólico. En el caso de capacidad de fabricación, tanto de Torres como Aspas, inicia su desarrollo en 2012, ajustándose a las oscilaciones de la demanda interna de equipos eólicos (Gráfica. I.14).

Gráfica I.14. Capacidad de Producción Por Principales Componentes



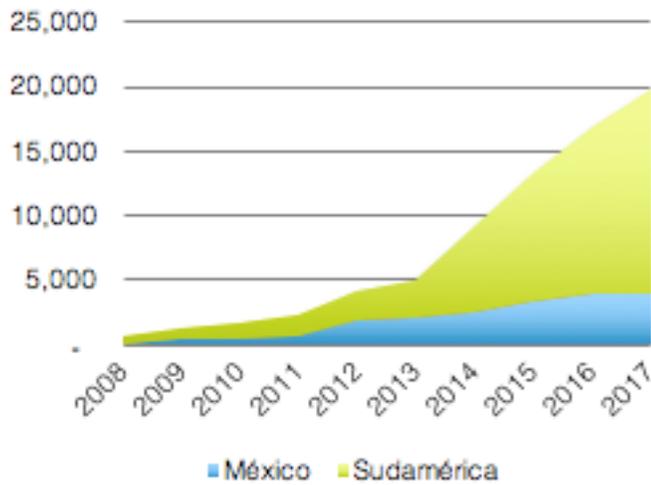
Actualmente, México no cuenta con fabricantes de componentes y ensamblaje de aerogeneradores. Si comparamos la capacidad eólica del orden de 76 Mil MW en 2016 con 151 fabricantes locales en EUA, el mercado estadounidense es cerca de 20 veces mayor que el de México, nuestro país con capacidad eólica de 4 Mil MW debería desarrollar 8 fabricantes nacionales de partes y componentes para atender la demanda local.

#### Sector Eólico en LATAM

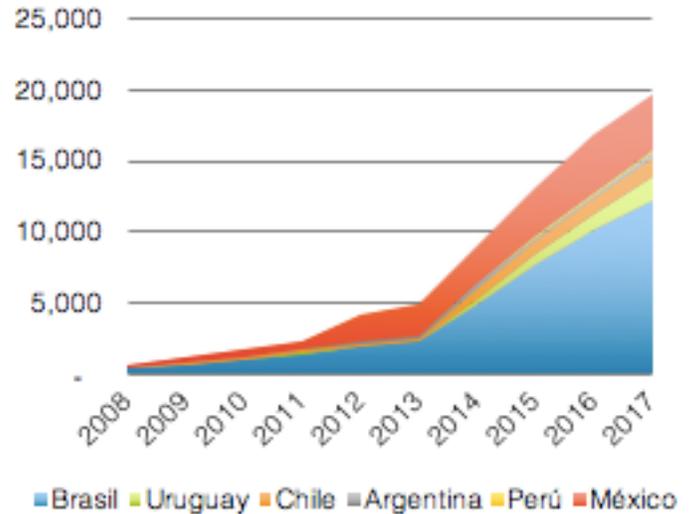
La Región de Latinoamérica (LATAM) participa con el 3% de la capacidad eólica terrestre mundial, con una TCMA de 41% en el periodo 2008 – 2017. En términos comparativos, la capacidad eólica de nuestro país representa el 26% de la capacidad de la Región de LATAM (Gráfica I.15).

En la Región, cinco países aportan el 99% de la capacidad eólica, siendo Brasil el país líder con una participación de 2% de la capacidad mundial (12,294 MW) y de 78% en la capacidad de la región, con una TCMA de 40% en el periodo 2008 – 2017. La capacidad instalada de Brasil es aproximadamente tres veces mayor que la capacidad eólica instalada en México. Los países de Uruguay y Chile participan respectivamente con el 10% y 9% de la capacidad eólica de LATAM, con importantes TCMA del orden de 58.6% y 53.2%, respectivamente. En el caso de Argentina y Perú, ambos países han desarrollado capacidades eólicas iniciales, aportando cada país el 2% de la capacidad de la Región de LATAM, destacándose Perú con una TCMA de 73% en el periodo analizado (Gráfica I.16).

Gráfica I.15. Comparativo de Capacidad (MW) México y LATAM (Sudamérica)



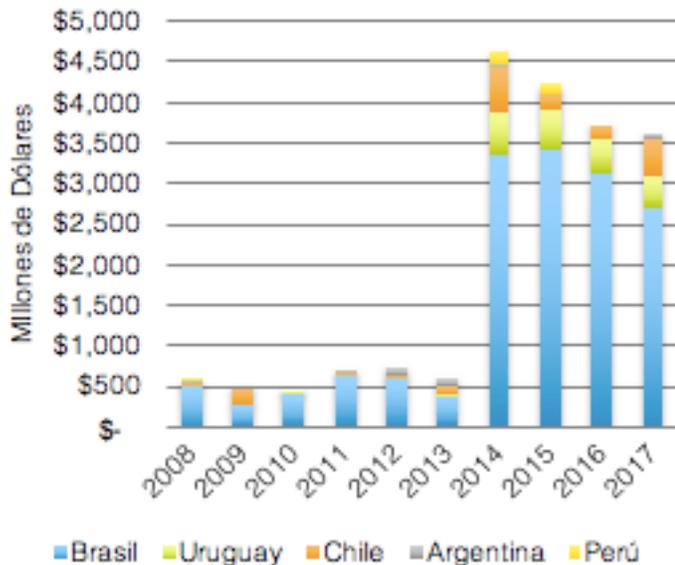
Gráfica I.16. Capacidad (MW) por Principales Países de LATAM



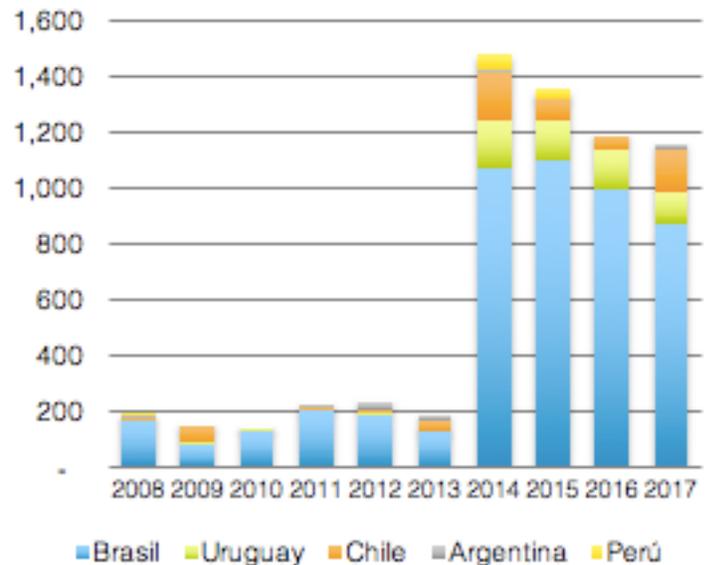
La siguiente gráfica (Gráfica I.17) muestra una estimación de la inversión por MW en la Región LATAM, considerando una inversión promedio por MW de 1.25 MDD, se estimó una inversión superior a los 19 MMDD en el periodo de 2008 - 2017, principalmente en el periodo 2014 - 2017 en parques eólicos terrestres en Brasil, país que agrupa el 78% de la inversión.

Con relación al número de aerogeneradores instalados, considerando una capacidad promedio de 2.5 MW por aerogenerador, se estimó un parque de aerogeneradores de 6,289 unidades, de la cuales 4,917 aerogeneradores se encuentran instalados en Brasil, de lo cuales un 82% tendrían una antigüedad menor a los 5 años de operación (Gráfica I.18).

Gráfica I.17. Estimación de Inversión por MW en Principales Países LATAM (MUSD)



Gráfica I.18. Estimación de Número de Aerogeneradores en Principales Países LATAM



Fuente: Elaboración propia con datos de Estadísticas de Energías Renovables 2018, International Renewable Energy Agency (IRENA).

Comercio Exterior de México

Las partidas arancelarias relacionadas con el sector eólico de México son fundamentalmente:

**85: Máquinas, aparatos y material eléctrico; aparatos de grabación o reproducción de sonido, aparatos de grabación o reproducción de imagen y sonido en televisión, y las partes y accesorios de estos aparatos.**

**8502: Grupos electrógenos y convertidores rotativos eléctricos**

**850231: Los demás grupos electrógenos. De energía eólica**

**85023101, Aerogeneradores.**

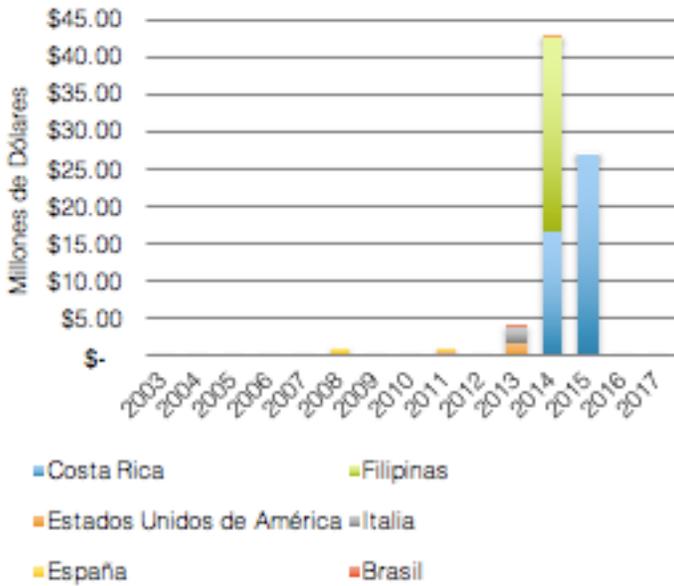
**85023199, Los demás, aerogeneradores.**

Con base en el Sistema de Información Comercial Vía Internet (SIAVI) de la Secretaría de Economía (SE), se obtuvieron las exportaciones e importaciones por valor (dólares americanos) y por volumen (piezas) de las fracciones arancelarias 85023101 **Aerogeneradores**, y 85023199, **Los demás, aerogeneradores**.

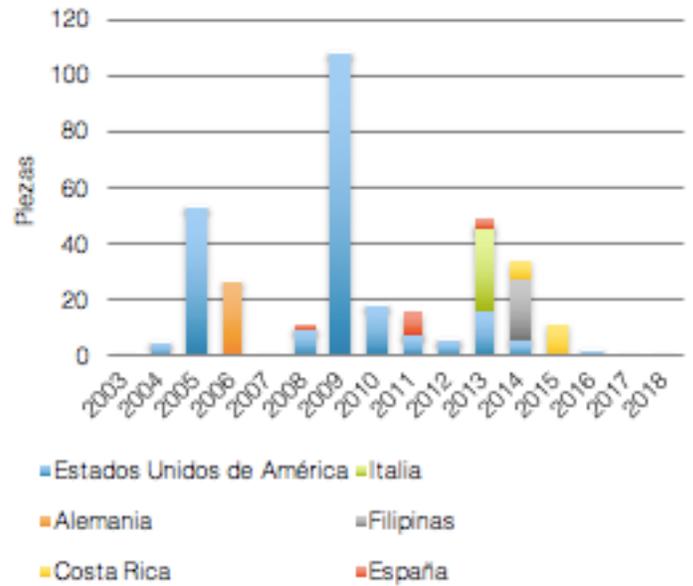
En el periodo 2003 – 2017, respecto a las exportaciones relativas a la **Fracción Arancelaria 85023101 Aerogeneradores**, México exportó un monto total de 75 MDD, principalmente en los años 2014 y 2015. En el mismo periodo, 58% de las exportaciones se dirigieron hacia Costa Rica, 34% hacia Filipinas, y en una menor proporción 4% hacia EUA (Gráfica I.19).

Respecto al volumen de las exportaciones, 231 unidades fueron exportadas hacia EUA, lo que representa el 63% del volumen total de las exportaciones relativas a la fracción arancelaria (Gráfica I.20). El precio promedio de los aerogeneradores exportados, calculado entre la relación del valor sobre el volumen, fue de 205 Mil USD por unidad. Lo anterior, refleja el bajo valor y volumen de exportaciones de nuestro país en la **Fracción Arancelaria 85023101 Aerogeneradores**, toda vez que no se cuenta con una industria nacional de fabricantes de aerogeneradores.

Gráfica I.19. Exportaciones por Valor de la Fracción Arancelaria de Aerogeneradores (MDD)



Gráfica I. 20. Exportaciones por Volumen de la Fracción Arancelaria de Aerogeneradores (Piezas)



Fuente: Sistema de Información Comercial Vía Internet (SIAVI), Secretaría de Economía.

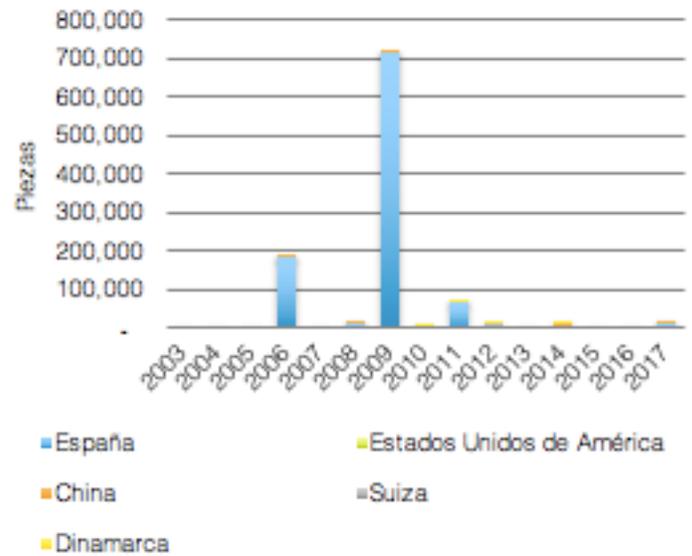
Respecto a las importaciones relativas a la **Fracción Arancelaria 85023101 Aerogeneradores**, México importó en el periodo 2003 – 2017 un monto total de 3,336 MDD. De los cuales, un monto total de 1,851 MDD provino de España, representando el 55% del valor de nuestras importaciones; 463 MDD de China lo que representa el 14% del valor de las importaciones; 320 MDD de Estados Unidos de América (10%); 318 MDD de Dinamarca (10%); y 194 MDD de Italia (6%). En su conjunto, las importaciones provenientes de los países anteriores suman el 94% del valor total de las importaciones (Gráfica I.21).

En el periodo 2003 – 2017, respecto al volumen de las importaciones relativas a la **Fracción Arancelaria 85023101 Aerogeneradores**, más de 1 millón de unidades fueron importadas de España, lo que representa el 98% del volumen total de las importaciones de esta fracción arancelaria (Gráfica I.22). En cifras menores, 8,000 unidades fueron importadas de EUA (1%) y más de 3,000 piezas de China (0.3%) (Gráfica I.22).

Gráfica I.21. Importaciones por Valor de la Fracción Arancelaria de Aerogeneradores (MDD)



Gráfica I.22. Importaciones por Volumen de la Fracción Arancelaria de Aerogeneradores (Piezas)



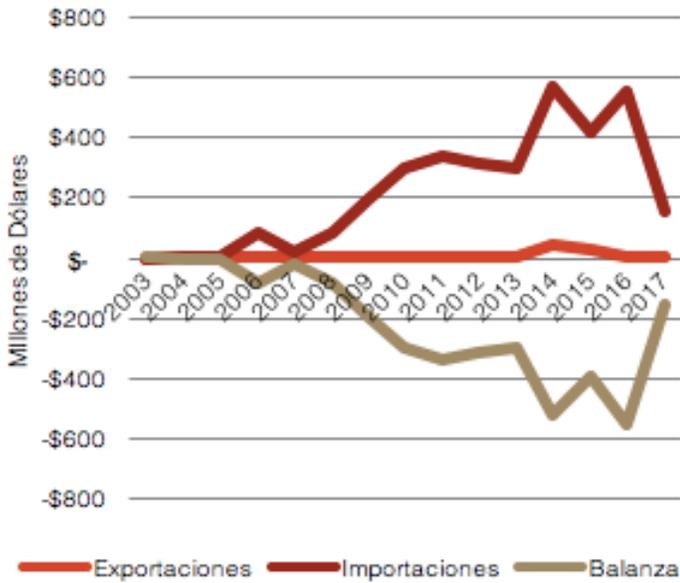
Fuente: Sistema de Información Comercial Vía Internet (SIAVI), Secretaría de Economía.

### Balanza Comercial

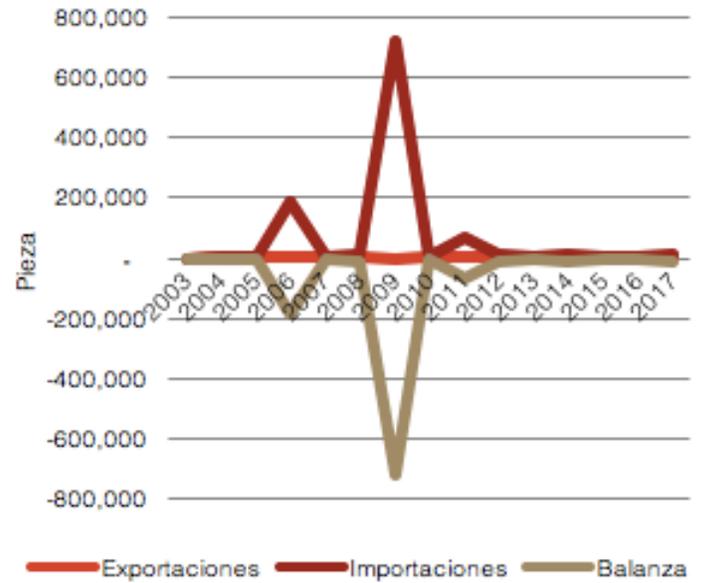
Con relación a la balanza comercial, relativa al valor de las exportaciones e importaciones, de la Fracción Arancelaria 85023101 Aerogeneradores, se tiene una balanza altamente deficitaria; principalmente a partir del 2006, cuando inicia el desarrollo de parques eólicos en nuestro país, con incrementos importantes en el periodo de 2014 a 2017 (Gráfica I.23).

En términos de la balanza comercial por el volumen de las exportaciones e importaciones, la balanza muestra el mismo comportamiento deficitario, con volúmenes importantes de importación de aerogeneradores en los años 2006 y 2009 (Gráfica I.24).

Gráfica I.23. Balanza Comercial por Valor de la Fracción Arancelaria de Aerogeneradores (MDD)



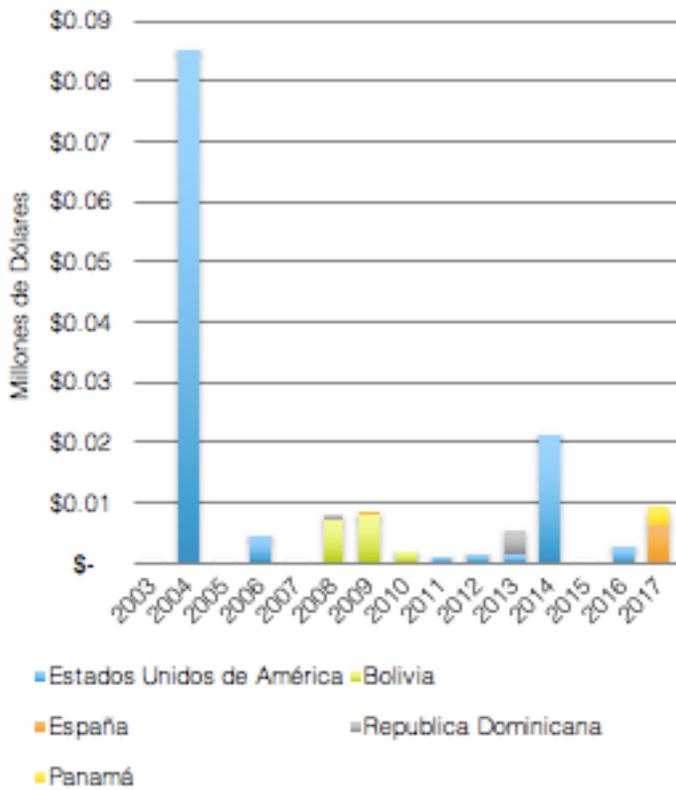
Gráfica I.24. Balanza Comercial por Volumen de la Fracción Arancelaria Aerogeneradores (Piezas)



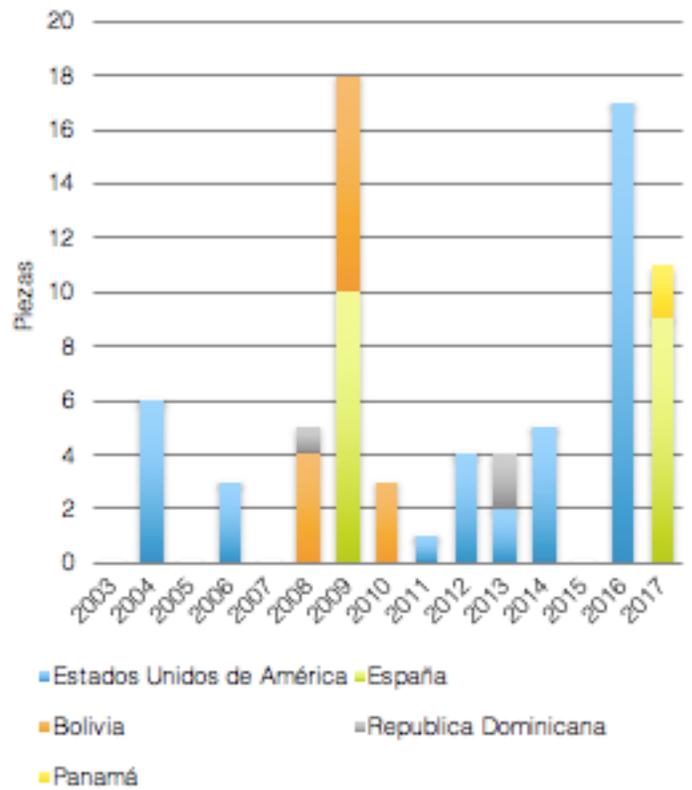
Fuente: Sistema de Información Comercial Vía Internet (SIAVI), Secretaría de Economía.

En el periodo 2003 – 2017, con relación a las exportaciones relativas a la **Fracción Arancelaria 85023199, Los demás**, México exportó un monto total de 152 mil dólares principalmente en el 2004. El 77% de las exportaciones se dirigieron hacia EUA (Gráfica I.25). Respecto al volumen, se exportaron 80 unidades, de las cuales 48% fueron exportadas hacia EUA (Gráfica I.26). El precio promedio de los aerogeneradores exportados, calculado entre la relación del valor sobre el volumen, fue superior a los 1,900 USD por unidad. Lo anterior, refleja el limitado valor y volumen de exportaciones de nuestro país en esta fracción arancelaria, toda vez que no se cuenta con una cadena de suministro de partes y/o componentes de aerogeneradores.

Gráfica I.25. Exportaciones por Valor de la Fracción Arancelaria Los demás de Energía Eólica (MDD)



Gráfica I.26. Exportaciones por Volumen de la Fracción Arancelaria Los demás de Energía Eólica (Piezas)

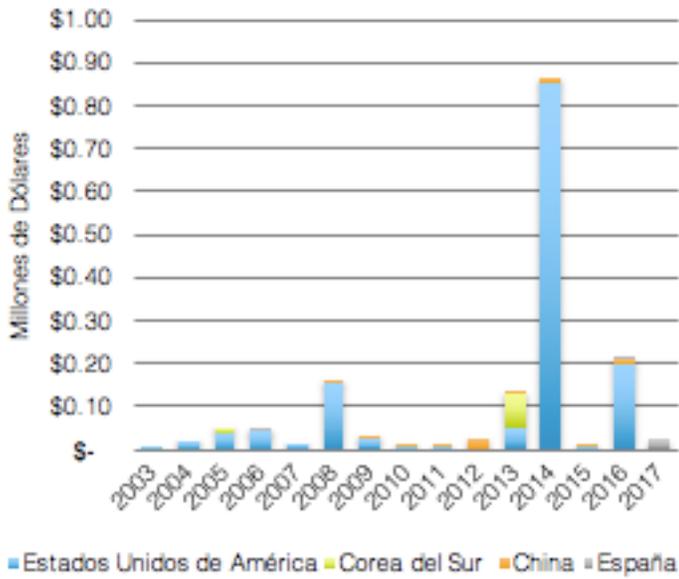


Fuente: Sistema de Información Comercial Vía Internet (SIAVI), Secretaría de Economía.

Respecto a las importaciones relativas a la Fracción Arancelaria 85023199, Los demás, México importó en el periodo 2003 – 2017 un monto total de 1,655 MDD. De los cuales, un monto total de 1,414 MDD se importó de EUA lo que representa el 85% del valor de las importaciones totales (Gráfica I.27).

Por el volumen de las importaciones, 834 piezas se importaron de EUA, lo que representa el 46% del volumen total de las importaciones de la fracción arancelaria (Gráfica I.27); 387 unidades fueron importadas de España (21%); y 221 piezas de China (12%) (Gráfica I.28).

Gráfica I.27. Importaciones por Valor de la Fracción Arancelaria Los demás del Sector Eólico (MDD)



Gráfica I.28. Importaciones por Volumen de la Fracción Arancelaria Los demás del Sector Eólico (Piezas)

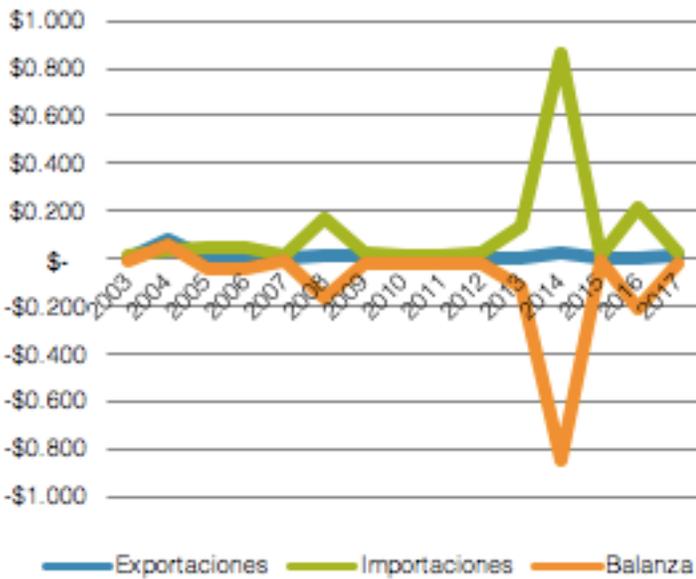


Fuente: Sistema de Información Comercial Vía Internet (SIAVI), Secretaría de Economía.

Balanza Comercial

Con relación a la balanza comercial relativa al valor de las exportaciones e importaciones de la **Fracción Arancelaria 85023199, Los demás**, se tiene una balanza comercial deficitaria, principalmente por un incremento (pico) en las importaciones en el año 2014 (Gráfica I.29). En términos de la balanza comercial por el volumen se muestra el mismo comportamiento deficitario, con importantes volúmenes de importación en los años 2005, 2008 y 2016 (Gráfica I.30).

Gráfica I.29. Balanza Comercial por Valor de la Fracción Arancelaria de Los demás del Sector Eólico (MMDD)



Gráfica I.30. Balanza Comercial por Volumen de la Fracción Arancelaria Los demás del Sector Eólico (Piezas)



Fuente: Sistema de Información Comercial Vía Internet (SIAVI), Secretaría de Economía.



## ETAPA 1. DISEÑO

### ANÁLISIS DE DEMANDA

En la presente sección se realiza un análisis de las compras históricas por principales tipos de aerogeneradores; el análisis del pronóstico de la demanda de 2027 - 2031 por principales tipos de aerogeneradores, las normas técnicas que amparan la adquisición de principales tipos de aerogeneradores; la periodicidad de compra (cantidades anuales) y los proveedores actuales; y la identificación de los principales tipos de aerogeneradores, así como su despiece por componentes principales.

El análisis de la demanda se realizó conforme a los datos e información del **Inventario de Parques Eólicos de México** de la AMDEE de 1994 - 2022 y del **Programa de Desarrollo del Sector Eléctrico Nacional 2017 - 2031** (PRODESEN) para el periodo 2023 - 2031. Con la información disponible se realizó el análisis de las proyecciones de crecimiento en el número de parques eólicos, aerogeneradores y capacidad instalada en el periodo de 1994 - 2031, realizándose una clasificación por tipo de aerogenerador conforme a su rango de capacidad: <1.5 MW, >1.5 MW hasta 3.0 MW, y >3.0 MW.

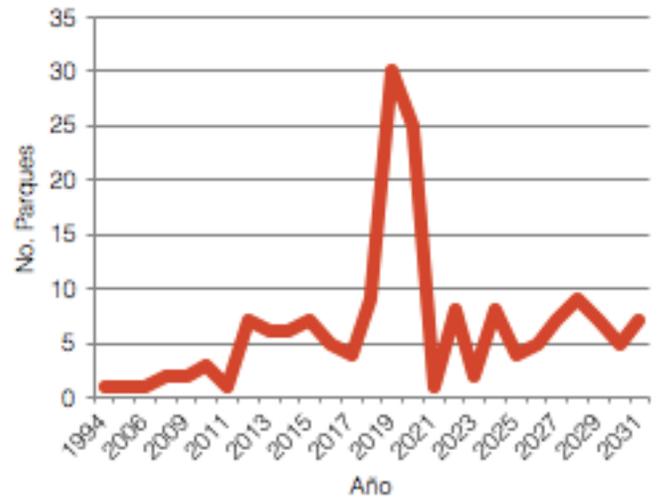
De la misma forma, el análisis incluye las compras históricas por principales tipos de aerogeneradores considerando el periodo 1994 - 2017 relativo a los parques actualmente en operación, así como del sistema de compras de aerogeneradores en su conjunto, con relación al número de aerogeneradores requeridos por parque eólico. Finalmente, se presentan datos de la antigüedad de los aerogeneradores para estimar compras futuras por reposición y mantenimiento, así como las derivadas de contratos y proyectos; y la periodicidad de compra (cantidades anuales) derivada de los requerimientos de los fabricantes y/o proveedores de los aerogeneradores.

Parques Eólicos

En el periodo 1994 – 2031, se estima alcanzar un total de 173 parques eólicos en México con una tasa de crecimiento media de 7.5% anual (Gráfica I.31).

En los años 2019 y 2020, es donde se tiene una mayor crecimiento en la habilitación de parques eólicos, estimándose crear 54 parques lo que representa el 31% del total de parques eólicos proyectados en el periodo 1994 – 2031.

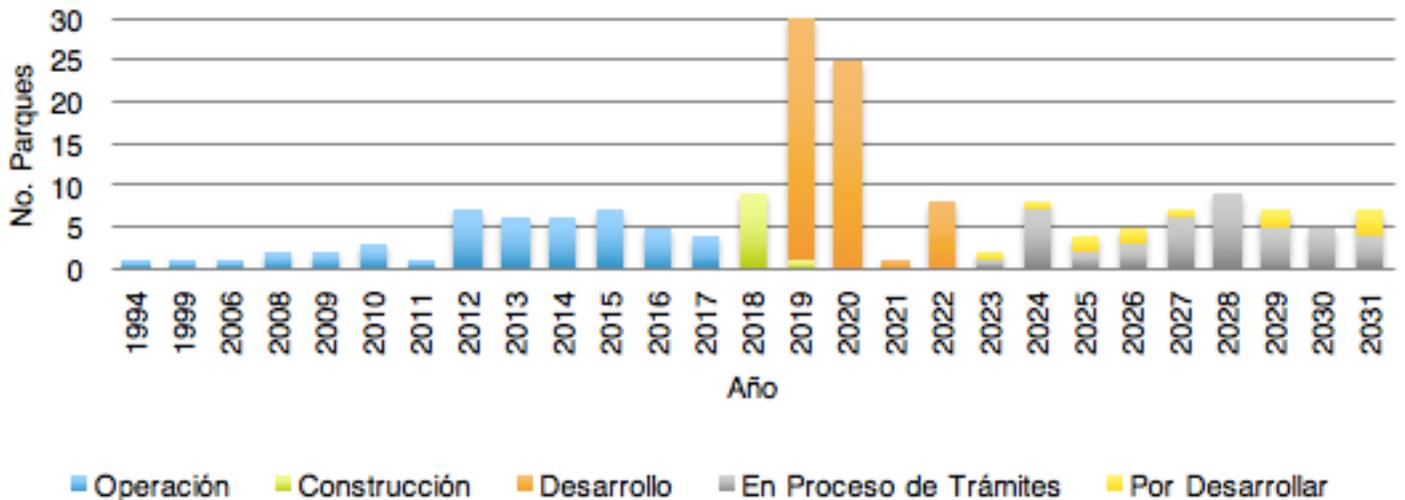
Gráfica I.31. Parques Eólicos Totales (1994 - 2031)



Fuente: Sistema de Información Comercial Vía Internet (SIAVI), Secretaría de Economía.

Del total de parques eólicos a desarrollarse en el periodo 1994 – 2031, 46 parques se encuentran en Operación lo que representa el 27% del total; 10 parques en Construcción (6%); 63 parques en Desarrollo (36%); 42 parques en Proceso de Trámites (24%); y 12 parques por Desarrollar (7%) (Gráfica I.32).

Gráfica I.32. Parques Eólicos por Estado del Proyecto (1994 - 2031)

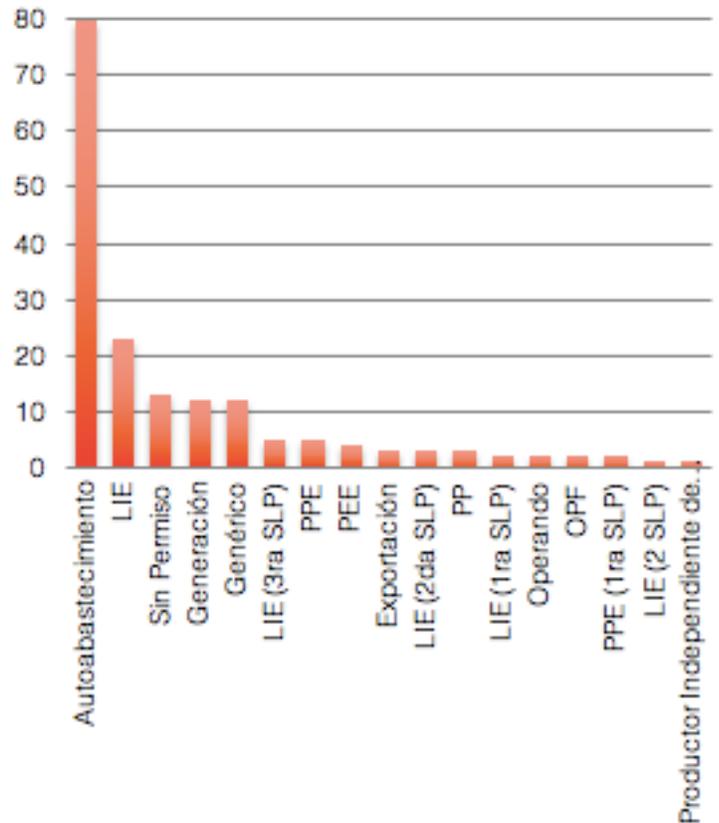


Fuente: Inventario Parques Eólicos México, 2018, AMDEE para los datos 1994 – 2022, y Programa de Desarrollo del Sector Eléctrico Nacional 2017 – 2031 para los datos 2023 – 2031.

Modalidad del Proyecto

La constitución mexicana así como la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE) estipulan que el organismo paraestatal de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) es el único encargado de generar y transmitir la energía eléctrica. La iniciativa privada solo puede participar en la generación eléctrica mediante cuatro modalidades: autogeneración, cogeneración, producción independiente y exportación. La CFE es responsable de dos tercios de la generación y de casi toda la capacidad de transmisión y está obligada a proveer la energía al menor costo.

Gráfica I.33. Parques Eólicos por Modalidad del Proyecto

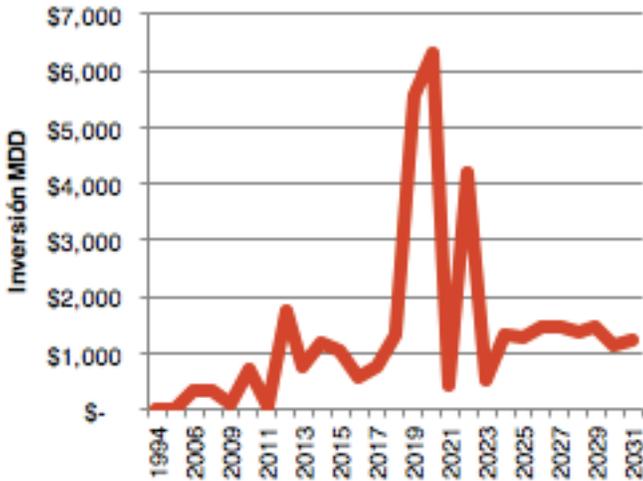


*En el esquema de autoabastecimiento el consumidor de electricidad puede generar electricidad para su propio uso. Bajo este esquema, se tendrían 80 parques eólicos que representan el 46% de los parques estimados en el periodo 1994 – 2031 (Gráfica I.33).*

Fuente: Inventario Parques Eólicos México, 2018, AMDEE para los datos 1994 – 2022, y Programa de Desarrollo del Sector Eléctrico Nacional 2017 – 2031 para los datos 2023 – 2031.

Inversión Estimada en Parques Eólicos

Gráfica I.34. Inversión Estimada (MDD) en Parques Eólicos (1994 - 2031)

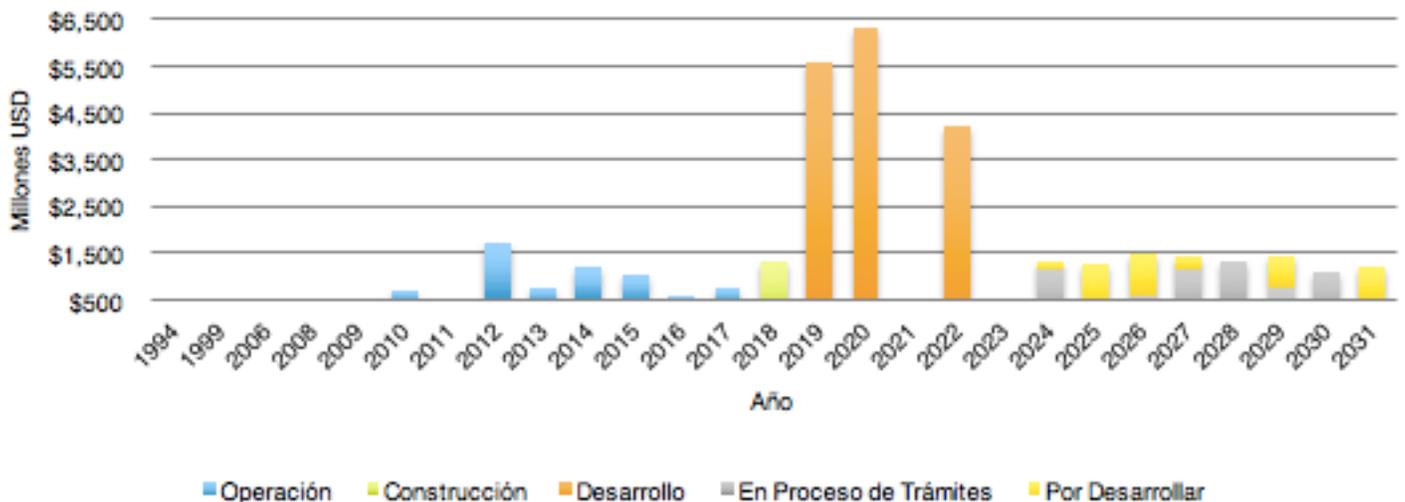


En el periodo 1994 – 2031, se tiene una inversión estimada de 36.7 mil millones de dólares americanos (MMDD) con una tasa de crecimiento media de 15.4% anual (Gráfica I.34). Sólo para el periodo 2019 - 2022, se estima una inversión de 16.5 MMDD lo que representaría el 45% de la inversión proyectada en el periodo 1994 – 2013.

Fuente: Sistema de Información Comercial Vía Internet (SIAVI), Secretaría de Economía.

Con relación a los parques ya en Operación (1994 – 2017) se estimó una inversión de 7.6 MMDD lo que representa el 21% del total; para los parques en Construcción se estima una inversión de 1.4 MMDD (4%); para los parques en Desarrollo se estima una inversión del orden de 16.3 MMDD lo que representa 45% de la inversión total; 7.2 MMDD (20%) para los parques en Proceso de Trámites; y 3.9 MMDD para los parques por Desarrollar (11%) (Gráfica I.35).

Gráfica I.35. Monto de Inversión Total (MUSD) por Estado de Proyecto (1994 - 2031)

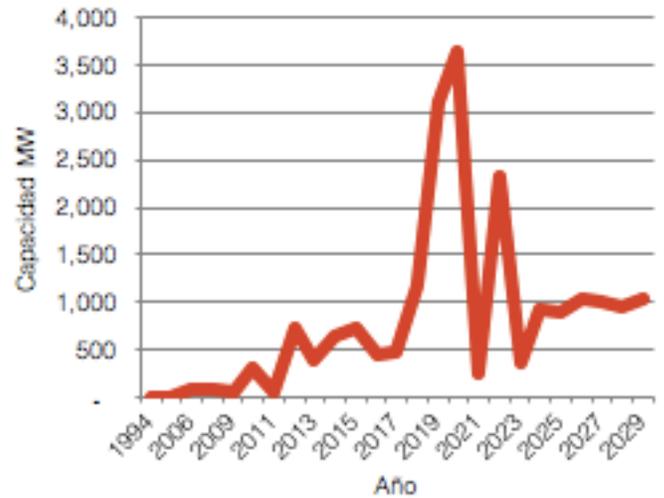


Fuente: Inventario Parques Eólicos México, 2018, AMDEE para los datos 1994 – 2022, y Programa de Desarrollo del Sector Eléctrico Nacional 2017 – 2031 para los datos 2023 – 2031.

Capacidad Instalada (MW)

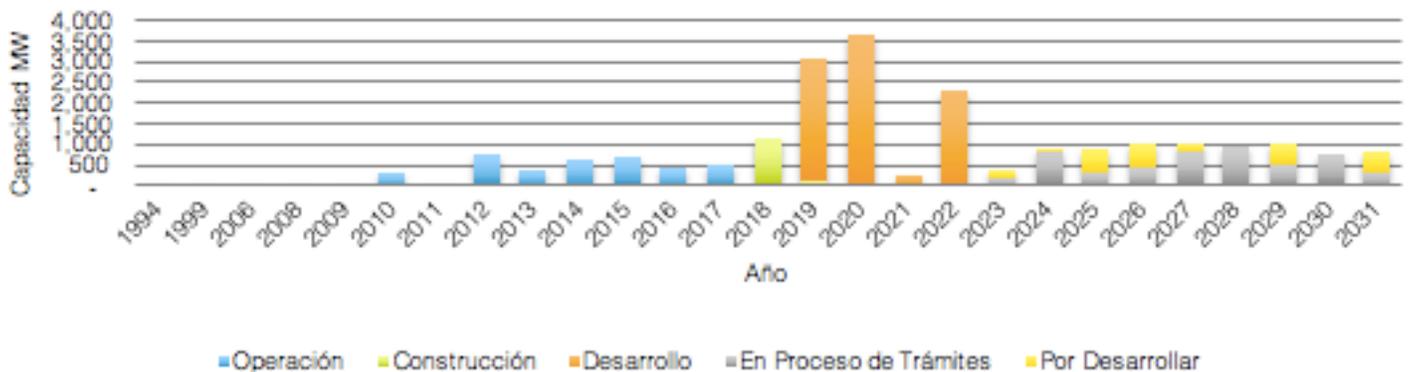
En el periodo 1994 – 2031 se estima contar con un total de 22.3 Mil MW en los diferentes parques eólicos con una tasa de crecimiento media de 26.2% anual (Gráfica I.36). Lo anterior, implicaría multiplicar por cinco veces la capacidad actual de generación de energía eólica al 2031, alcanzado un capacidad de generación similar a la que actualmente tienen países como la India y España. Para los años 2019 y 2020, se estima desarrollar una capacidad de 6.7 Mil MW a través de la consolidación de los parques en Desarrollo, lo que representa el 30% de la proyección total.

Gráfica I.36. Capacidad Estimada Total (1994 - 2031)



Con respecto a la proyección en capacidad en MW, 4 Mil MW (18%) se tiene actualmente habilitada en parques ya en Operación; 1.2 Mil MW se obtendrían en los parques en Construcción (6%); 9.2 Mil MW en parques en Desarrollo (41%); 5 Mil MW en parques en Proceso de Trámites (20%); y 2.7 Mil MW en parques por Desarrollar (12%). (Gráfica I.37).

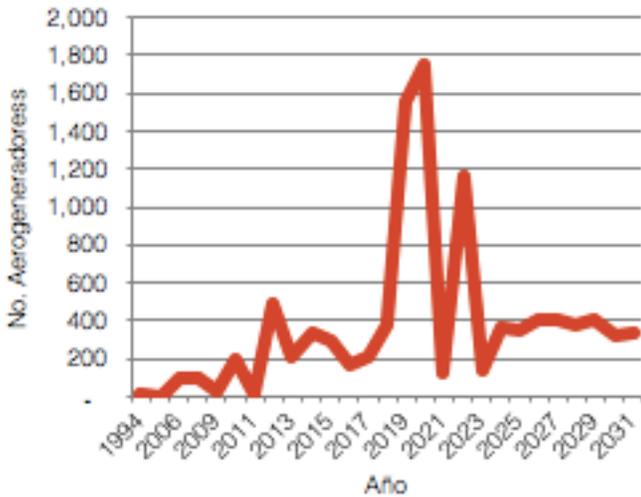
Gráfica I.37. Capacidad Instalada MW por Estado del Proyecto (1994 - 2031)



Fuente: Inventario Parques Eólicos México, 2018, AMDEE para los datos 1994 – 2022, y Programa de Desarrollo del Sector Eléctrico Nacional 2017 – 2031 para los datos 2023 – 2031.

Aerogeneradores

Gráfica I.38. Aerogeneradores Totales (1994 - 2031)

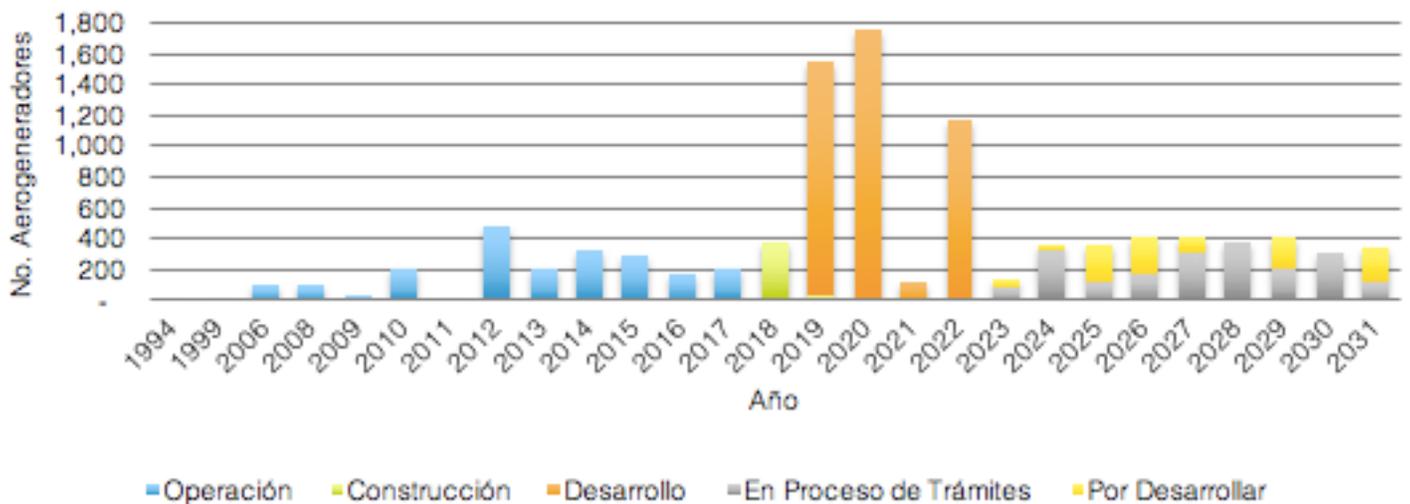


*En el periodo 1994 – 2031, se estima contar con un parque total de 10,229 aerogeneradores en México con una tasa de crecimiento media de 15.4% anual.*

*Para los años 2019 y 2020, se estima un requerimiento de 3,306 aerogeneradores, lo que representa el 32% de la proyecciones de requerimientos totales de aerogeneradores (Gráfica. I.38)*

De la estimación total de aerogeneradores, 2,140 lo que representa el 21% se encuentran ya instalados en parques en Operación; 404 en parques en Construcción (4%); 4,586 se estiman para los parques en Desarrollo (45%); 2,026 se requerirían para los parques en Proceso de Trámites (20%); y 1,091 aerogeneradores para los parques por Desarrollar (11%). (Gráfica I.39).

Gráfica I.39 Número de Aerogeneradores por Estado del Proyecto (1994 - 2031)

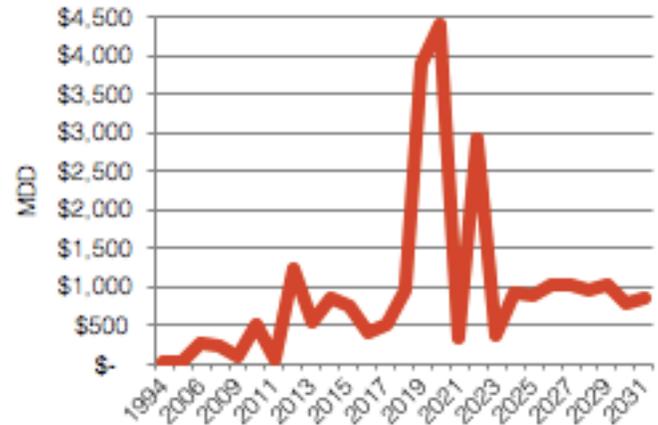


Fuente: Inventario Parques Eólicos México, 2018, AMDEE para los datos 1994 – 2022, y Programa de Desarrollo del Sector Eléctrico Nacional 2017 – 2031 para los datos 2023 – 2031.

Inversión Estimada en Aerogeneradores

Gráfica I.40. Inversión Estimada en erogeneradores (MDD) (1994 - 2031)

Los aerogeneradores representan aproximadamente 70% de la inversión estimada en el parque eólico. La inversión estimada en el periodo 1994 – 2031 suma un total de 25.7 MMDD, sólo en la compra de los sistemas de aerogeneradores (Gráfica I.40)



Los parques ya en operación (1994 – 2017) implicaron inversiones por un monto de 5.3 MMDD en sistemas de aerogeneradores (21%); en Construcción se estima una inversión sólo para estos sistemas del orden 1 MMDD (4%); para los parques en Desarrollo estima una inversión de 11.4, 45% de la inversión total; 5.0 MMDD (20%) para los parques en Proceso de Trámites y 2.7 MMDD para los parques por Desarrollar (11%) (Gráfica I.41).

Gráfica I.41. Inversión Estimada en Sistemas de Aerogeneradores (MUSD) por Estado de Proyecto (1994 - 2031)

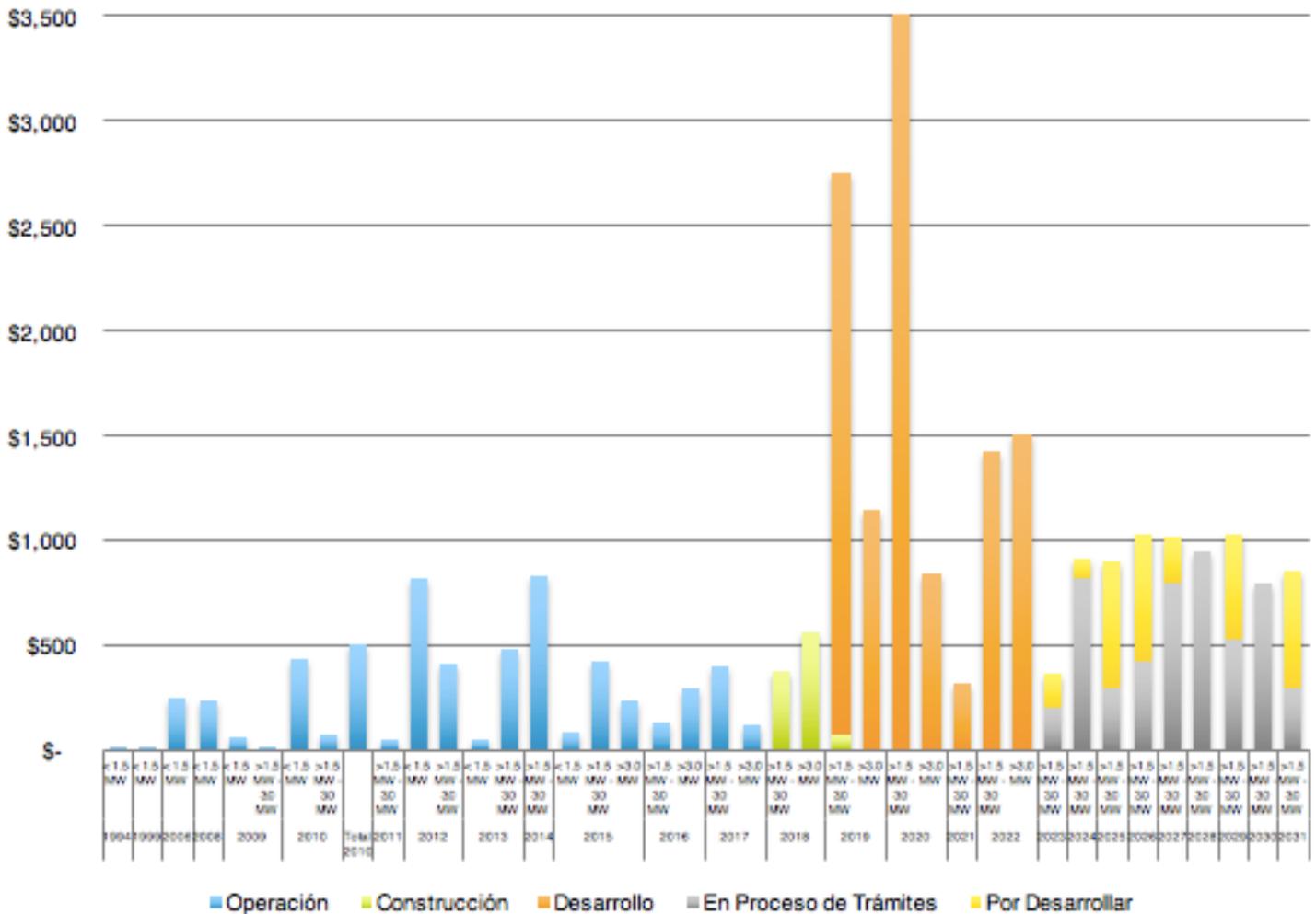


Fuente: Inventario Parques Eólicos México, 2018, AMDEE para los datos 1994 – 2022, y Programa de Desarrollo del Sector Eléctrico Nacional 2017 – 2031 para los datos 2023 – 2031. Los montos estimados del valor de la demanda esperada por fueron calculados con base en los montos de inversión presentados en el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN) 2016 – 2030.

Inversión por Capacidad (MW)

Durante el periodo 1994 – 2031, se estima contar con una inversión total de 25.7 MMDD para la adquisición de aerogeneradores de diferentes rangos de capacidad: <1.5 MW, >1.5 MW hasta 3.0 MW, y >3.0 MW, con una tasa de crecimiento media de 7.5% anual. (Gráfica 1.42).

Gráfica 1.42. Monto de Inversión Total en Aerogeneradores (MUSD) por Capacidad y Estado de Proyecto (1994 - 2031)

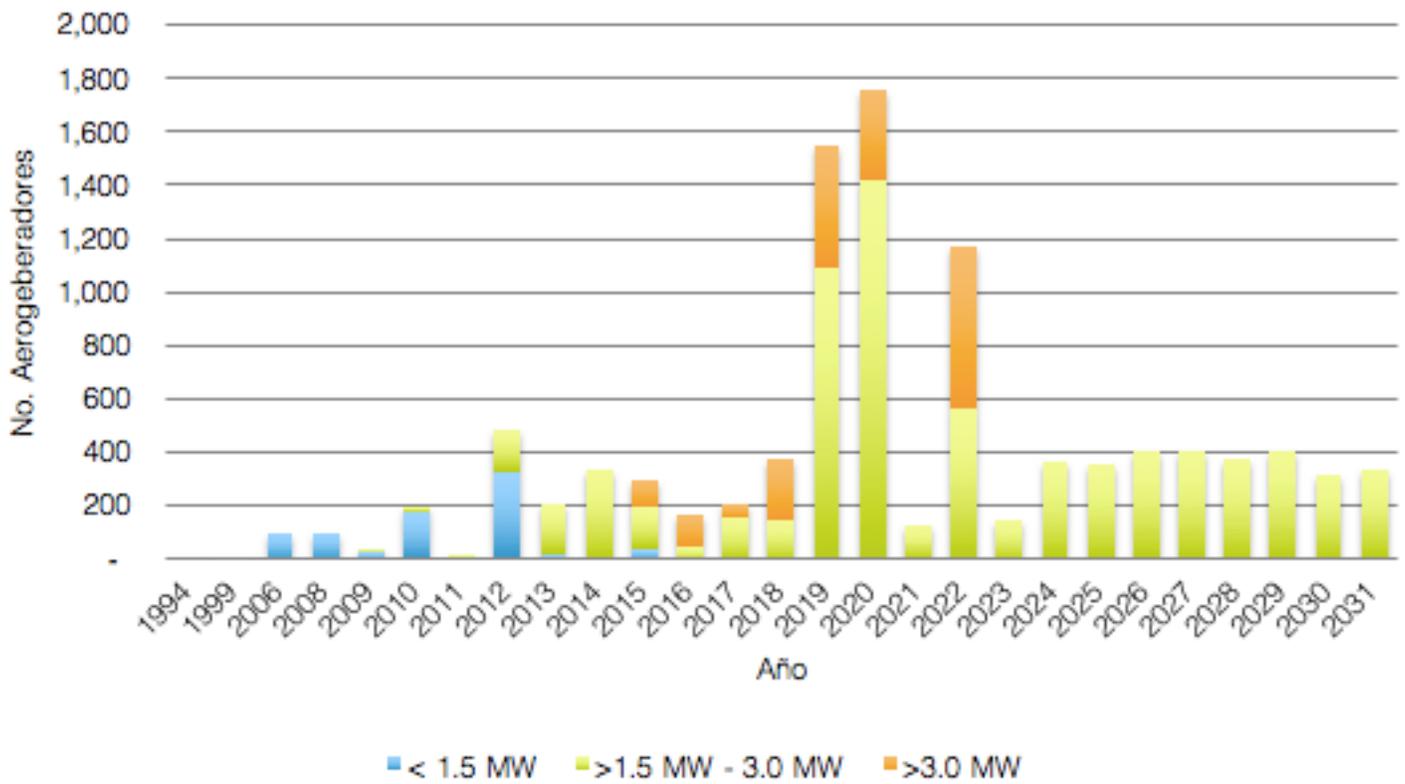


Nacional 2017 – 2031 para los datos 2023 – 2031. Los montos estimados del valor de la demanda esperada por fueron calculados con base en los montos de inversión presentados en el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN) 2016 – 2030.

Tipos de Aerogeneradores

En el periodo 1994 – 2031 se estima contar con un total de 10,229 aerogeneradores en México con una tasa de crecimiento media de 15.4% anual. De los cuales 773 aerogeneradores, lo que representa el 8% del total se encuentran en un rango de capacidad menor a los 1.5 MW, mismos que ya se encuentran instalados en parques en Operación en el periodo 1994 hasta 2015; 7,584 aerogeneradores lo que representa el 74% del total se requerirían con un rango de capacidad entre 1.5 MW hasta 3.0 MW en el periodo de 2009 hasta 2031; y 1,871 aerogeneradores en un rango de capacidad superior a los 3.0 MW que se habilitarían en el periodo de 2015 hasta 2022 (Gráfica I.43).

Gráfica I.43. Demanda de Aerogeneradores por Rango de Capacidad (1994 - 2031)



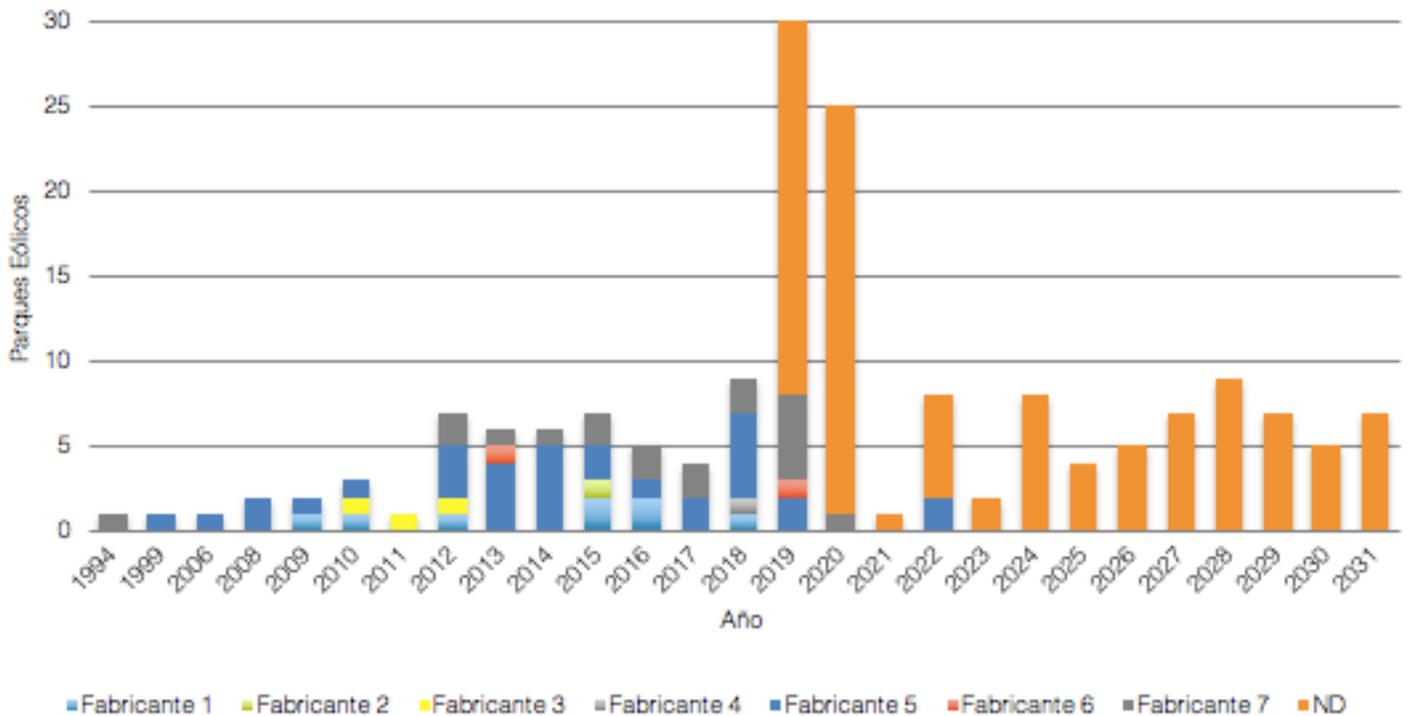
Fuente: Inventario Parques Eólicos México, 2018, AMDEE para los datos 1994 – 2022, y Programa de Desarrollo del Sector Eléctrico Nacional 2017 – 2031 para los datos 2023 – 2031.

Fabricantes

La habilitación y desarrollo de parques eólicos se asignan a los diferentes fabricantes de aerogeneradores, a la fecha se ha asignado el desarrollo de 66 parques, lo que representa sólo el 38% de la proyección de parques a siete (7) fabricantes de aerogeneradores.

Respecto a los parques ya asignados, 32 parques que representan el 48% de los ya asignados corresponden al Fabricante 5 en el periodo comprendido de 1999 – 2022, y 19 parques asignados lo que representa 29% al Fabricante 7 en el periodo 1994 - 2020, ambos en su conjunto detentan el 77% de los aerogeneradores requeridos para el desarrollo de los parques eólicos. Es importante señalar que 107 parques eólicos, lo que representa el 62% de los parques proyectados a desarrollarse en el periodo 2019 – 2031 no tienen todavía una fabricante asignado (Gráfica I.44).

Gráfica I.44 Parques Eólicos por Fabricante (1994 - 2031)



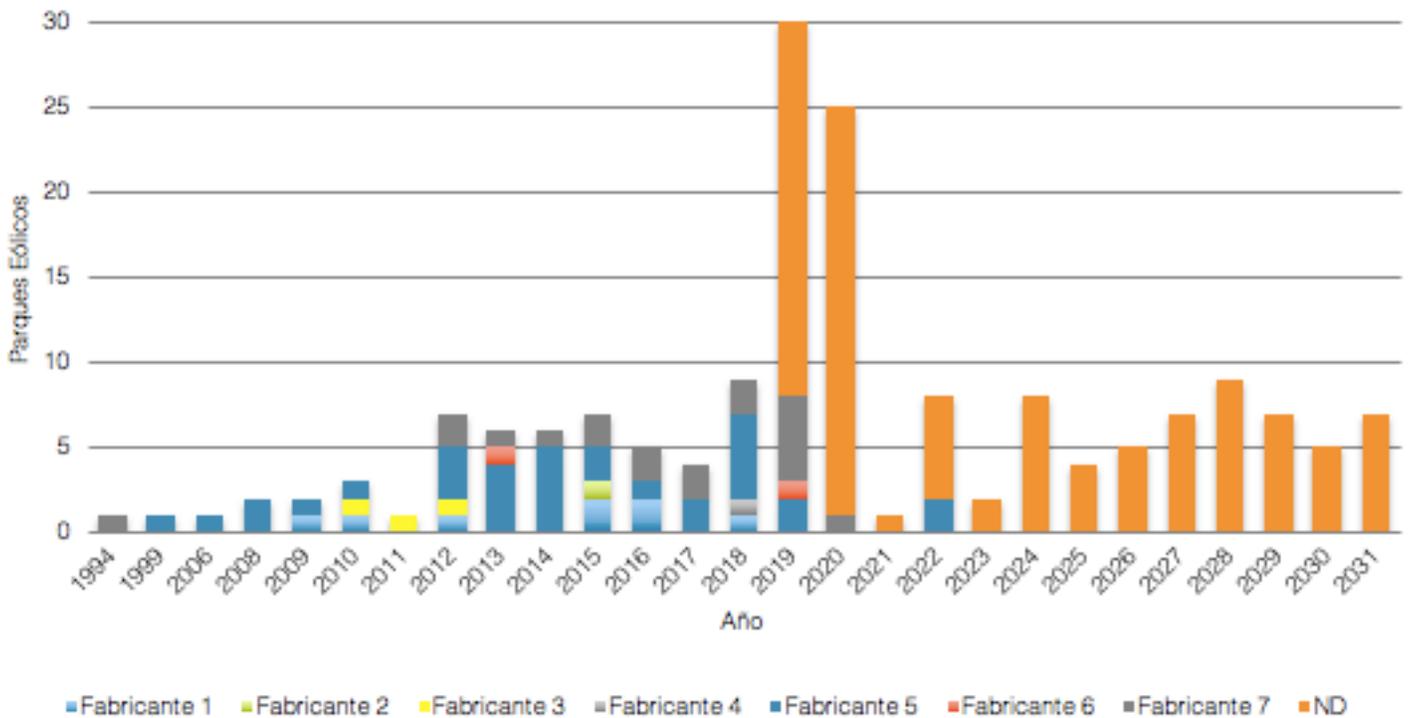
Fuente: Inventario Parques Eólicos México, 2018, AMDEE para los datos 1994 – 2022, y Programa de Desarrollo del Sector Eléctrico Nacional 2017 – 2031 para los datos 2023 – 2031.

Aerogeneradores por Fabricante

Con relación al número de aerogeneradores por fabricante, para el periodo 1994 – 2031 se proyectaron un total de 10,229 aerogeneradores, de los cuales el Fabricante 5 tiene asignados 1,627 aerogeneradores, de los cuales 1,240 se encuentran ya en Operación (1999 - 2077) y 387 asignados por habilitar (2018 – 2022). En el caso del Fabricante 7, tiene asignados 643 aerogeneradores, 252 ya en Operación (2012 - 2017) y 384 asignados por habilitar (2018 – 2020).

Respecto al número proyectado de 7,114 aerogeneradores por instalar, lo que representa el 70% de los aerogeneradores estimados a desarrollarse en el periodo 2019 – 2031 no tienen todavía un fabricante asignado (Gráfica I.45).

Gráfica I.45 Parques Eólicos por Fabricante (1994 - 2031)



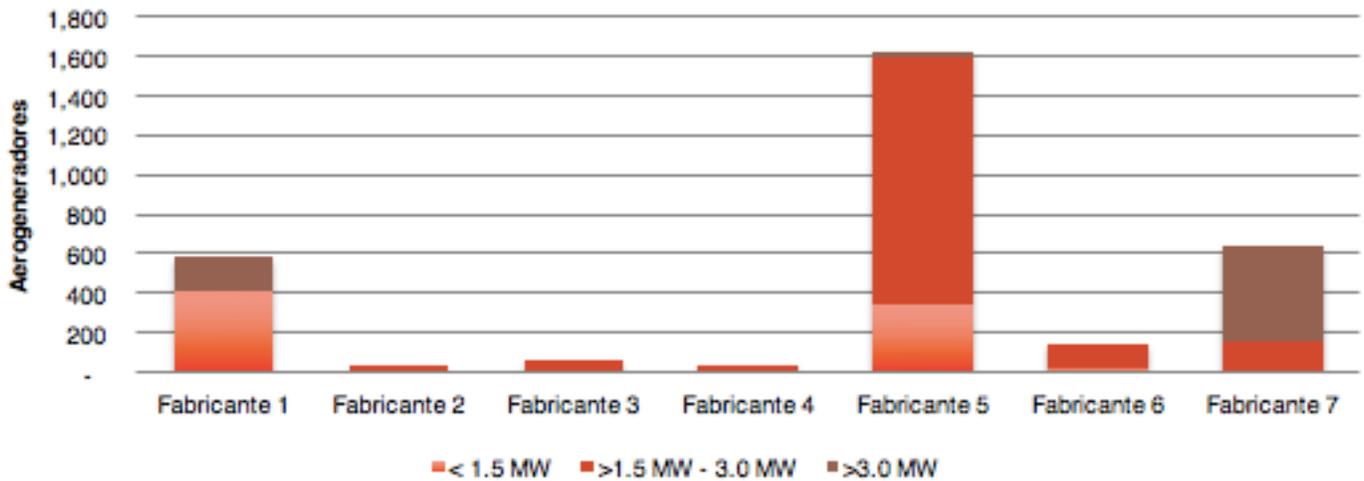
Fuente: Inventario Parques Eólicos México, 2018, AMDEE para los datos 1994 – 2022, y Programa de Desarrollo del Sector Eléctrico Nacional 2017 – 2031 para los datos 2023 – 2031.

Aerogeneradores por Rango de Capacidad por Fabricante

Respecto a la proyección total de 10,229 aerogeneradores en el periodo 1994 – 2031, se estiman 773 con un rango de capacidad <1.5 MW lo que representa el 8% del total, 7,584 aerogeneradores con un rango de capacidad entre >1.5 MW - 3.0 MW lo que implica el 74% de la demanda proyectada total, y 1,871 aerogeneradores con una capacidad >3.0 MW que representa el 18% de la demanda proyectada total.

Con respecto a los fabricantes asignados, el Fabricante 5 mismo que tiene asignados un total de 1,627 aerogeneradores, muestra una mayor especialización en 77% hacia la fabricación de aerogeneradores con un rango de capacidad entre >1.5 MW - 3.0 MW, y el Fabricante 7 una mayor especialización del orden 83% hacia la fabricación de aerogeneradores con una capacidad >3.0 MW (Gráfica I.46). En el caso de los 7,114 aerogeneradores estimados que no tiene asignados fabricantes, 83% serían requerimientos con una capacidad >1.5 MW - 3.0 MW.

Gráfica I.46. Aerogeneradores por Rango de Capacidad por Fabricante



Fuente: Inventario Parques Eólicos México, 2018, AMDEE para los datos 1994 – 2022, y Programa de Desarrollo del Sector Eléctrico Nacional 2017 – 2031 para los datos 2023 – 2031.

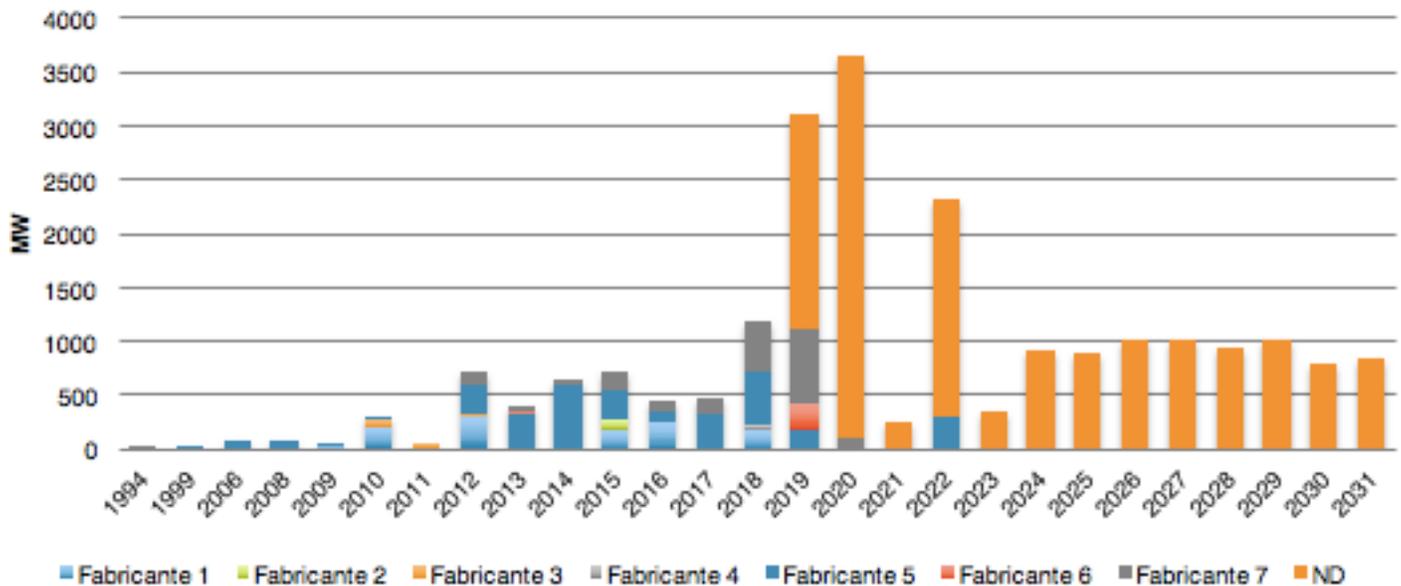
Capacidad Instalada por Fabricante

En el periodo 1994 – 2031 se estima contar con un total de 22.3 Mil MW en los diferentes parques eólicos con una tasa de crecimiento media de 26.2% anual.

Con relación a los fabricantes asignados, el Fabricante 5 alcanzaría una capacidad instalada de 3.0 Mil MW en el periodo comprendido entre 1999 – 2020 lo que representa el 14% de la capacidad instalada total, y el Fabricante 7 lograría una capacidad instalada de 1.8 Mil MW que representaría el 8% de la capacidad instalada total considerando los parques desarrollados en el periodo 2012 – 2020. En conjunto, estos dos fabricantes, tendrían una capacidad instalada del 22% respecto a la proyección al año 2031.

Respecto a los parques que no tienen asignado fabricantes, en el periodo 2019 – 2031 se tendría que alcanzar una capacidad instalada de 15.5 Mil MW lo que implica 70% respecto a la meta al año 2031 (Gráfica I.47).

Gráfica I.47 Capacidad Instalada en MW por Fabricante (1994 - 2031)



Fuente: Inventario Parques Eólicos México, 2018, AMDEE para los datos 1994 – 2022, y Programa de Desarrollo del Sector Eléctrico Nacional 2017 – 2031 para los datos 2023 – 2031.

Antigüedad de Aerogeneradores por Fabricante

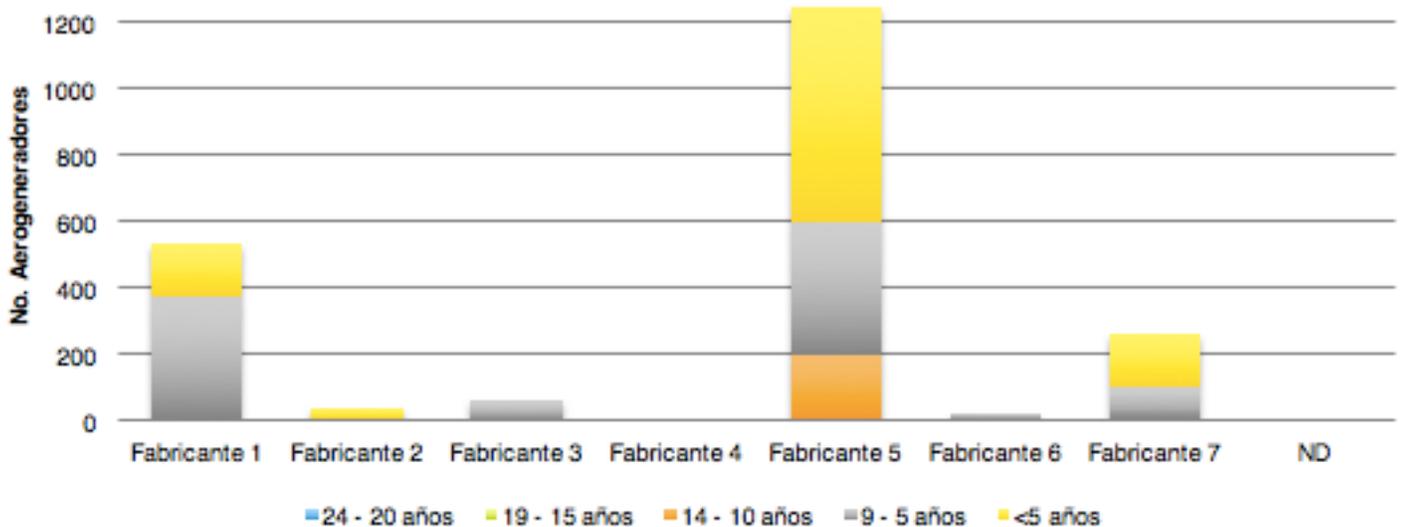
Gráfica I.48. Rangos de Antigüedad de Aerogeneradores



Con relación a la antigüedad de los aerogeneradores se tiene que siete (7) se encuentran en un rango de 24 – 20 años, un (1) en un rango de 19 – 15 años, 192 aerogeneradores en un rango de 14 – 10 años, 945 en un rango de 9 – 5 años y 995 con menos de 5 años (Gráfica I.48).

Por fabricante, en el periodo 1994 – 2017, el Fabricante 5 tiene 192 aerogeneradores con un antigüedad entre 14 – 10 años y 403 con un antigüedad entre 9 – 5 años. De la misma forma, el Fabricante 1 tiene 371 aerogeneradores con un antigüedad entre 9 – 5 años (Gráfica I.49).

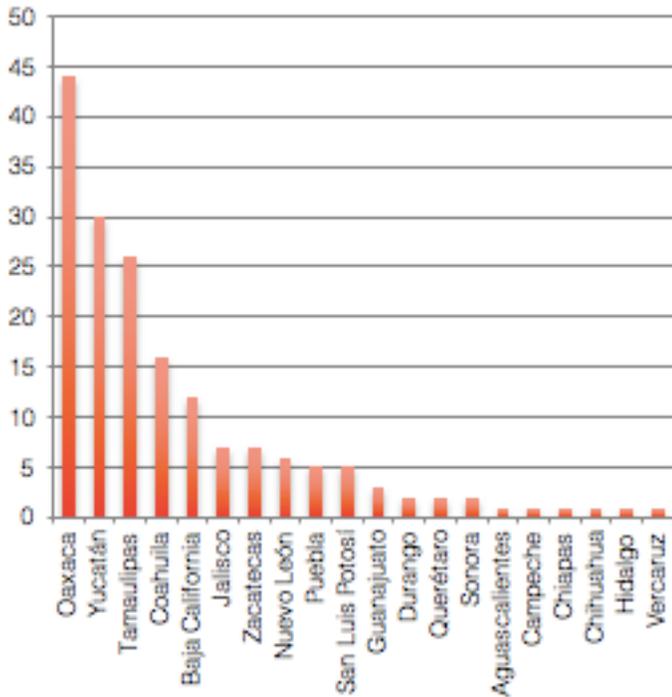
Gráfica I.49. Rango de Antigüedad de Aerogeneradores en Operación por Fabricante



Fuente: Inventario Parques Eólicos México, 2018, AMDEE para los datos 1994 – 2022, y Programa de Desarrollo del Sector Eléctrico Nacional 2017 – 2031 para los datos 2023 – 2031.

Entidad Federativa

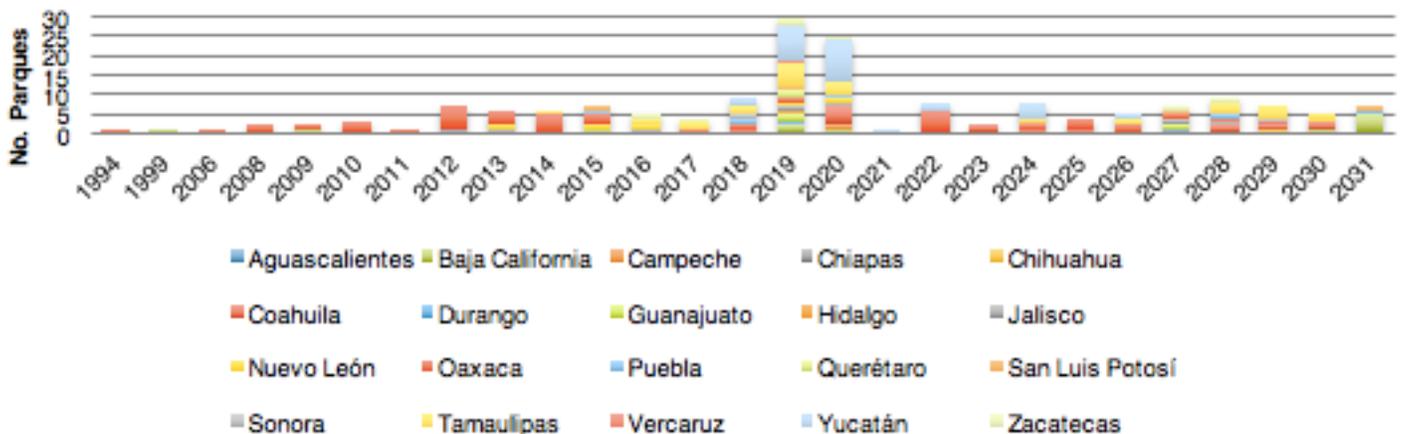
Gráfica I.50. Parques Eólicos por Entidad Federativa (1994 -2031)



En el periodo 1994 – 2031, se estima generar un total de 173 parques eólicos en México con una tasa de crecimiento media de 7.5% anual (Gráfica I.50). Con respecto al total de la estimación de parques eólicos, en el Estado de Oaxaca se tiene una estimación de 44 parques (25% de la estimación total), 17 de los cuales se desarrollarán en el periodo 2018 – 2031; en el Estado de Yucatán se tiene una estimación de 30 parques (17% del total), mismos que se ejecutarán en el periodo 2018 – 2031; y en Tamaulipas se tiene una estimación de 26 parques (15%), 21 de los cuales se desarrollarán en el periodo 2018 – 2031.

En su conjunto, estas tres entidades detentan el 58% de la estimación de parques eólicos en México (Gráfica I.50).

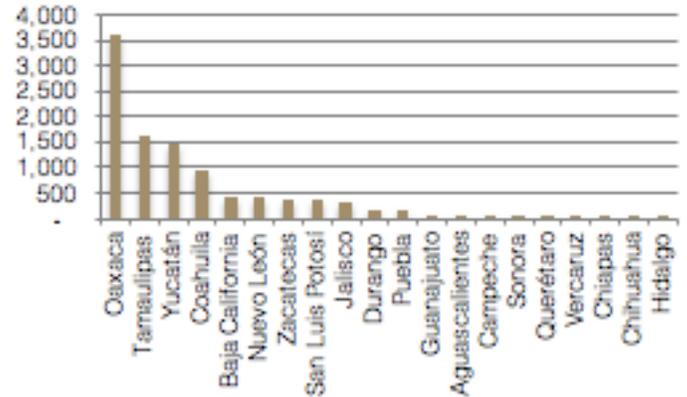
Gráfica I.50. Estimación de Parques Eólicos por Entidad Federativa (1994 - 2031)



Fuente: Inventario Parques Eólicos México, 2018, AMDEE para los datos 1994 – 2022, y Programa de Desarrollo del Sector Eléctrico Nacional 2017 – 2031 para los datos 2023 – 2031.

Análisis de Aerogeneradores por Entidad Federativa

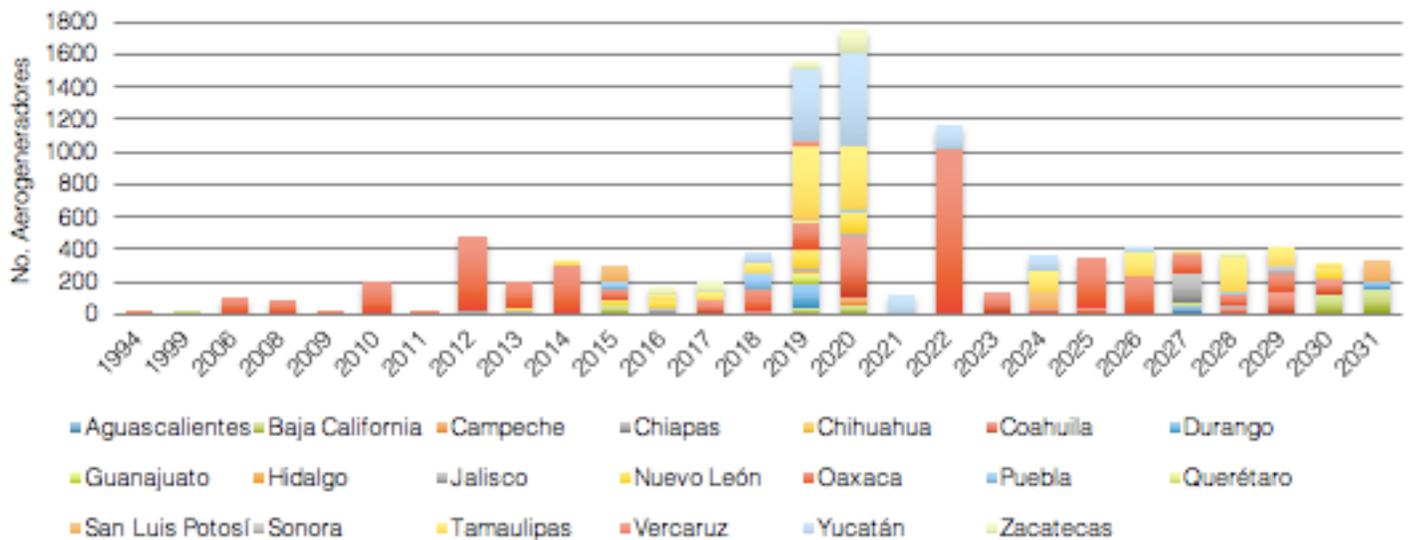
Gráfica I.51. Aerogeneradores Totales por Entidad Federativa



Con respecto al total de la estimación del número de aerogeneradores, en el periodo 1994 – 2031 se estima la instalación de 10,229 aerogeneradores (Gráfica 1.51).

El Estado de Oaxaca ocupa el primer lugar con 3,622 aerogeneradores, lo que representa el 35% la estimación total, de los cuales 2,171 se instalarán en el periodo 2018 – 2031. En segundo lugar, se encuentra el Estado de Tamaulipas con un total estimado de 1,633 aerogeneradores, lo que representa el 16% del total, de los cuales 1,528 se instalarán en el periodo 2018 – 2031, y el Estado de Yucatán con 1,468 aerogeneradores, que implica el 14% del total, cantidad que se estaría instalando en el periodo 2018 – 2031 (Gráfica I.52).

Gráfica I.52. Estimación de Aerogeneradores de Parques Eólicos por Entidad Federativa (1994 - 2031)



Fuente: Inventario Parques Eólicos México, 2018, AMDEE para los datos 1994 – 2022, y Programa de Desarrollo del Sector Eléctrico Nacional 2017 – 2031 para los datos 2023 – 2031.

## ANÁLISIS DE LA OFERTA

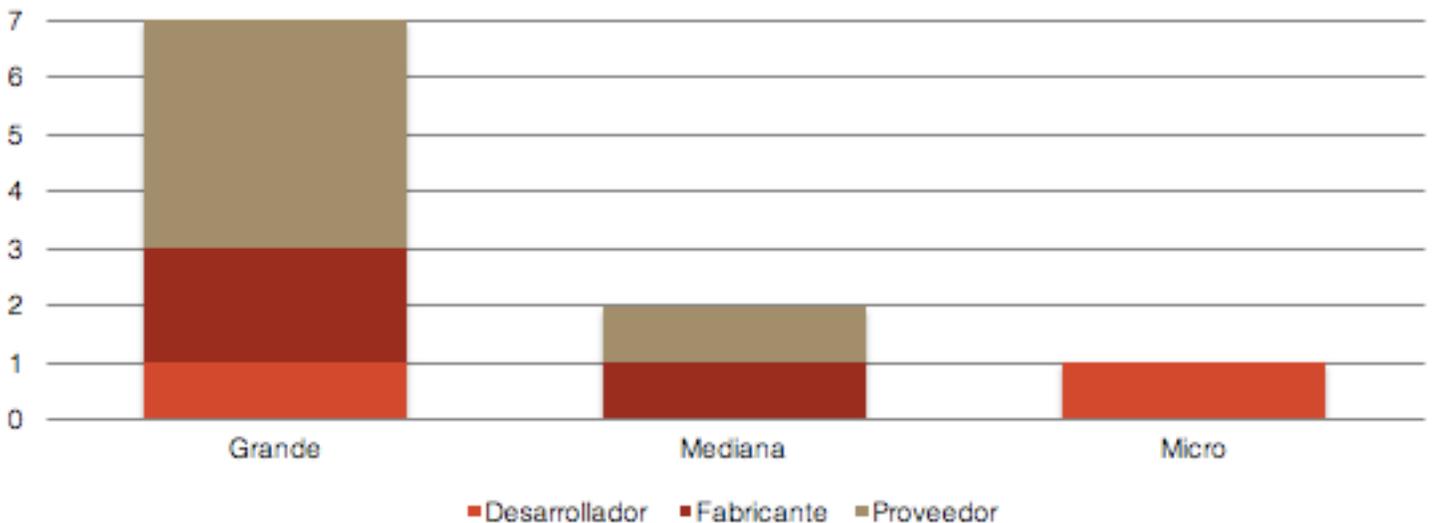
En la presente sección, se muestran los resultados de las entrevistas aplicadas a empresas asociadas a la AMDEE. Dentro de los principales resultados obtenidos se muestran las características generales de las empresas participantes, su capacidad de producción, aportación al contenido nacional por los principales componentes que conforman los aerogeneradores, su cadena de producción y los elementos principales que influyen en la competitividad de la producción nacional por principal(es) sistema de aerogenerador.

### Características Generales

Conforme a la clasificación de la AMDEE, las empresas asociadas pueden ser Desarrolladoras, Fabricantes y Prestadores de Servicios. Las empresas Desarrolladoras son aquellas que principalmente se dedican a actividades de desarrollo de proyectos, ingeniería y construcción de parques eólicos; las empresas Fabricantes se dedican principalmente a la fabricación industrial de aerogeneradores, y al suministro, montaje y puesta en marcha de los aerogeneradores; y las empresas Prestadoras de Servicios se enfocan principalmente a servicios de operación, mantenimiento de instalaciones y servicios posventa.

En la presente sección de Análisis de Oferta, por tamaño de empresa con base en la Ley para el Desarrollo de la Competitividad de la Micro, Pequeña y Mediana Empresa, participaron 7 empresas de tamaño grande, 2 empresas medianas y una micro empresa. Con base en su perfil, participaron 5 empresas proveedoras, 3 fabricantes y 2 desarrolladores (Gráfica I.53).

Gráfica I.53. Perfil y Tamaño de Empresas Participantes (n=10)

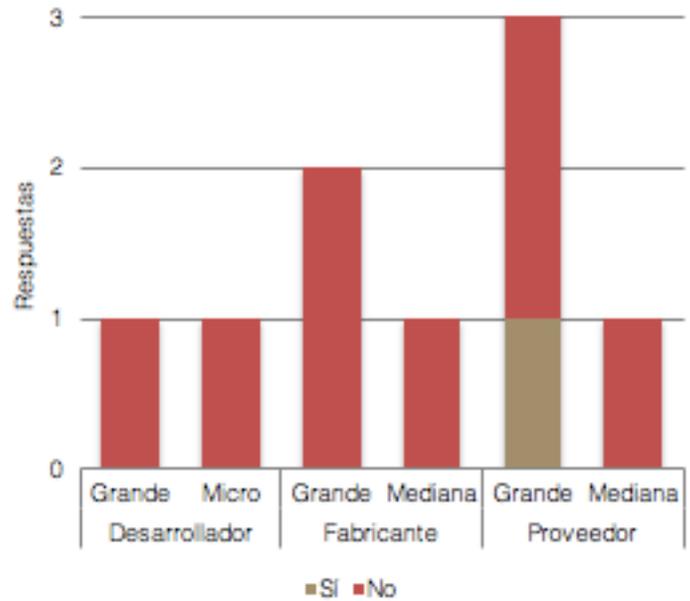


Fuente: Resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

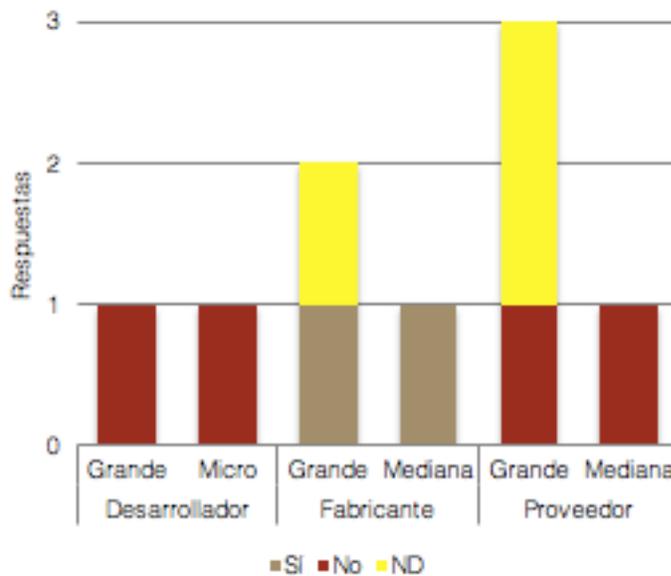
Análisis de Planta y Equipo

Con relación a la pregunta si cuentan con plan de ensamble de aerogeneradores en México, el 90% de las empresas señalaron que no cuentan, destacándose el caso de las empresas Fabricantes sin producción nacional, lo que tiene repercusiones importantes en la fabricación nacional de aerogeneradores y el contenido nacional (Gráfica I.54).

Gráfica I.54 ¿Cuenta con planta de ensamble de aerogenerador en México? (n=10)



Gráfica I.54 ¿Cuenta con planta de ensamble de aerogenerador en México? (n=10)



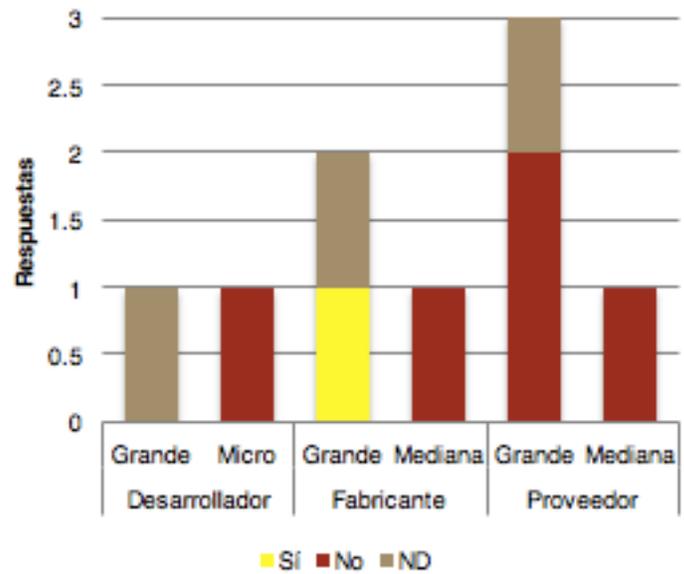
Análisis de Procesos de Subcontratación

Con relación a si subcontratan localmente la fabricación de alguno de los sistemas que conforman los aerogeneradores, el 66% de las empresas Fabricantes llevan a cabo algún tipo de subcontratación de partes y/o componentes de aerogeneradores, lo que abre oportunidades para su fabricación nacional y el potencial incremento del grado de contenido nacional (Gráfica I.55).

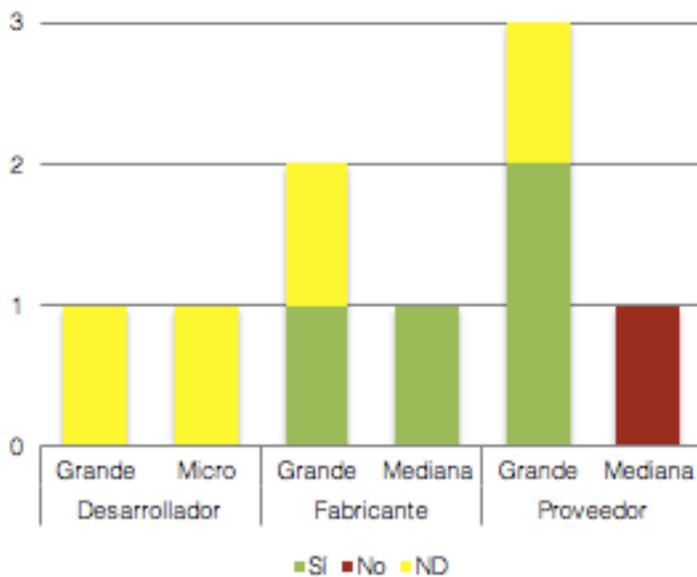
Fuente: Resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Gráfica I.56. ¿Ha participado o cuenta con metodologías de desarrollo de proveedores? (n=9)

Con respecto a si las empresas entrevistadas han participado o cuenta con metodologías propias de desarrollo de proveedores, sólo 30% de las entrevistadas mencionaron que si cuentan con metodologías, lo que incide en un bajo soporte empresarial para la integración de la cadena de valor y el incremento del grado de contenido nacional (Gráfica I.56).



Gráfica I.57. ¿Tiene identificadas áreas críticas para mejorar la integración de su cadena de valor en México?



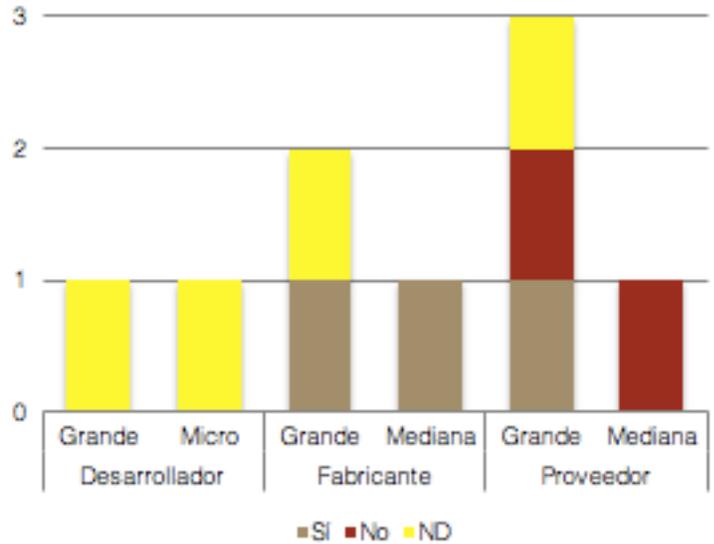
Respecto a si tienen identificadas áreas críticas para mejorar la integración de su cadena de valor local, sólo 30% de las entrevistadas mencionaron que si cuentan con metodologías, destacando que las empresas Fabricantes son la que en mayor medida han identificado estas áreas de oportunidad para la integración de la cadena de valor y el incremento del grado de contenido nacional (Gráfica I.57).

Fuente: Resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Análisis de Diagnóstico Tecnológico

Gráfica I.58. Si desarrollará proveedores nacionales, ¿tiene identificados requerimientos tecnológicos (maquinaria y equipo) para su integración?

En caso de que las empresas entrevistadas, desarrollaran proveedores nacionales, tendrían identificados sus requerimientos tecnológicos, sólo 30% respondieron que si tienen especificaciones para su integración, principalmente en las empresas Fabricantes (Gráfica I.58).



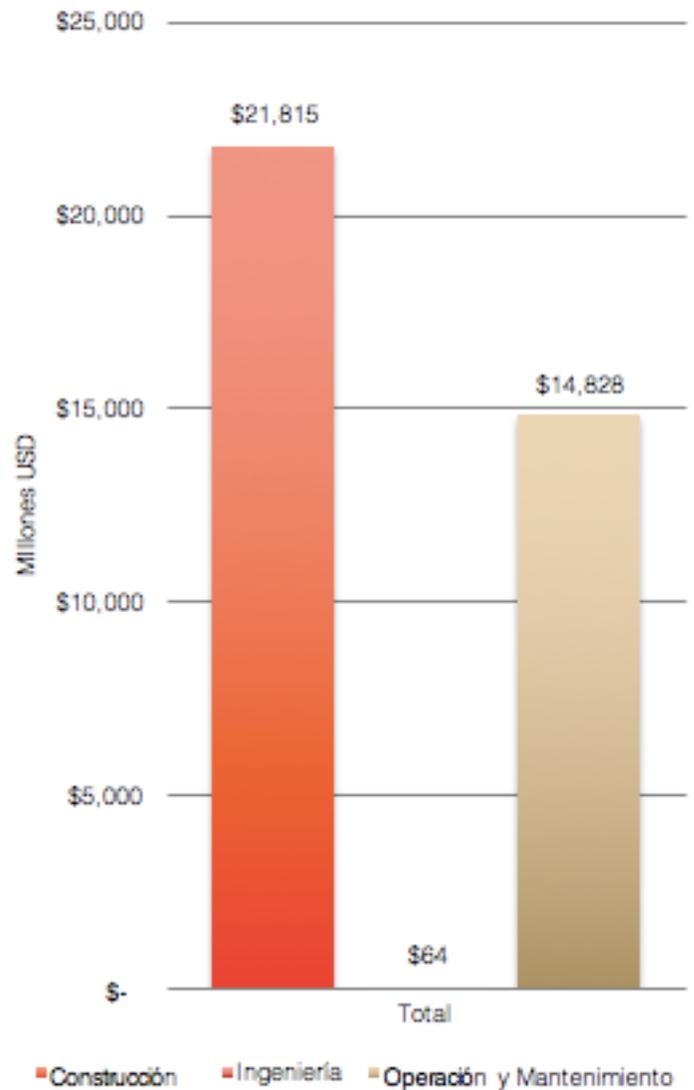
Fuente: Resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Cadena de Valor

El documento **Modelo de Cadena Productiva de Generación Eólica**, desarrollada por la Unidad de Contenido Nacional y Fomento de Cadenas Productivas e Inversión en el Sector Energético de la SE, se dirige a identificar los bienes y servicios necesarios para la construcción y operación de una central eólica, así como su demanda y valor estimado en el país para establecer a corto, mediano y largo plazo las acciones necesarias para el fomento industrial de cadenas productivas de la industria eléctrica en materia eólica. El Modelo realiza un mapeo de la cadena productiva en cuatro fases: ingeniería, construcción de la central, operación y mantenimiento, y abandono.

Con base en el Modelo, se realizó un análisis para dimensionar el valor de la demanda prospectiva e identificar las áreas de oportunidad para los proveedores nacionales, estimándose que 59.4% de la inversión se ejecuta en la Fase de Construcción del Parque Eólico; 40.4% a la Fase de Operación y Mantenimiento; y un 0.2% en la Fase de Ingeniería.

Gráfica I.59. Estimación de Inversiones por Fase de Proyecto de Parque Eólico (MUSD)

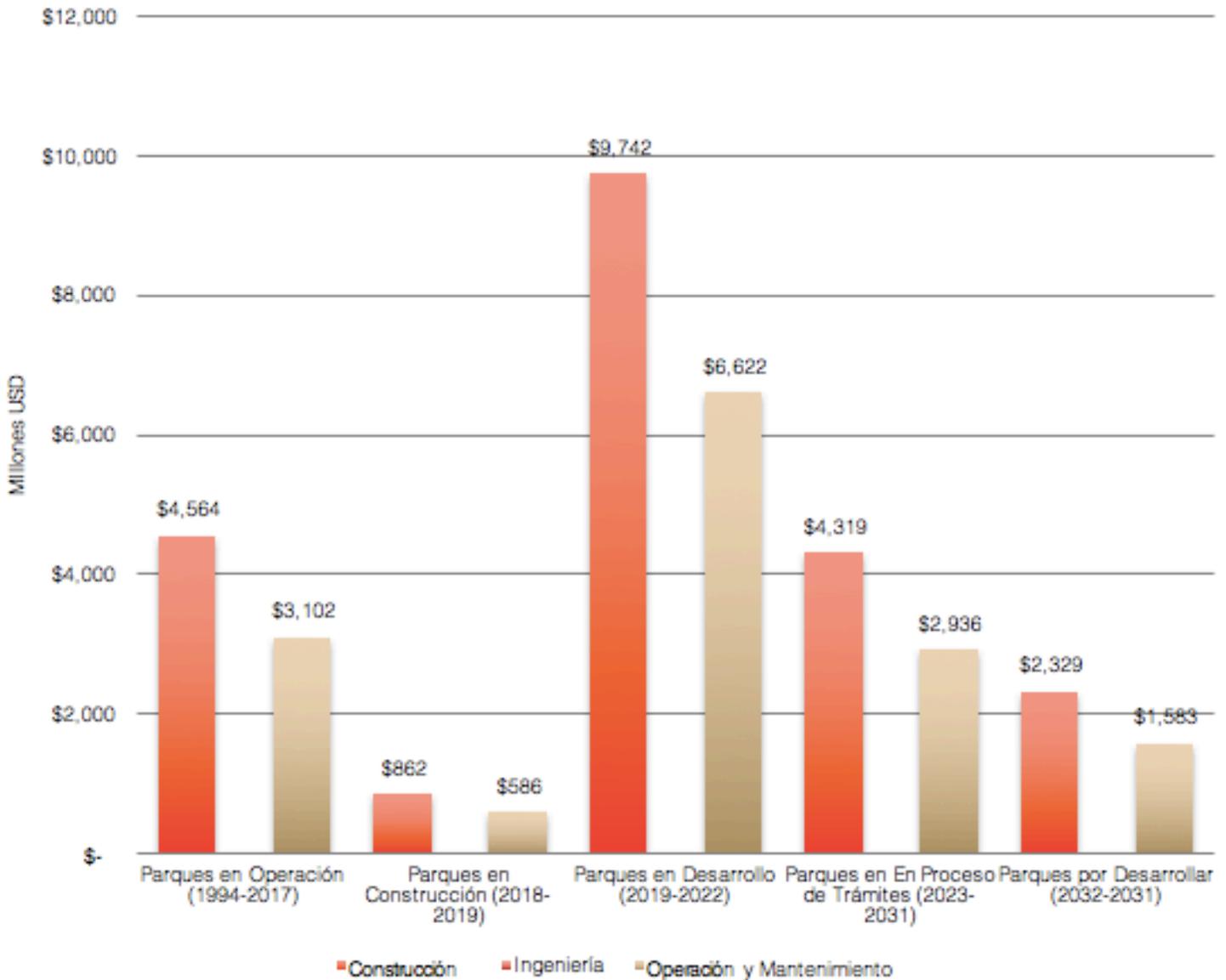


Derivado de lo anterior, considerando la inversión estimada para la proyección de crecimiento de parques eólicos en México en el periodo de 1994 – 2031 del orden de 36,716 millones de dólares; 21,815 MDD se ejecutarían en la Fase de Construcción; 14,828 MDD en la Fase de Operación y Mantenimiento; y 64 MDD a la Fase de Ingeniería (Gráfica I.59).

Fuente: Elaboración propia con datos del Estudio Cadena Productiva de Generación Eólica, el Inventario Parques Eólicos México, 2018, AMDEE para los datos 1994 – 2022, y Programa de Desarrollo del Sector Eléctrico Nacional 2017 – 2031 para los datos 2023 – 2031.

Para los diferentes Estados de los Proyectos Eólicos en el periodo de 1994 – 2031, se realizó una estimación de las inversiones requeridas por cada una de las fases de la cadena productiva del sector eólico. En la siguiente gráfica se destaca una mayor inversión requerida en los Parques en Desarrollo (Gráfica I.60).

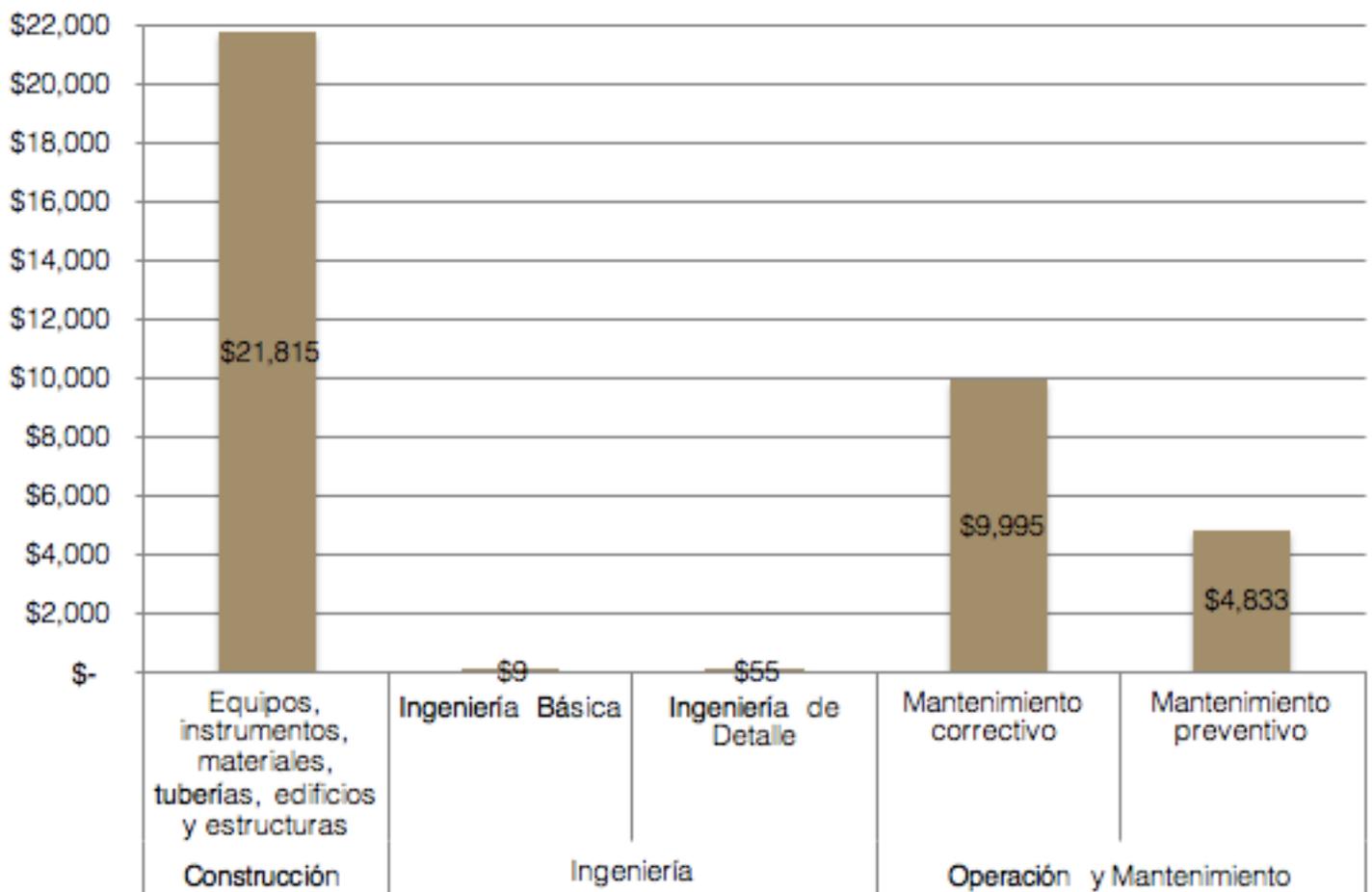
Gráfica I.60. Estimación de Inversiones por Fase por Estado del Proyecto (MUSD)



Fuente: Elaboración propia con datos del Estudio Cadena Productiva de Generación Eólica, el Inventario Parques Eólicos México, 2018, AMDEE para los datos 1994 – 2022, y Programa de Desarrollo del Sector Eléctrico Nacional 2017 – 2031 para los datos 2023 – 2031.

La siguiente gráfica muestra la estimación de inversión total por Fase y Proceso de la cadena productiva. En la Fase de Construcción, 21,815 MDD se ejecutaría en el Proceso **Equipo, Instrumentos, Materiales, Tuberías, Edificios, Estructuras**. Para la Fase de Ingeniería, 9 MDD se destinarían al Proceso de Ingeniería Básica y 55 MDD al Proceso de Ingeniería de Detalle; y en la Fase de Operación y Mantenimiento se destinarían 9,995 MDD hacia **Mantenimiento Correctivo** y 4,833 MDD a **Mantenimiento Preventivo** (Gráfica I.61).

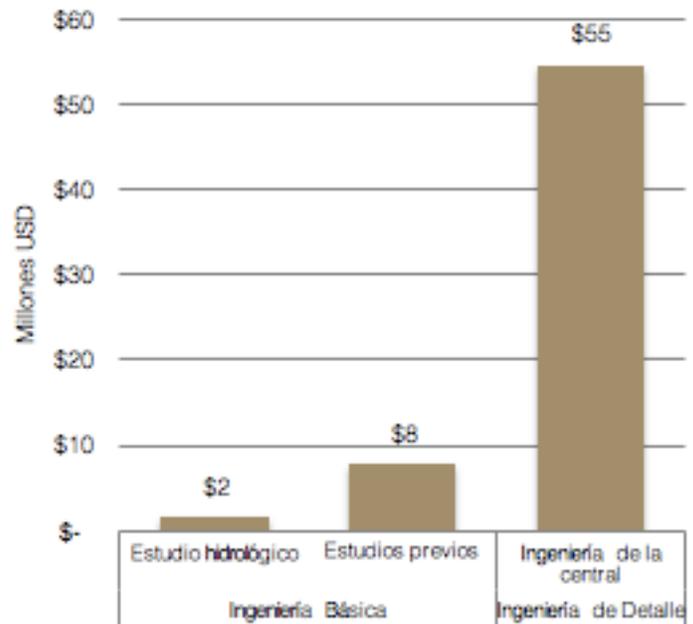
Gráfica I.61. Estimación de Inversiones por Fase y Proceso del Proyecto (MUSD)



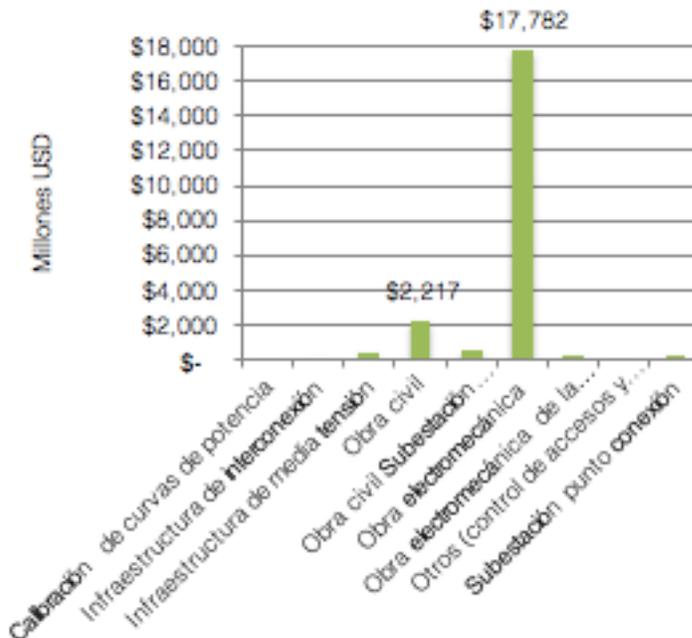
Fuente: Elaboración propia con datos del Estudio Cadena Productiva de Generación Eólica, el Inventario Parques Eólicos México, 2018, AMDEE para los datos 1994 – 2022, y Programa de Desarrollo del Sector Eléctrico Nacional 2017 – 2031 para los datos 2023 – 2031.

Gráfica I.62. Estimación de Inversiones por Actividad de la Fase de Ingeniería (MUSD)

La inversión estimada por Actividades de la Fase de la Ingeniería, muestra que 55 MDD se destinarían a **Ingeniería de la Central** dentro de la Ingeniería de Detalle. Los **Estudios Previos** (topográfico/ mecánica de suelos/ velocidad de viento) requerirían 8 MDD y los **Estudios Hidrológicos** 2 MDD para atender las proyecciones de crecimiento de los parques eólicos (Gráfica I.62).



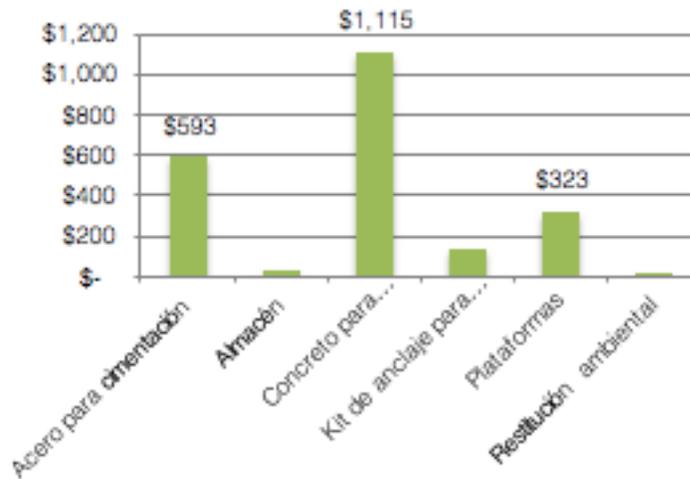
Gráfica I.63. Estimación de Inversiones por Actividad de la Fase de Construcción (MUSD)



En la Fase de Construcción, la **Obra Electromecánica** (aerogeneradores) requiere una inversión total de 17,782 MDD, lo que representa el 48% la inversión total del periodo 1994 - 2031; la **Obra Civil** es la segunda actividad con mayores requerimientos de inversión por 2,217 MDD, lo que representa el 6% del total de la Fase de Construcción en el periodo. (Gráfica I.63)

Fuente: Elaboración propia con datos del Estudio Cadena Productiva de Generación Eólica, el Inventario Parques Eólicos México, 2018, AMDEE para los datos 1994 – 2022, y Programa de Desarrollo del Sector Eléctrico Nacional 2017 – 2031 para los datos 2023 – 2031.

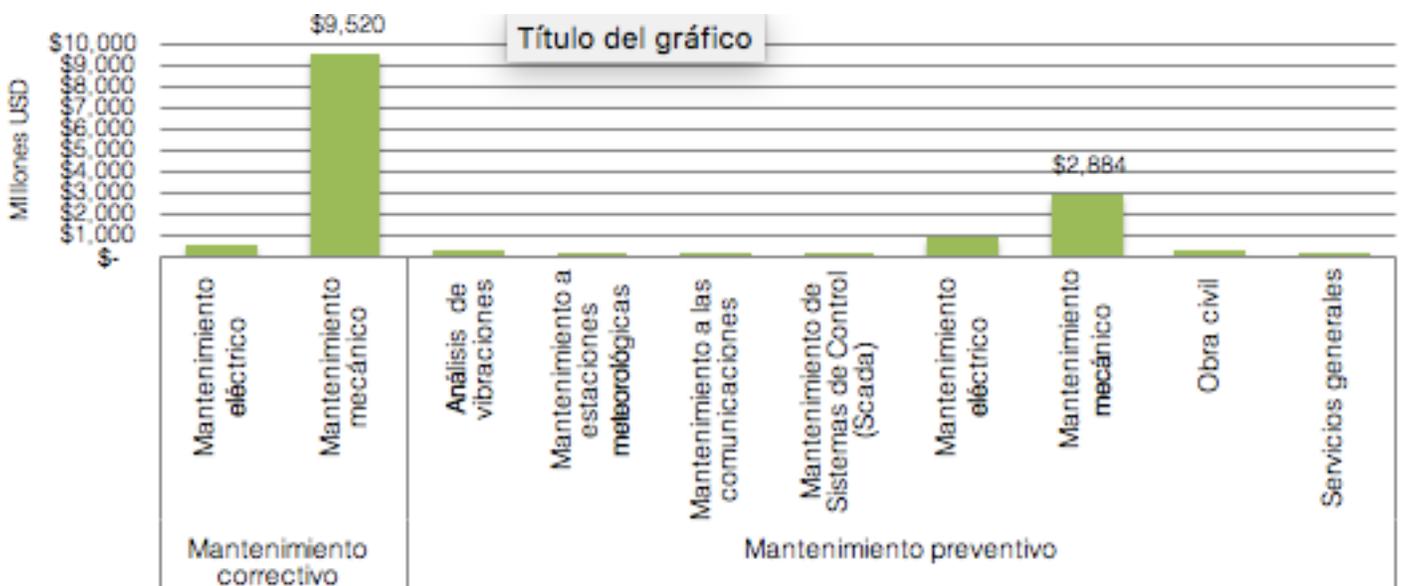
Gráfica I.64. Montos estimados de Inversión por Bien y/o Servicio de la Actividad de Obra Civil de la Fase de Construcción



Dentro de la Actividad de Obra Civil de la Fase de Construcción, los bienes y/o servicios con mayores requerimientos de inversión serían el Concreto para Cimentación con 1,115 MDD lo que representa el 50% de la inversión en la Actividad, y el Acero para Cimentación con 563 MDD que representa el 27% de la Actividad (Gráfica I.64)

En Operación y Mantenimiento se destacan las actividades de **Mantenimiento Mecánico** dentro del Mantenimiento Correctivo requiriéndose una inversión total de 9,520 MDD lo que representa el 26% de la inversión total; y Mantenimiento Mecánico como parte del Proceso de Mantenimiento Preventivo con una inversión estimada del orden de 2,884 MDD, lo que representa el 8% de la inversión total (Gráfica I.65).

Gráfica I.65. Estimación de Inversiones por Actividad de la Fase Operación y Mantenimiento (MUSD)

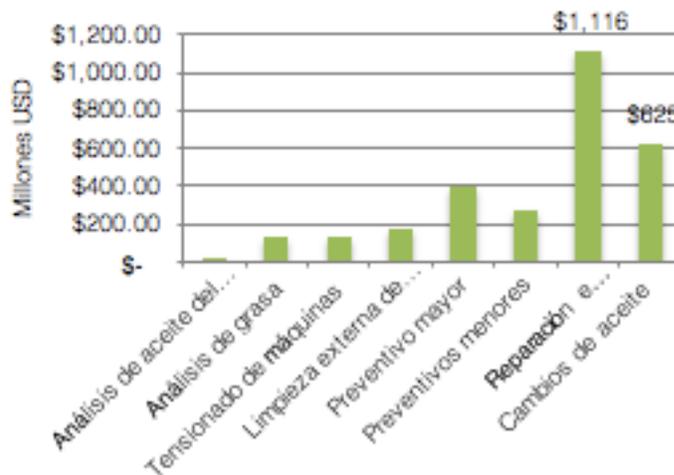


Gráfica I.66. Montos estimados de Inversión por Bien y/o Servicio para la Actividad de Mantenimiento Mecánico de la Fase de Operación y Mantenimiento (USD)

En el Mantenimiento Mecánico - Correctivo, los bienes y/o servicios con mayores requerimientos de inversión son el Cambio de Grandes Componentes (Mano de Obra) con 4,464 MDD lo que representa el 47% de la inversión y Grandes Componentes (Equipos) y Servicio de grúa, ambos con requerimientos estimados por 2,233 MDD respectivamente. (Gráfica I.66)



Gráfica I.67. Montos estimados de Inversión por Bien y/o Servicio para la Actividad de Mantenimiento Mecánico - Preventivo de la Fase de Operación y Mantenimiento (USD)



Para la Actividad de Mantenimiento Mecánico - Preventivo, los bienes y/o servicios con mayores requerimientos de inversión son la Reparación e Inspección de Palas con 1,116 MDD lo que representa el 39% de la inversión, y Cambios de Aceite con 625 MDD que implica el 22% de dicha actividad. (Gráfica I.67)

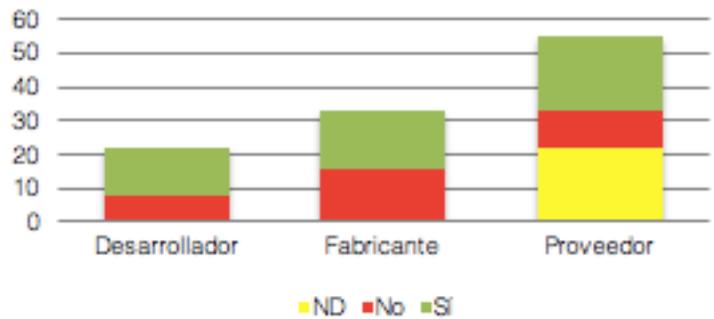
Fuente: Elaboración propia con datos del Estudio Cadena Productiva de Generación Eólica, el Inventario Parques Eólicos México, 2018, AMDEE para los datos 1994 – 2022, y Programa de Desarrollo del Sector Eléctrico Nacional 2017 – 2031 para los datos 2023 – 2031.

Con base en la entrevista aplicada a empresas de la AMDEE, clasificados como Desarrollador, Fabricante y Proveedor, se obtuvieron resultados relativos a los servicios que actualmente subcontratan.

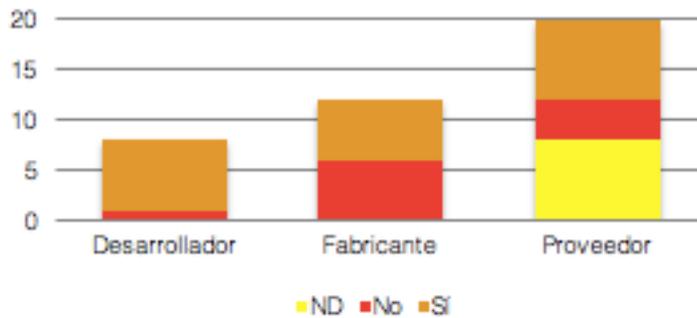
Fase de Ingeniería

Gráfica I.68. Subcontratación en la Fase de Ingeniería

En la Fase de Ingeniería, 48% de los bienes y/o servicios se subcontratan, principalmente por Proveedores. (Gráfica I.68)



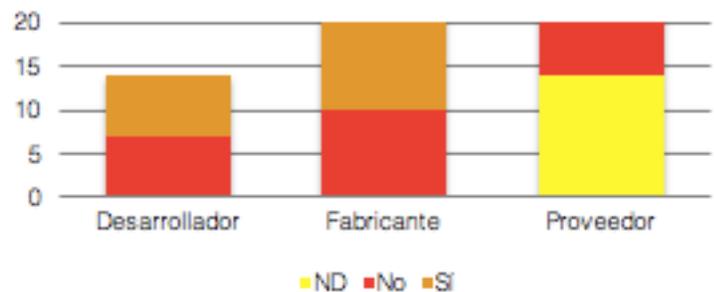
Gráfica I.69. Subcontratación en el Proceso de Ingeniería Básica de la Fase de Ingeniería



En el Proceso de Ingeniería Básica, 53% de los bienes y/o servicios se subcontratan, principalmente la Actividad de Estudio de Mecánica de Suelos. (Gráfica I.69)

Gráfica I.70. Subcontratación en el Proceso de Ingeniería de Detalle de la Fase de Ingeniería

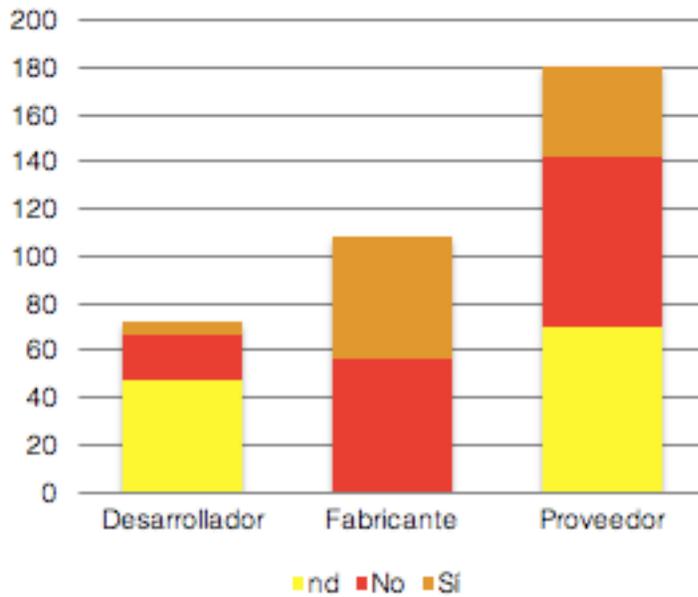
En el Proceso de Ingeniería de Detalle, 46% de los bienes y/o servicios se subcontratan, principalmente las Actividades de Diseño de Caminos, Plataformas, Cimentaciones y Drenajes. (Gráfica I.70)



Fuente: Resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes

Fase de Construcción

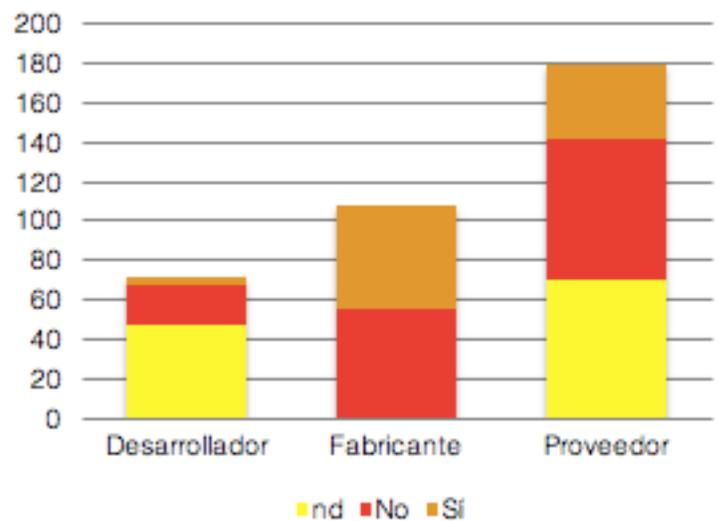
Gráfica I.71. Subcontratación en la Fase de Construcción



En la Fase de Construcción, sólo el 26% de los bienes y/o servicios se subcontratan, principalmente por parte de Fabricantes. (Gráfica I.71)

Gráfica I.72. Subcontratación en el Proceso de Equipos, instrumentos, materiales, tuberías, edificios y estructuras de la Fase de Construcción

En el Proceso de Equipos, instrumentos, materiales, tuberías, edificios y estructuras, sólo subcontrata 26% de los bienes y servicios, principalmente en las Actividades: Obra Civil - Subestación Transformadora, (Trincheras para Cables), y Subestación Punto de Conexión (Calibración de Curvas de Potencia). (Gráfica I.72)

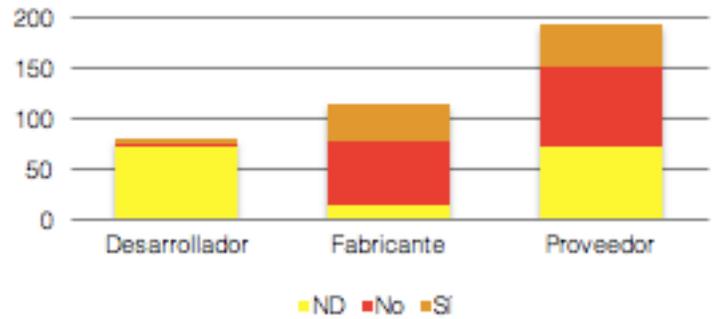


Fuente: Resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

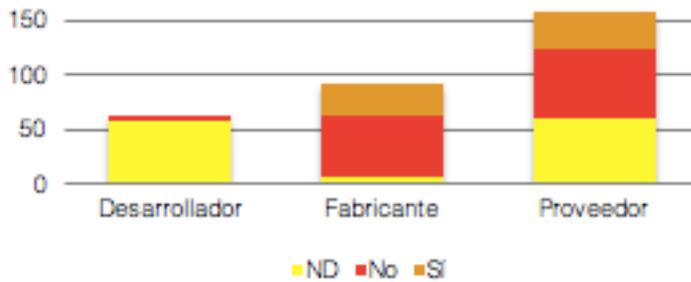
Fase de Operación y Mantenimiento

Gráfica I.73. Subcontratación en la Fase Operación y Mantenimiento

En la Fase de Operación y Mantenimiento, sólo 21% de los bienes y/o servicios requeridos se subcontratan, principalmente por Proveedores. (Gráfica I.73)



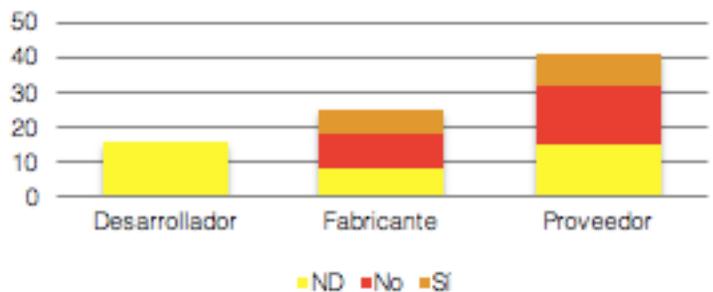
Gráfica I.74. Subcontratación el Proceso de Mantenimiento Correctivo de la Fase de Operación y Mantenimiento



En el Proceso de Mantenimiento Preventivo, sólo 20% de los bienes y/o servicios se subcontratan. (Gráfica I.74)

Gráfica I.75. Subcontratación en el Proceso de Mantenimiento Preventivo de la Fase de Operación y Mantenimiento

En el Proceso de Mantenimiento Correctivo, sólo 20% de los bienes y/o servicios se subcontratan. (Gráfica I.75)

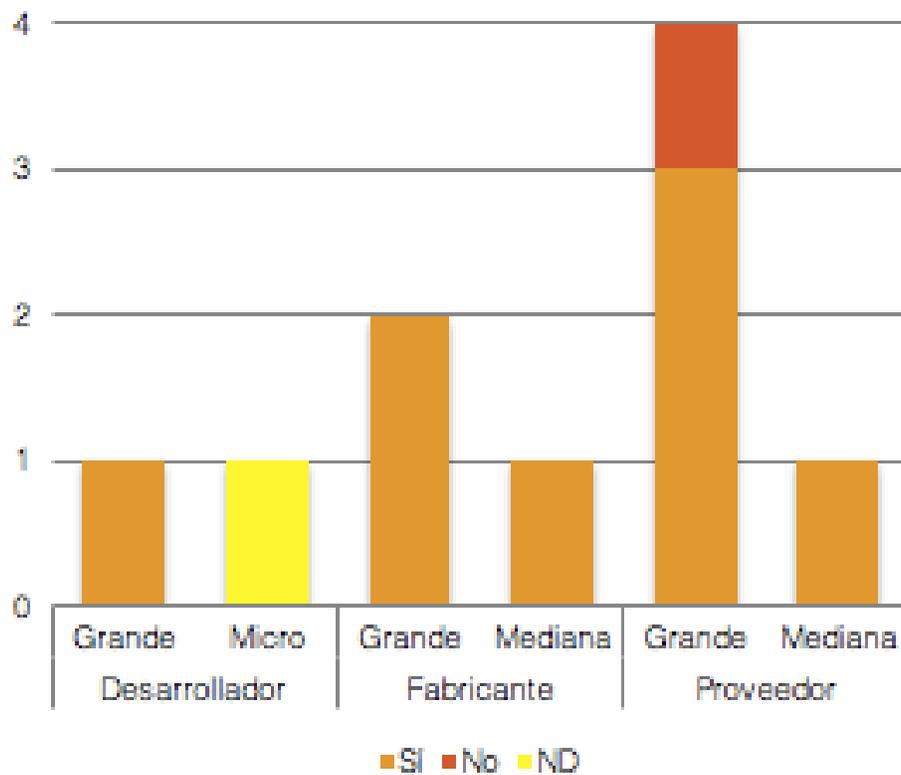


Fuente: Resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Análisis de Políticas de Compras

Con respecto a si las empresas entrevistadas cuentan con políticas de compras para su cadena de proveeduría, 80% respondieron afirmativamente, lo que abre oportunidades para la difusión y transferencia de los condiciones y requerimientos solicitados para la integración de la cadena de valor nacional (Gráfica I.76).

Gráfica I.76 Cuenta con una política de compras para su cadena de proveeduría:



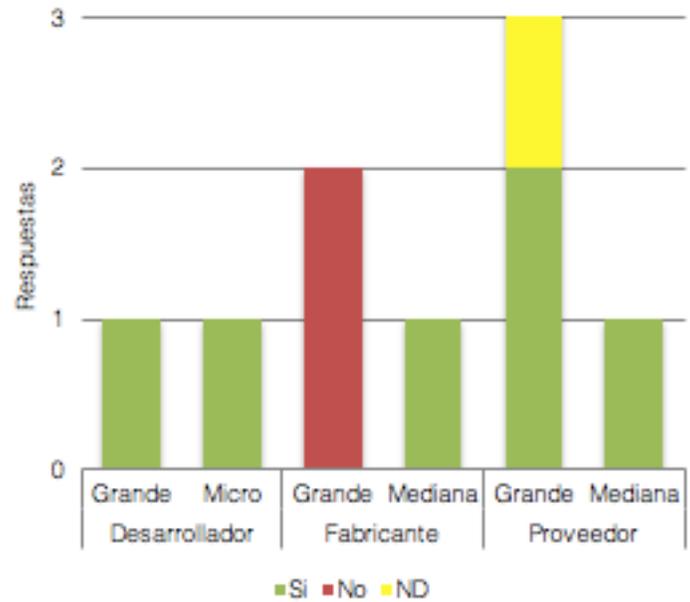
Fuente: Resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Otros Factores Productivos

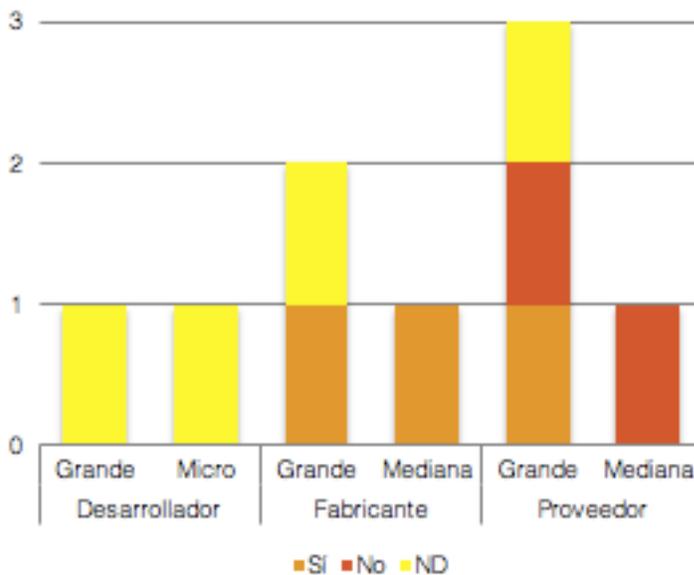
Necesidades de Formación de Recursos Humanos

Gráfica I.77 ¿Está interesado en implementar cursos, talleres, etc.? (n=10)

Con relación a la pregunta si las empresas participantes están interesadas en implementar actividades de formación de recursos humanos, 60% de las empresas señalaron su interés, principalmente por parte de empresas Proveedoras y Desarrolladoras, con un menor interés por las empresas Fabricantes (Gráfica I.77).



Gráfica I.78. Cuenta con algún tipo de certificación para la fabricación de aerogeneradores:

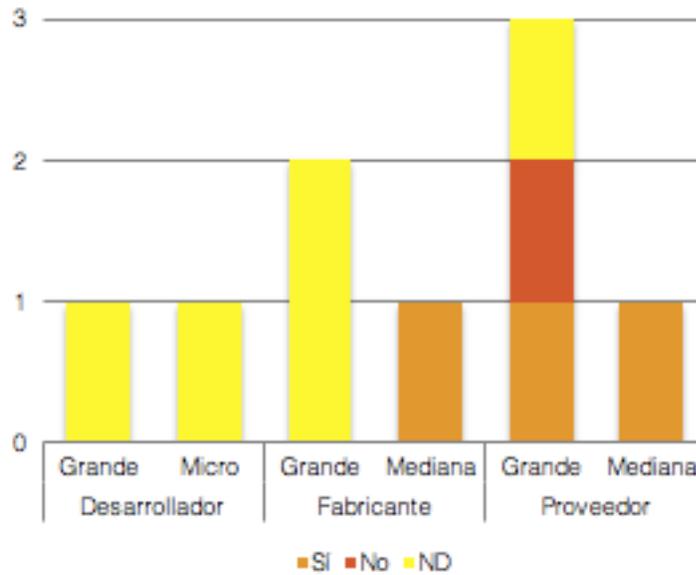


Análisis de Certificación de Procesos

Con respecto a si cuentan con algún tipo de certificación para la fabricación de aerogeneradores, sólo 30% respondieron que si cuentan con algún tipo de certificación, principalmente las empresas Fabricantes, lo que se traduce en oportunidades para la adopción y/o transferencia de estándares para el desarrollo de proveedores que incidan en la integración de la cadena de valor nacional (Gráfica I.78).

Fuente: Resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

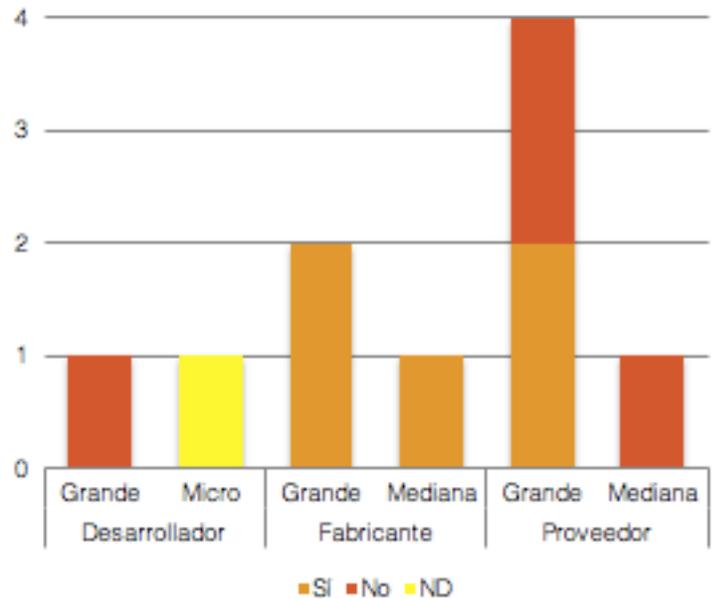
Gráfica I.79. Si desarrollará proveedores nacionales, requiere algún tipo de certificación:



Con respecto a si desarrollará proveedores nacionales, estos requerirían algún tipo de certificación, 30% respondieron que si requieren algún tipo de certificación, principalmente por parte de empresas Proveedoras y Fabricantes, para incidir en la integración de la cadena de valor nacional (Gráfica I.79).

Gráfica I.80 ¿Desarrolla tecnología propia en México?

Con relación a si desarrollan tecnología propia en México, sólo 50% de las empresas entrevistadas mencionaron afirmativamente, lo que puede incidir en mejorar la vinculación empresarial basado en prácticas de transferencia tecnológica para lograr una mayor integración de la cadena de valor nacional y el incremento del grado de contenido nacional (Gráfica I.80).

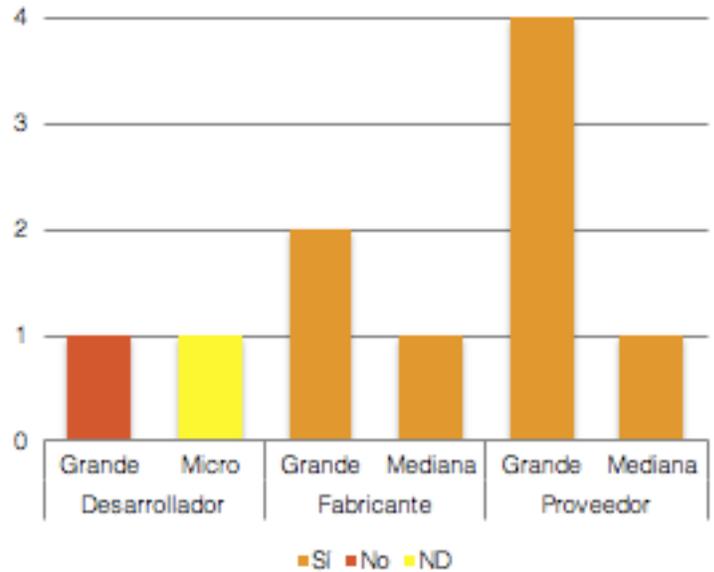


Fuente: Resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

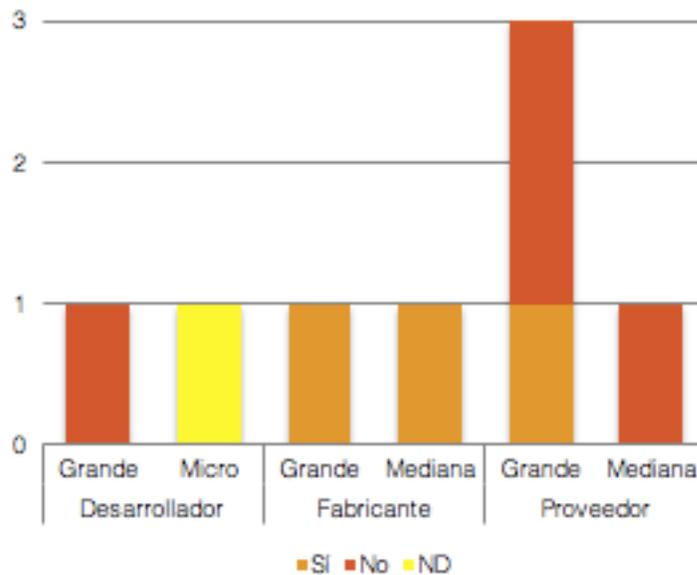
Análisis de Propiedad Intelectual

Con relación a si cuentan con una estrategia propia para la protección de la propiedad intelectual e industrial el 80% de las empresas entrevistadas mencionaron afirmativamente, lo que muestra un madurez en la protección de sus activos intangibles (Gráfica I.81).

Gráfica I.81 ¿Cuenta con una estrategia de protección de la propiedad intelectual e industrial?



Gráfica I.82. Para el desarrollo de proveedores nacionales, podrían compartir su propiedad intelectual:

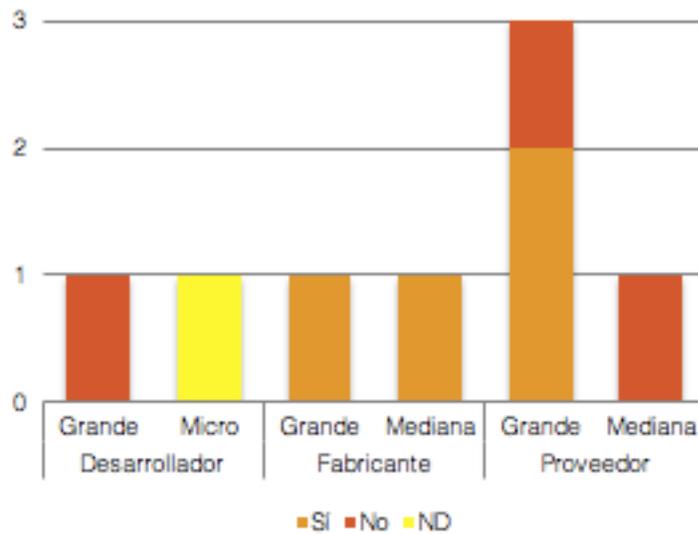


Para el desarrollo de proveedores nacionales, sólo 30% de las empresas mencionaron que tendrían los mecanismos y prácticas para compartir información y propiedad intelectual, (Gráfica I.82).

Fuente: Resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

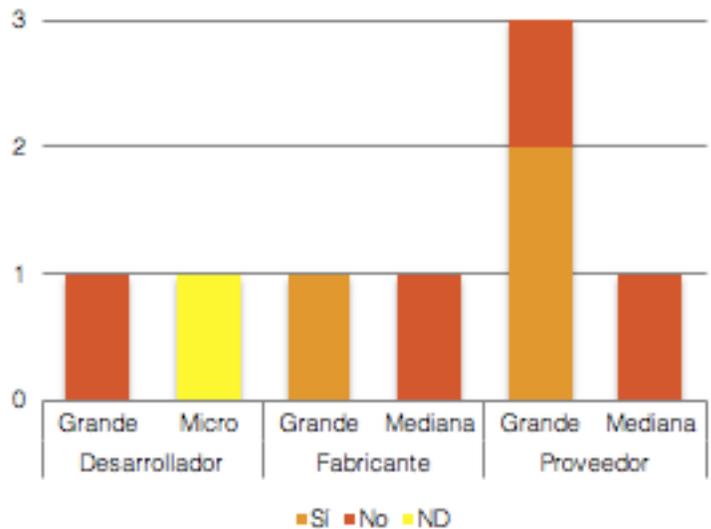
Análisis de Prácticas de Innovación

Gráfica I.83. Actualmente, ¿Está desarrollando algún proyecto de innovación relacionado con algún sistema del aerogenerador?



Respecto a si actualmente están desarrollando algún proyecto de innovación relacionado con algún sistema del aerogenerador, 40% de las empresas entrevistadas mencionaron que sí están desarrollando proyectos de innovación, principalmente empresas Fabricantes y Proveedores (Gráfica I.83).

Gráfica I.84 ¿Cuenta con alguna área específica para actividades de innovación en México?:

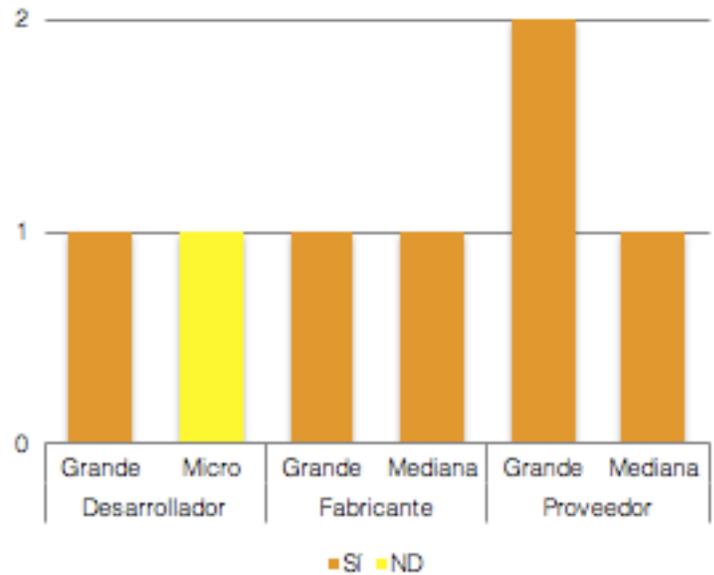


Respecto a si cuentan con alguna área local específica en la que estén desarrollando actividades de innovación localmente, 30% de las empresas entrevistadas mencionaron que si cuentan con áreas de investigación especificaciones, principalmente empresas Proveedores (Gráfica I.84).

Fuente: Resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

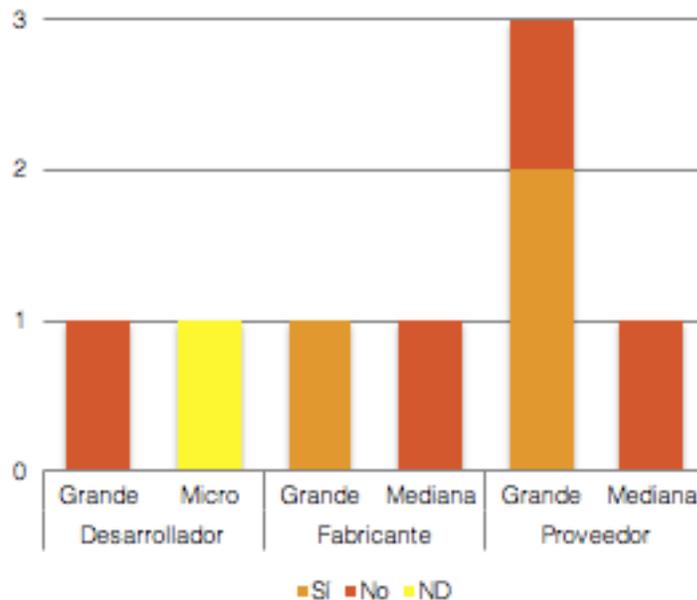
Gráfica I. 85 Estaría interesado en recibir iniciativas innovadoras de proveedores nacionales

Con relación a si las empresas entrevistadas estarían interesadas en recibir iniciativas innovadoras de proveedores nacionales, 60% de las empresas entrevistadas mencionaron positivamente, lo que abre oportunidades para la difusión y transferencia de los condiciones y requerimientos solicitados para la integración de la cadena de valor nacional (Gráfica I.85).



#### Análisis de Vinculación

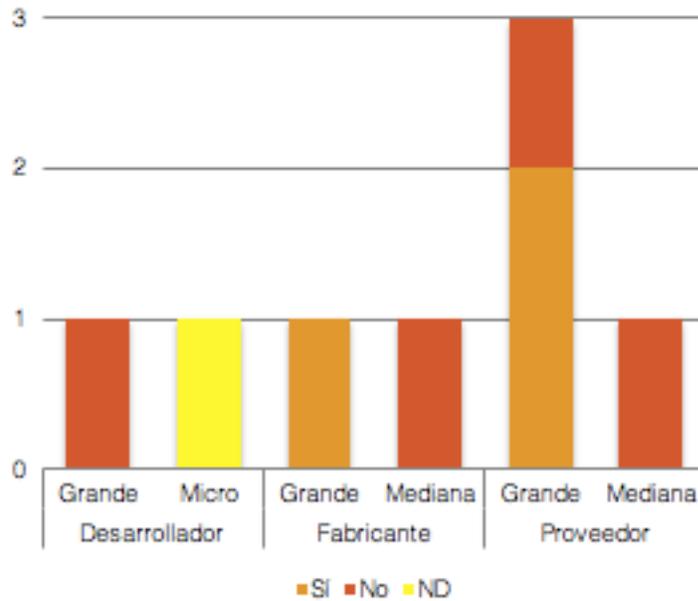
Gráfica I.86 ¿Tiene vinculación con algún Centros de Investigación?



Respecto a si las empresas entrevistadas tienen algún tipo de vinculación con Centros de Investigación, sólo 30% de las empresas entrevistadas mencionaron positivamente, lo que abre oportunidades para la vinculación en proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación que incidan en la integración de la cadena de valor nacional (Gráfica I.86).

Fuente: Resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

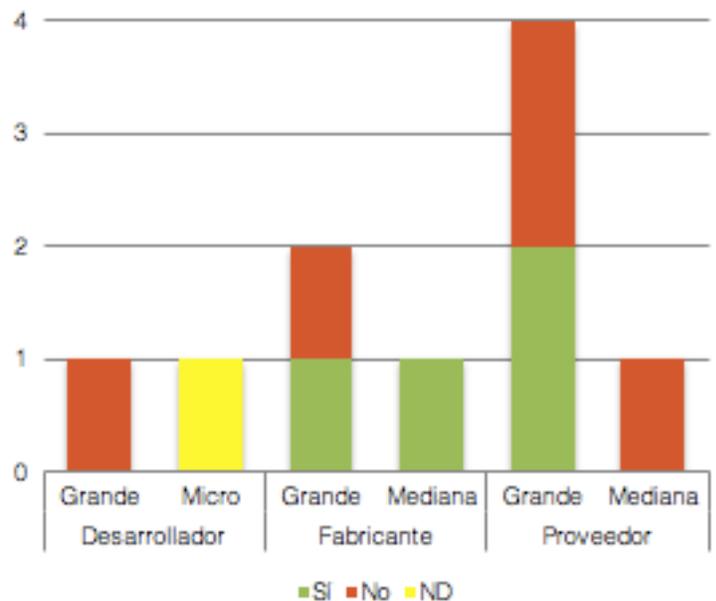
Gráfica I.87 ¿Tiene vinculación con alguna Universidad o Institución Educativa?



Con relación a si las empresas entrevistadas tienen algún tipo de vinculación con Universidades y/o Instituciones Educativas, sólo 30% de las empresas entrevistadas mencionaron positivamente, lo que abre oportunidades para su vinculación en proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, formación y acceso a recursos humanos, que incidan en la integración de la cadena de valor nacional (Gráfica I.87).

#### Análisis de Tendencias Tecnológicas

Gráfica I.88 ¿Conoce tendencias tecnológicas en la fabricación de aerogeneradores?

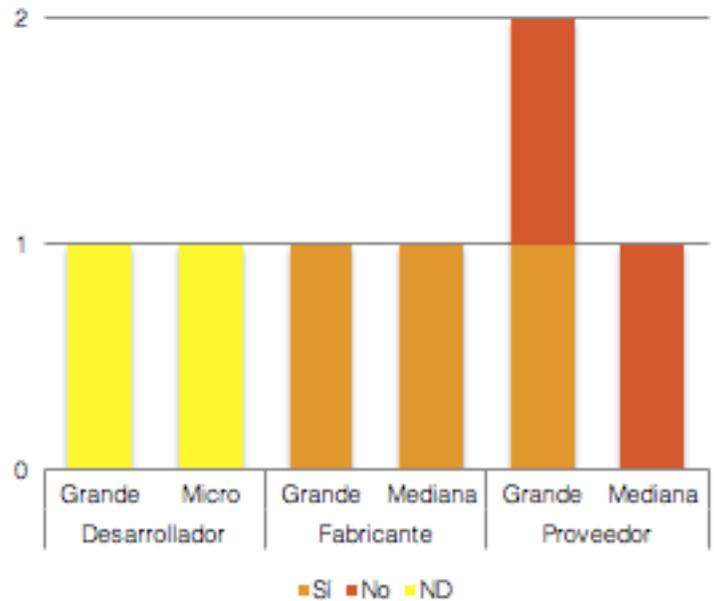


Con respecto a si las empresas entrevistadas conocen las principales tendencias tecnológicas en la fabricación de aerogeneradores, 40% de las empresas entrevistadas mencionaron positivamente, lo que abre oportunidades para su vinculación en proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación que incidan en la integración de la cadena de valor nacional (Gráfica I.88).

Fuente: Resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

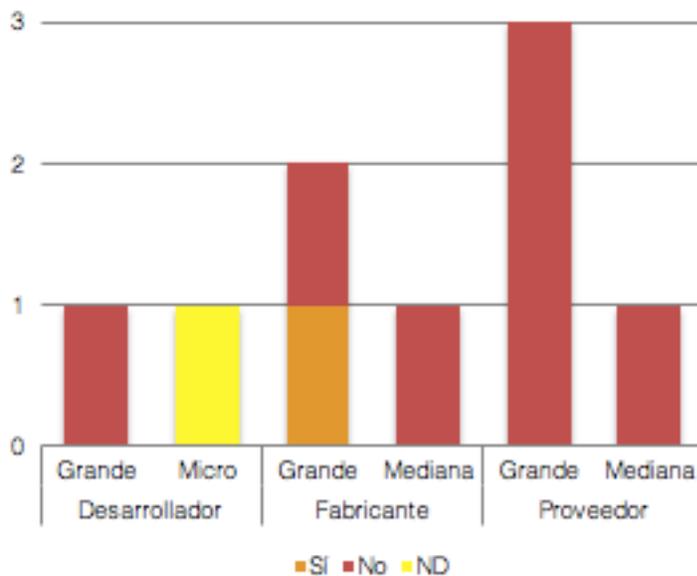
Gráfica I.89 ¿Podrías adaptar o desarrollar estas tecnologías?

Con respecto a la pregunta realizada a las empresas entrevistadas, si podrían adoptar o desarrollar localmente estas tecnologías para la fabricación de aerogeneradores, sólo 30% de las empresas entrevistadas mencionaron positivamente (Gráfica I.89).



### Análisis de Fuentes de Financiamiento

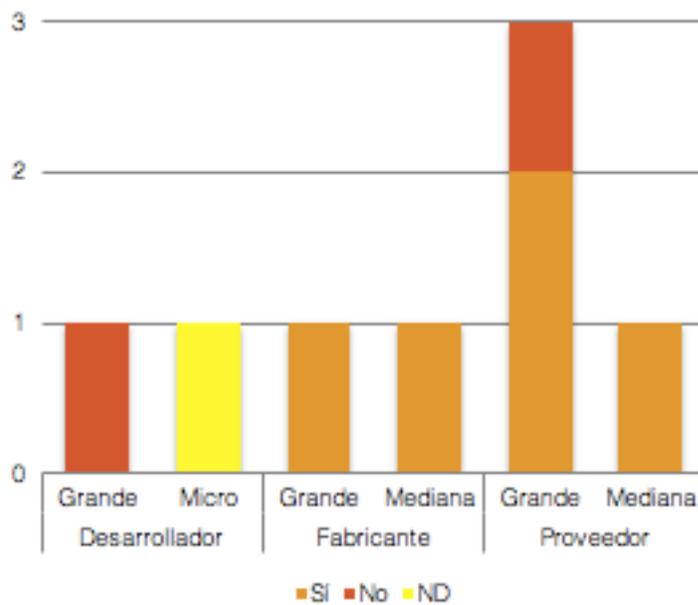
Gráfica I.89 Cuenta con apoyos y/o financiamiento para el desarrollo de proveedores



Con relación a si cuentan con apoyos y/o financiamiento para el desarrollo de proveedores, sólo 10% de las empresas han implementado mecanismos de financiamiento que permitan soportar el desarrollo de proveedores para la e integración de la cadena de valor nacional (Gráfica I.89).

Fuente: Resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Gráfica I.90 Estaría dispuesto a apoyar el desarrollo de proveedores:

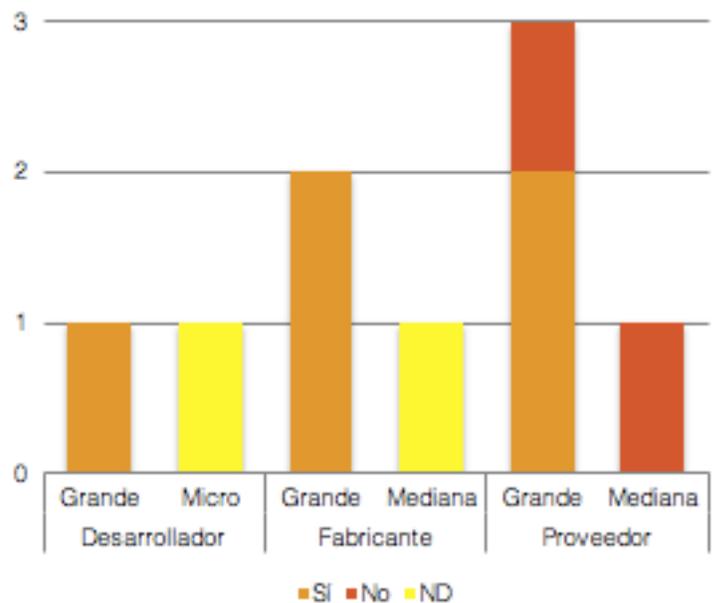


Respecto a si estarían dispuestos a apoyar el desarrollo de proveedores, 40% de las empresas señalaron que si estarían dispuestos a apoyar el desarrollo de proveedores nacionales para la integración de la cadena de valor (Gráfica I.90).

Análisis de Conocimiento de Programas de Apoyo

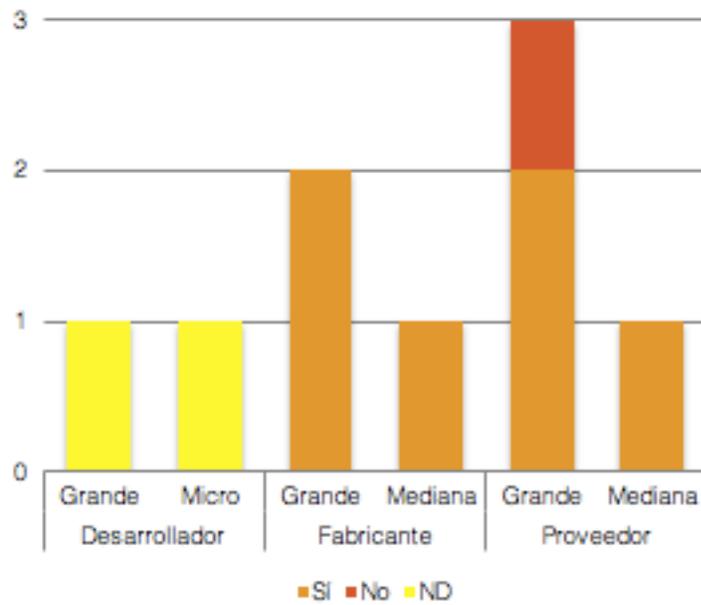
Gráfica I.91. ¿Conoce programas de apoyo gubernamentales?

Con relación a la pregunta si conocen programas de apoyo gubernamentales, 50% de las empresas señalaron que si tienen algún tipo de conocimiento de programas de apoyo gubernamentales lo que pudiera incidir positivamente en la integración de la cadena de valor (Gráfica I.91).



Fuente: Resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

G Gráfica I.92. Estaría dispuesto a solicitar algún tipo de apoyo:



Respecto a si las empresas entrevistadas estarían dispuestas a solicitar algún tipo de apoyo a instancias de programas de apoyo, 60% de las empresas señalaron que si estarían interesadas en solicitar algún tipo de apoyo, que podría soportar ya sea el desarrollo de nuevos productos innovadores, el desarrollo e integración de proveedores, y la mejora en el grado de contenido nacional (Gráfica I.92).

Fuente: Resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.



## **ETAPA 2. ANALISIS**

### CATEGORIZACIÓN DE LA INDUSTRIA

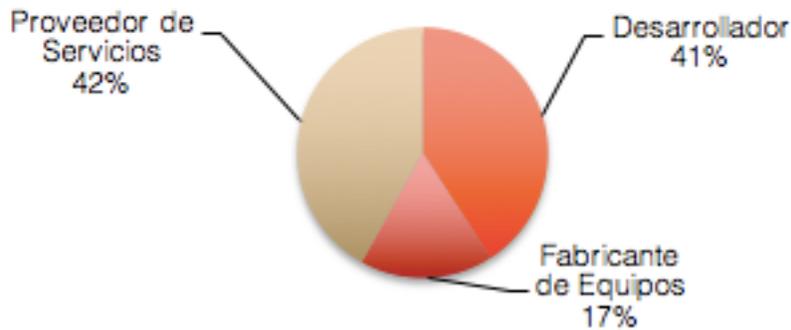
En la presente sección se presenta la estructura del mercado nacional por principal(es) componente(s) de aerogenerador, a fin de contar con una visión clara de la situación actual de la industria fabricante, considerando elementos como: 1) Descripción general por principal(es) componente(s) de aerogenerador, 2) Distribución de empresas fabricantes por estrato (tamaño de empresa), 3) Balance actual del mercado nacional (productos nacionales vs. importación), 5) Participación directa o indirecta en la cadena de proveeduría del sector eólico, y 5) Distribución geográfica de la industria.

#### Situación Actual de la Industria

Conforme a la clasificación de la AMDEE, las empresas asociadas pueden ser Desarrolladoras u Operadores, Fabricantes y Prestadores de Servicios. Las empresas Desarrolladoras son aquellas que principalmente se dedican a la administración de los parques eólicos; las empresas Fabricantes se dedican principalmente a la fabricación industrial de aerogeneradores, y al suministro, montaje y puesta en marcha de los aerogeneradores; y las empresas Prestadoras de Servicios se enfocan principalmente a servicios de operación, mantenimiento de instalaciones y servicios posventa.

Con base en datos de las empresas asociadas a las AMDEE se tiene un total de 93 empresas distribuidas conforme a los siguientes perfiles: 38 empresas operadoras y/o desarrolladoras de parques eólicos lo que representa el 41% del total de empresas asociadas; 16 fabricantes de equipos que implica un 17% de sus representados y 39 proveedores de servicios que representan el 42% de sus asociados (Gráfica II.1).

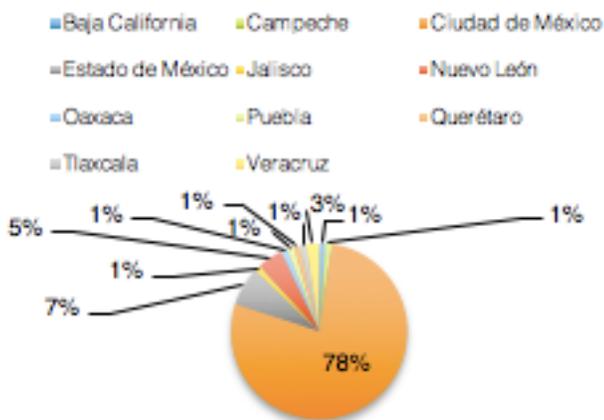
Gráfica II.1. Perfil de Empresas del Sector Eólico asociadas a la AMDEE



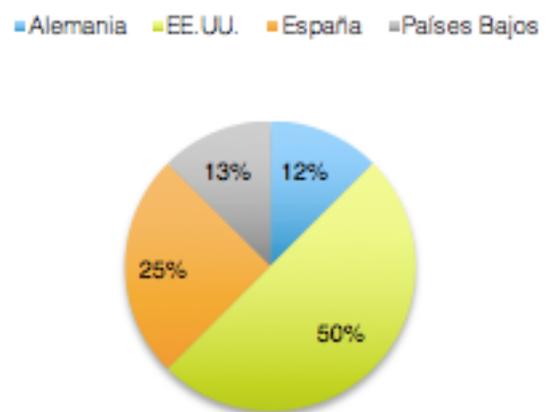
Fuente: Elaboración propia con base en el Directorio de Empresas Asociadas a la AMDEE.

Las empresas asociadas a la AMDEE muestra una alta concentración en la Ciudad de México, 68 empresas tienen su sede principal en la capital, seguido de 6 empresas en el Estado de México y 4 empresas en Nuevo León. Es importante señalar que las empresas no se ubican en aquellas entidades con la mayor concentración actual de parques eólicos como Oaxaca, o en aquellas con potencial de crecimiento como Tamaulipas o Yucatán (Gráfica II.2). Asimismo, se tienen empresas asociadas a la AMDEE que declararon su sede principal en el extranjero, principalmente en países Estados Unidos con 4 empresas, seguido de España con dos empresas (Gráfica II.3).

Gráfica II.2. Número de Empresas asociadas a la AMDEE ubicadas por Entidad Federativa



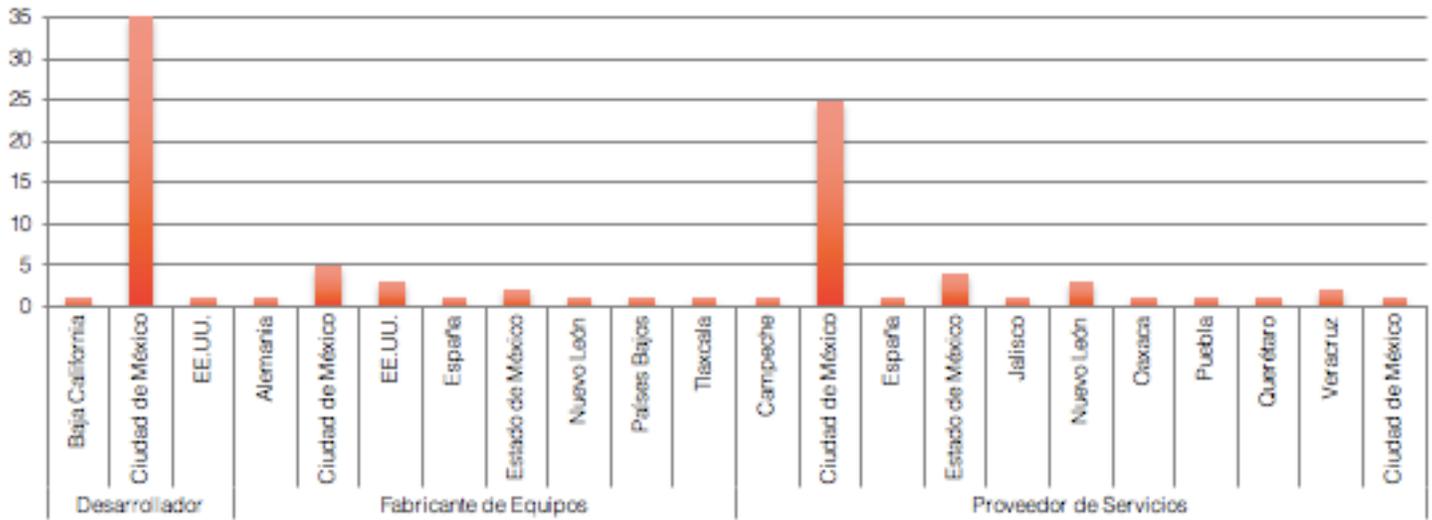
Gráfica II.3. Número de Empresas asociadas a la AMDEE con Sede en el Extranjero



Fuente: Elaboración propia con base en el Directorio de Empresas Asociadas a la AMDEE.

En términos de su ubicación por el perfil, las empresas con su sede principal en el extranjero se dedican principalmente a la fabricación de equipos, y los perfiles de desarrolladores y proveedores de servicios se ubican en la Ciudad de México (Gráfica II.4).

Gráfica XX. Número de Empresas asociadas a la AMDEE por su perfil y ubicación

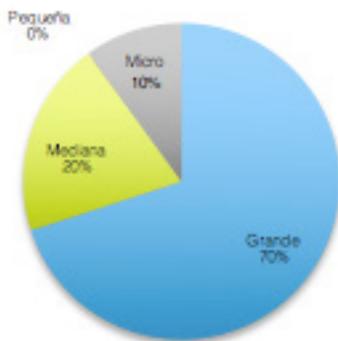


Fuente: Elaboración propia con base en el Directorio de Empresas Asociadas a la AMDEE.

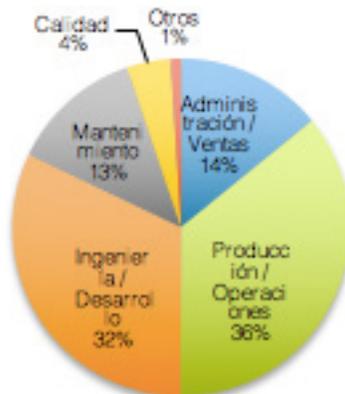
Con relación a las 10 empresas participantes de la AMDEE clasificadas como Desarrollador, Fabricante o Proveedor; participaron 2 empresas desarrolladores, de tamaño grande y micro; 3 empresas fabricantes, dos grandes y una mediana; y 5 empresas proveedores, cuatro grandes y una mediana.

Con base en los resultados de las entrevistas aplicadas a 10 empresas de la AMDD, 67% de las empresas encuestadas se clasifican como empresas grandes conforme a los criterios por número de empleados (superior a los 250 empleos) y 22% son empresas medianas (Gráfica II.5). El 36% de sus empleados se encuentran en áreas de producción y operaciones, y 32% en áreas de ingeniería y desarrollo (Gráfica II.6), y el 51% de los empleados cuenta con estudios a nivel profesional (Gráfica II.7).

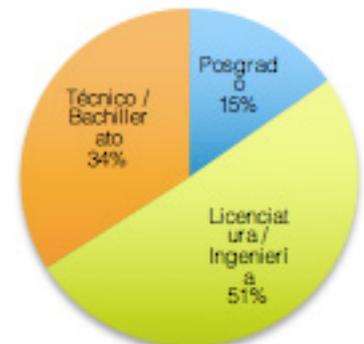
Gráfica II.5. Distribución de Empresas por Número de Empleados (n=9)



Gráfica II.6. Indique el porcentaje de empleos por área (n=9)



Gráfica II.7. Indique el porcentaje por nivel de estudios (n=7)



Fuente: Resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

## CONTENIDO NACIONAL

### Análisis del Contenido Nacional

Recientemente ha renacido en México un impulso por fortalecer el mercado interno mediante acciones que incrementen el Contenido Nacional en los productos que se obtienen de distintas ramas de la economía. Lo anterior, se traduce en una dinámica económica en donde el país tiende a enfocarse en el desarrollo de bienes y servicios, en los mercados domésticos y en la generación de oportunidades de inversión. Desde la aprobación de la Reforma Energética, el 20 de diciembre de 2013, particularmente en el sector de exploración y producción (E&P) de hidrocarburos, se han emitido reglas que dan preferencia a bienes, servicios, mano de obra, capacitación e infraestructura, de origen nacional, con fundamento en el Artículo Séptimo Transitorio del Decreto de Modificación Constitucional, y en la publicación, de agosto 2014, de la LH y la Ley de la Industria Eléctrica (LIE), así como de otras leyes secundarias.

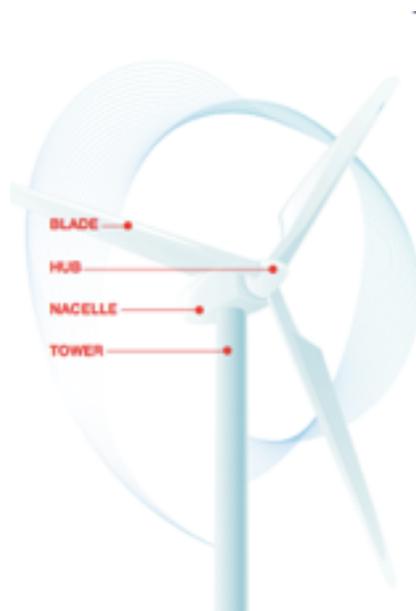
Para el caso del Contenido Nacional en la industria eléctrica, la LIE establece en su Título II “De la Industria Eléctrica”, Capítulo IX “Del Fomento de la Industria Nacional”, artículo 91, que la Secretaría de Economía será la responsable de establecer la metodología para medir el grado de Contenido Nacional correspondiente a la industria eléctrica, y llevará a cabo su verificación contando con el apoyo de autoridades del sector o de un tercero. En el segundo párrafo del citado artículo se establece la obligación, para las empresas que participan en la industria eléctrica, de reportar a la SE sobre el grado de cumplimiento de Contenido Nacional en las actividades que realicen, de acuerdo con los lineamientos que se establezcan. Las empresas sujetas a esta obligación son aquellas que lleven a cabo contratos, asignaciones y permisos de las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica.

La SE es la responsable de establecer la metodología de medición de Contenido Nacional y no considera alternativas regulatorias distintas al establecimiento de una metodología de medición de Contenido Nacional para cumplir la regulación establecida en la LIE, y 2) La SE evalúa como no viables los esquemas de autorregulación, derivado de las distintas definiciones que pueden existir entre sujetos obligados y si no fuera posible para la SE medir sobre bases similares. Tampoco considera viable el esquema voluntario de cumplimiento de porcentaje de Contenido Nacional derivado del riesgo, de no contar con información suficiente. Es importante señalar, que para el sector eléctrico está por emitirse la metodología de cálculo. Para efectos del presente estudio, se realizó el despiece de los tres principales componentes del aerogenerador: 1) Góndola (Nacelle), 2) Torre y 3) Aspas, estableciendo el monto y porcentaje de costos, y obtenido el porcentaje de importación, para obtener una aproximación del contenido nacional por principales componentes y subcomponentes del aerogenerador.

### Despiece del Aerogenerador por Principales Componentes

A nivel internacional, diversos estudios dividen al aerogenerador en tres componentes principales: 1) Torre (Tower), 2) Góndola (Nacelle) y 3) Aspas (Blades). La Torre suelen ser tubulares de acero de 80 a 100 metros (alrededor de 260 a 330 pies) de altura. La Góndola (Nacelle) contiene los principales componentes del aerogenerador como el controlador, caja de cambios, generador, ejes, entre otros componentes. La Aspas son generalmente de 30 a 50 metros (100 a 165 pies) de largo (Imagen II.13).

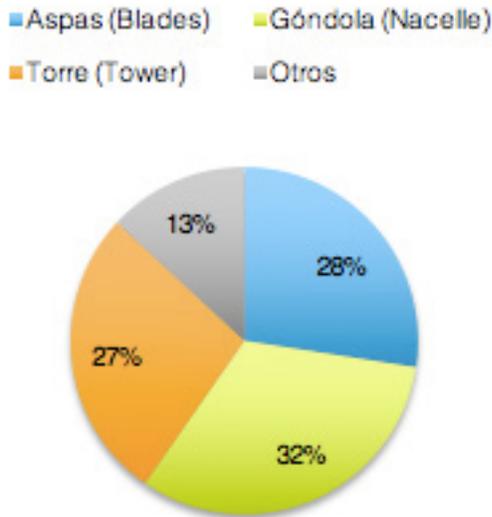
Imagen II.13 Despiece por Principales Componentes del Aerogenerador



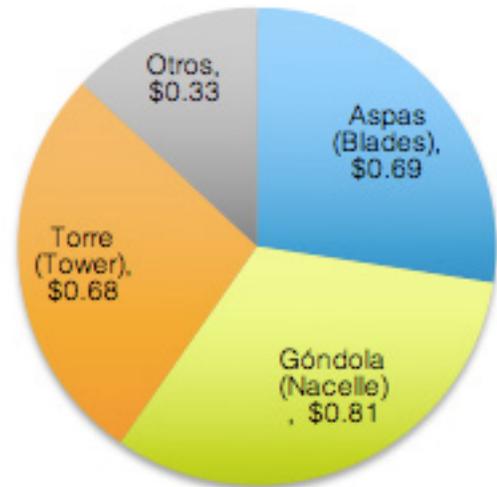
Fuente: Imagen tomada del Estudio Wind Energy Industry Manufacturing Supplier Handbook, 2011.

Con base en diversos estudios como Wind Energy Industry Manufacturing Supplier Handbook y U.S. Wind Turbine Manufacturing: Federal Support for an Emerging Industry, la estructura de costos de tres principales componentes del aerogenerador. En términos generales, la Góndola (Nacelle) implica el 32% del costo total del aerogenerador, siendo el componente que representa el mayor costo, seguido de las Aspas (Blades) con un 28% respecto del costo total, y la Torre (Tower) con un 27%, finalmente Otros componentes, implican una aportación del 13% del aerogenerador (Gráfica II.14). Con base en las estimaciones de crecimiento de la industria eólica de la AMDEE, donde se calculó un costo de \$2.51 Millones de Dólares Americanos (MUSD), la Góndola tendría un costo aproximado de \$0.81 MUSD, las Aspas de \$0.69, y la Torre \$0.68 MUSD (Gráfica II.15).

Gráfica II.14. Porcentaje de Costos del Aerogenerador



Gráfica II.15. Estimación de Costos del Aerogenerador (MUSD)



Fuente: Elaboración propia con base en el Estudio Wind Energy Industry Manufacturing Supplier Handbook, 2011, y U.S. Wind Turbine Manufacturing: Federal Support for an Emerging Industry, 2011.

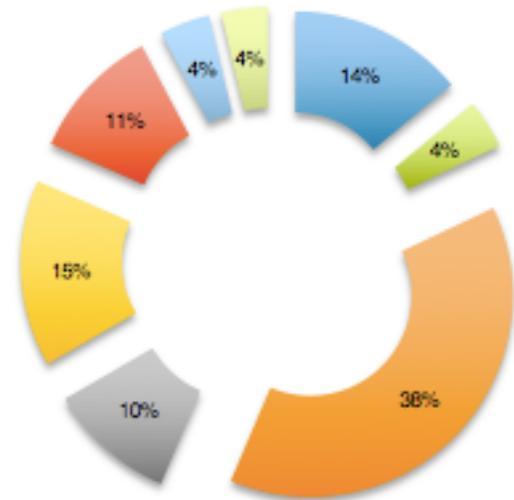
Contenido Nacional del Sistema de Góndola

Gráfica II.16. Porcentaje Costos del Componente Góndola

Con relación a la estructura de la Góndola (Nacelle), se conforma por 8 principales subcomponentes: Eje principal (Main Shaft), Sistema de frenos (Brake System), Caja de Cambios (Gearbox), Generador (Generator), Convertidor de potencia (Power Converter), Transformador principal (Main Transformer), Carcasa Góndola (Nacelle Housing) y el Sistema de Orientación (Yaw System).

Confome a diversos estudios, la Caja de Cambios (Gearbox) representa el 12.9% del costo total, seguido del Power Converter (Convertidor de potencia) con 5%, y del Main Shaft (Eje principal) con 4.7% respecto al costo total del sistema (Gráfica II.16)

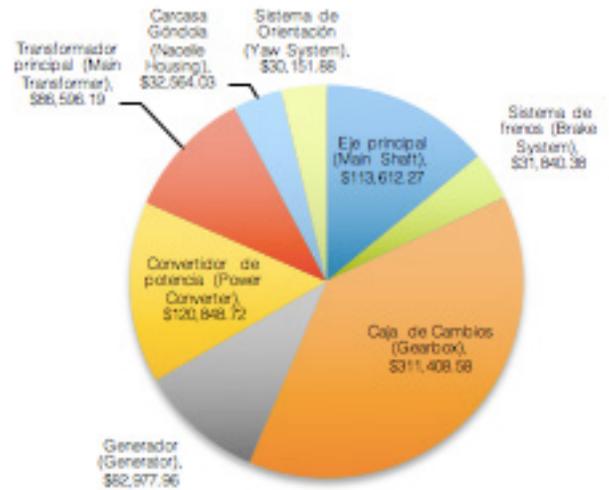
- Main Shaft (Eje principal)
- Brake System (Sistema de frenos)
- Caja de Cambios (Gearbox)
- Generador (Generator)
- Power Converter (Convertidor de potencia)
- Main Transformer (Transformador principal)
- Carcasa Góndola (Nacelle Housing)
- Sistema de Orientación (Yaw System)



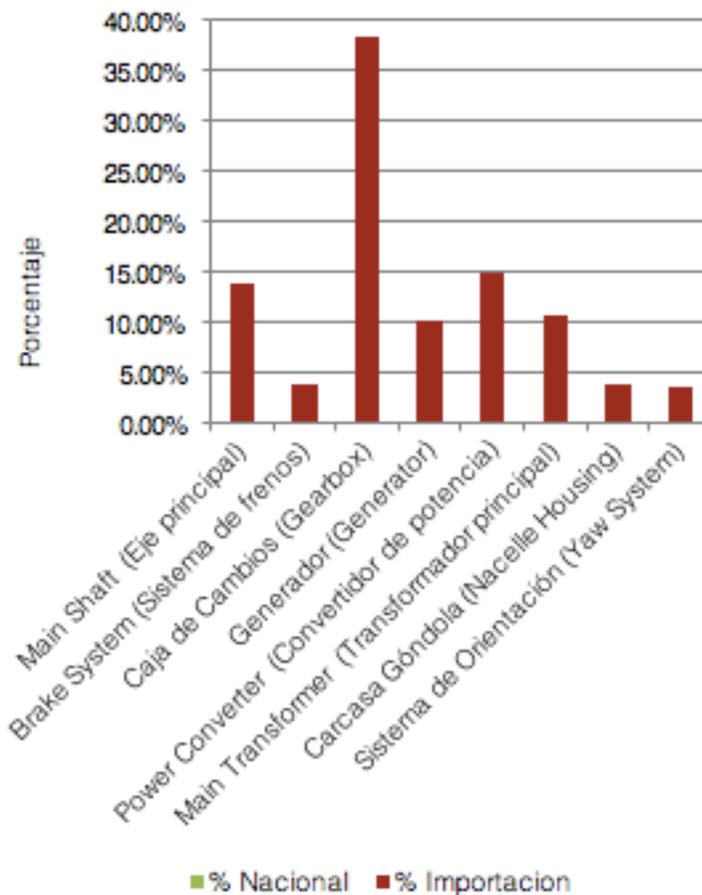
Fuente: Elaboración propia con base en el Estudio Wind Energy Industry Manufacturing Supplier Handbook, 2011, y U.S. Wind Turbine Manufacturing: Federal Support for an Emerging Industry, 2011.

Gráfica II.17 Estimación del costo por principales subcomponentes de la Góndola (USD)

Con respecto a la estimación de los costos por principales subcomponentes de la Góndola, la Caja de Cambios (Gearbox) tendría un costo estimado del orden de 311 mil dólares, y el Convertidor de Potencia con 120 mil dólares americanos, respectivamente (Gráfica II.17).



Gráfica II.18 Contenido Nacional en Sistema de Góndola

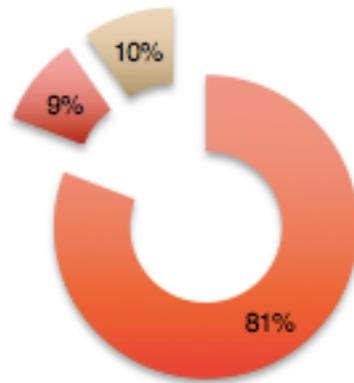


Conforme a los resultados obtenidos por parte de las empresas encuestadas, la totalidad de los subcomponentes se importan, por lo que se tendría un contenido nacional de 0% (Gráfica II.18). Es importante señalar que en México existen empresas con capacidades para la fabricación de determinados subsistemas de la Góndola (Nacelle), principalmente en términos de subcomponentes eléctricos como el Generador (Generator), Power Converter (Convertidor de potencia), y Main Transformer (Transformador principal).

Contenido Nacional del Sistema de Aspas

Gráfica II.20. Porcentaje Costos de Aspas

- Aspas (Blades)
- Rotor (Rotor Hub with Pitch System)
- Sistema de Inclinación (Pitch System)

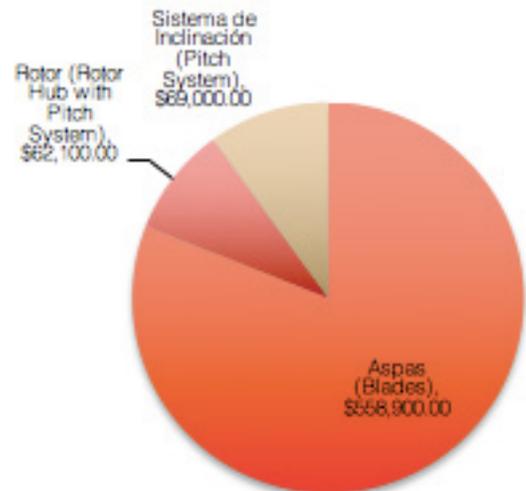


Con relación a la estructura de las Aspas (Blades), se identificaron 3 principales subcomponentes: Aspas (Blades), Rotor (Rotor Hub with Pitch System) y el Sistema de Inclinación (Pitch System).

El subcomponente de las Aspas (Blades) representan el 81% respecto a la estructura total de costos, seguido del Sistema de Inclinación (Pitch System) con un 10%, y el Rotor (Rotor Hub with Pitch System) con un 9% del costo total del sistema de Aspas (Gráfica II.20).

Gráfica II.21. Estimación del costo por principales subcomponente de Aspas (USD)

La estimación de los costos por principales subcomponentes de las Aspas, indica que las Aspas tendrían un costo aproximado de 558 mil dólares americanos y el Sistema de Inclinación (Pitch System) del orden de 69 mil dólares americanos (Gráfica II.21).

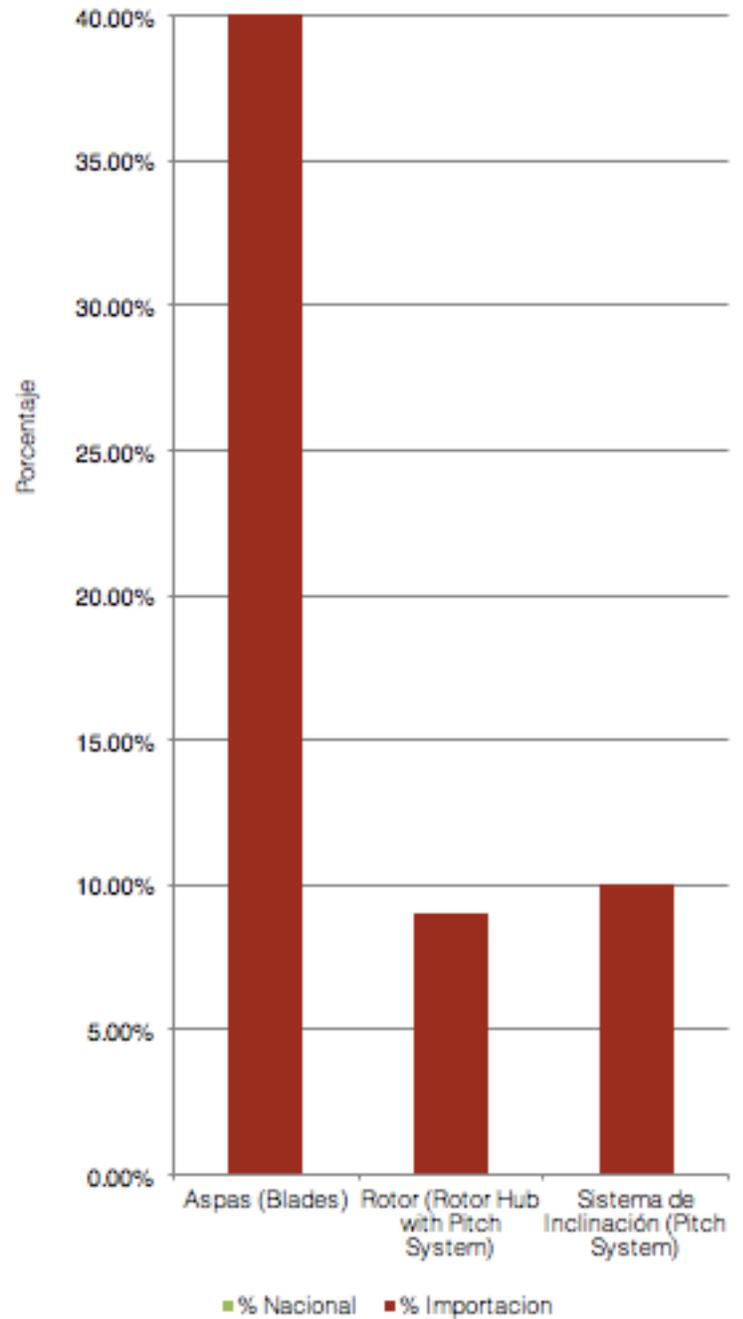


Fuente: Elaboración propia con base en el Estudio Wind Energy Industry Manufacturing Supplier Handbook, 2011, y U.S. Wind Turbine Manufacturing: Federal Support for an Emerging Industry, 2011.

Gráfica II.22. Contenido Nacional en Sistema de Aspas (n=3)

Los resultados obtenidos por parte de las empresas participantes, en términos del Contenido Nacional del sistema de Aspas, se obtuvo un contenido nacional de 0%, toda vez que los tres principales subcomponentes se importan en su totalidad (Gráfica II.22).

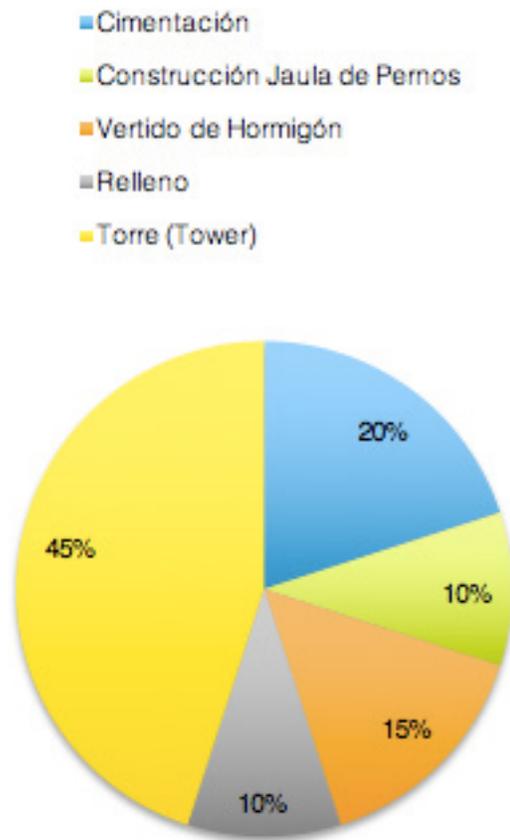
Es importante señalar que en México, se empiezan a localizar empresas dedicadas a la fabricación de Aspas, lo que permitiría incrementar el grado de contenido nacional en el corto plazo.



Fuente: Elaboración propia con base en el Estudio Wind Energy Industry Manufacturing Supplier Handbook, 2011, y U.S. Wind Turbine Manufacturing: Federal Support for an Emerging Industry, 2011.

Contenido Nacional del Sistema de Torre

Gráfica II.23. Estructura de Costos del Sistema de Torre del Aerogenerador (n=2)



La Torre está conformada por diversos subcomponentes que implican el desarrollo de obra civil para el anclaje de las torres como cimentación, construcción de jaula de pernos, vertido de hormigón y relleno, subcomponentes que están en función de las características de la torre, la superficie del parque eólico y la capacidad de generación en MW.

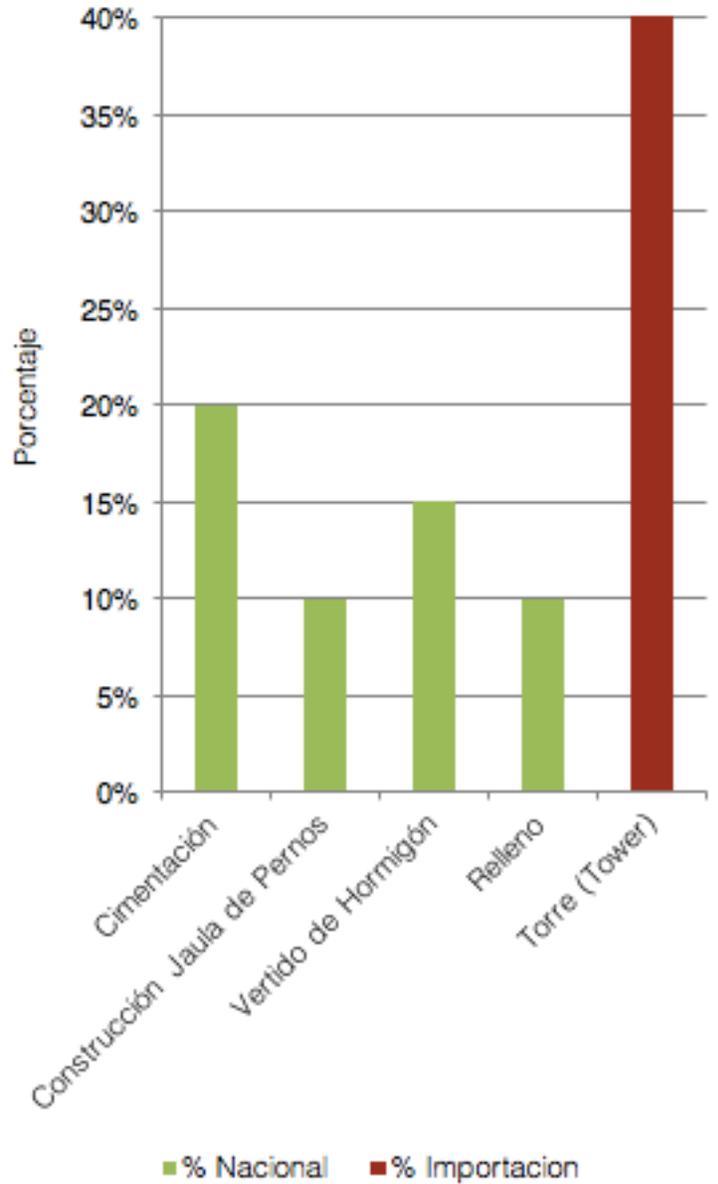
La Torre como unidad representa aproximadamente el 45% del costo total, seguida de la cimentación (20%) y vertido de hormigón (10%) (Gráfica II.23).

Fuente:: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes

Gráfica II.24. Contenido Nacional en Sistema de Torre

Conforme a los resultados obtenidos por parte de las empresas encuestadas, en términos del Contenido Nacional, se obtuvo que determinados componentes del sistema de Torre, se pueden proveer nacionalmente, principalmente los relacionados con la obra civil (Gráfica II.24).

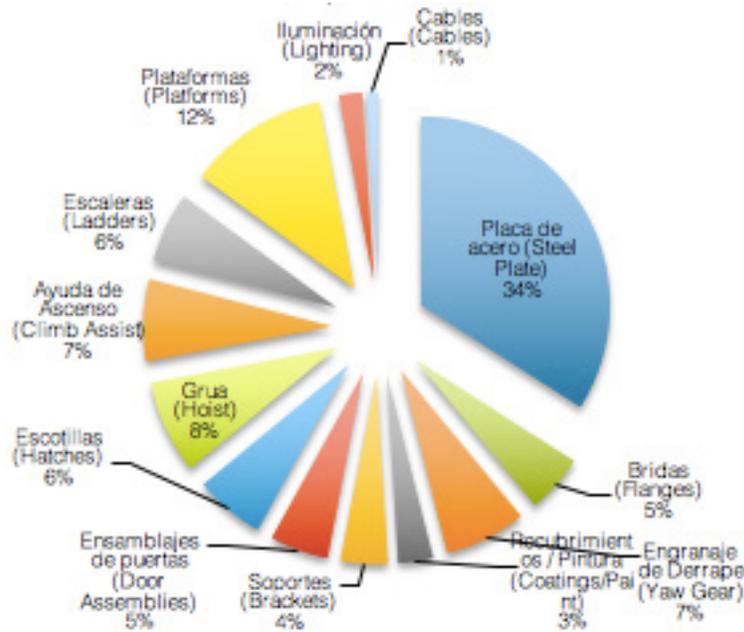
En este sentido, existirían oportunidades de proveeduría nacional para el desarrollo de la obra civil relacionada con la cimentación, la construcción de la jaula de pernos, el vertido de hormigón y el relleno. En términos de la Torre, se obtuvo un contenido nacional de 0%, toda vez que el total de los subcomponentes se importan en su totalidad (Gráfica II.24).



Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes, y el Estudio Wind Energy Industry Manufacturing Supplier Handbook, 2011, y U.S. Wind Turbine Manufacturing: Federal Support for an Emerging Industry, 2011.

Contenido Nacional de la Torre

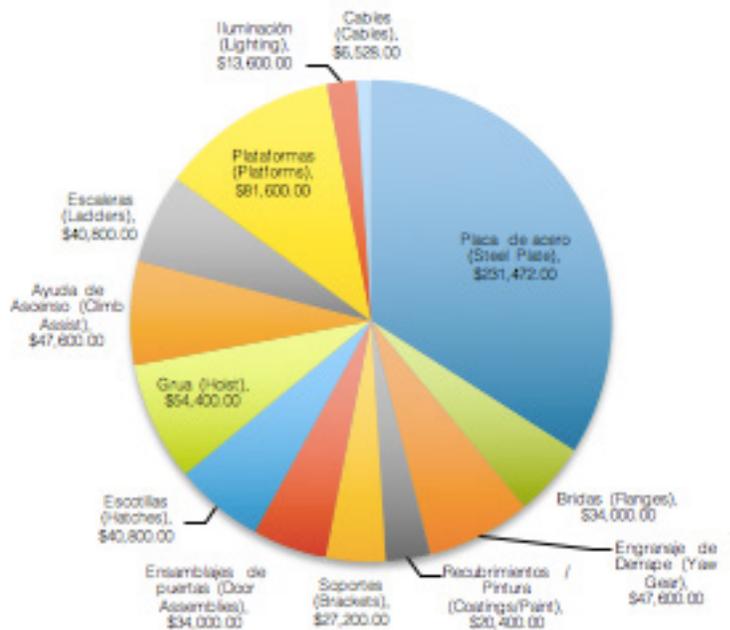
Gráfica II.26. Gráfica X. Porcentaje de Costos del Componente Torre



La Torre del aerogenerador, esta conformada por diversos subcomponentes como Placa de acero (Steel Plate), Bridas (Flanges), Engranaje de Derrape (Yaw Gear), Recubrimientos / Pintura (Coatings/Paint), Soportes (Brackets), Ensamblajes de puertas (Door Assemblies), Escotillas (Hatches), Grúa (Hoist), Ayuda de Ascenso (Climb Assist), Escaleras (Ladders), Plataforma (Platforms), Iluminación (Lighting) y Cables (Cables) (Gráfica II.26).

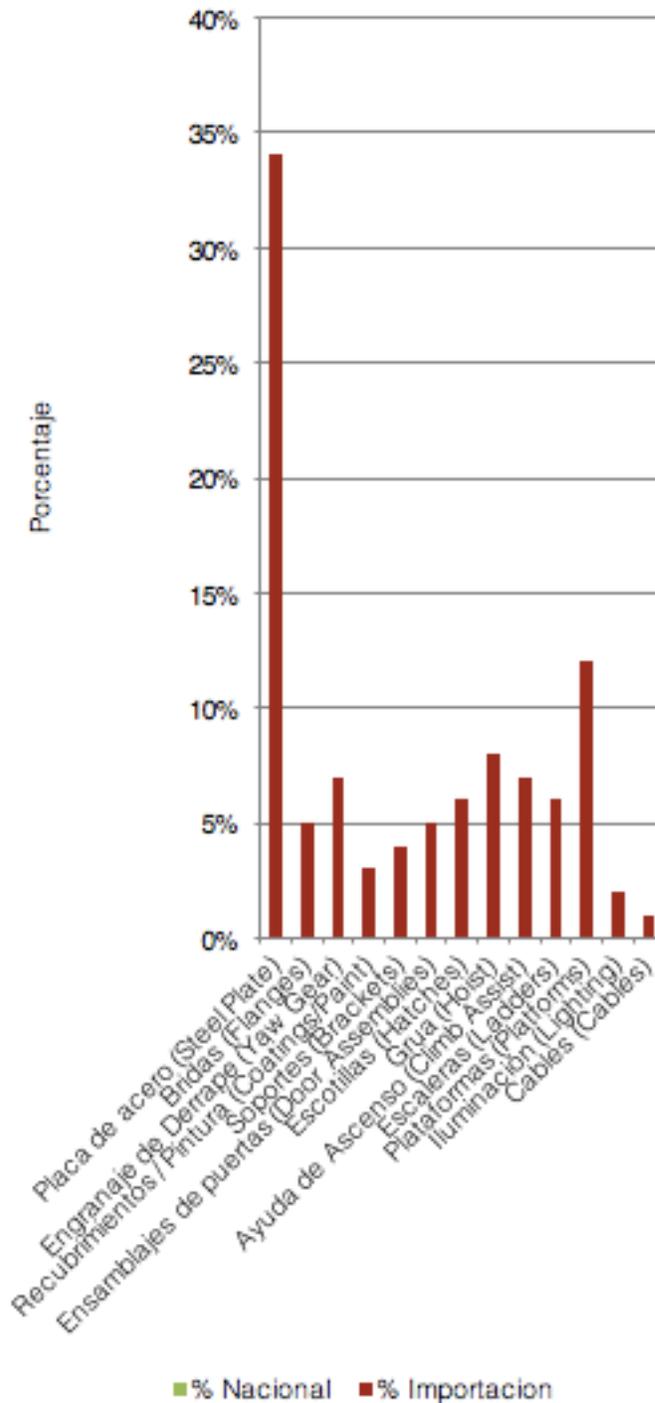
Gráfica II.27. Estimación del costo por principales subcomponentes de la Torre (USD)

La estimación de los costos por principales subcomponentes de la Torre, indica que las Placas de Acero, que conforman la estructura muestra el mayor costo con 231 mil dólares americanos, seguida de la Plataforma con 81 mil dólares americanos (Gráfica II.27).



Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes

Gráfica II.28. Contenido Nacional de la Torre del Aerogenerador (n=3)



Conforme a los resultados obtenidos por parte de las empresas encuestadas, en términos del Contenido Nacional, se obtuvo un contenido nacional de 0, toda vez que el total de los componentes de la Torre se importan en su totalidad (Gráfica II.28).

En este sentido, existirían oportunidades de proveeduría nacional para el desarrollo de determinados componentes de la Torre.

Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes, y el Estudio Wind Energy Industry Manufacturing Supplier Handbook, 2011, y U.S. Wind Turbine Manufacturing: Federal Support for an Emerging Industry, 2011.

ANÁLISIS DE BRECHA

Capacidad de la Industria Nacional

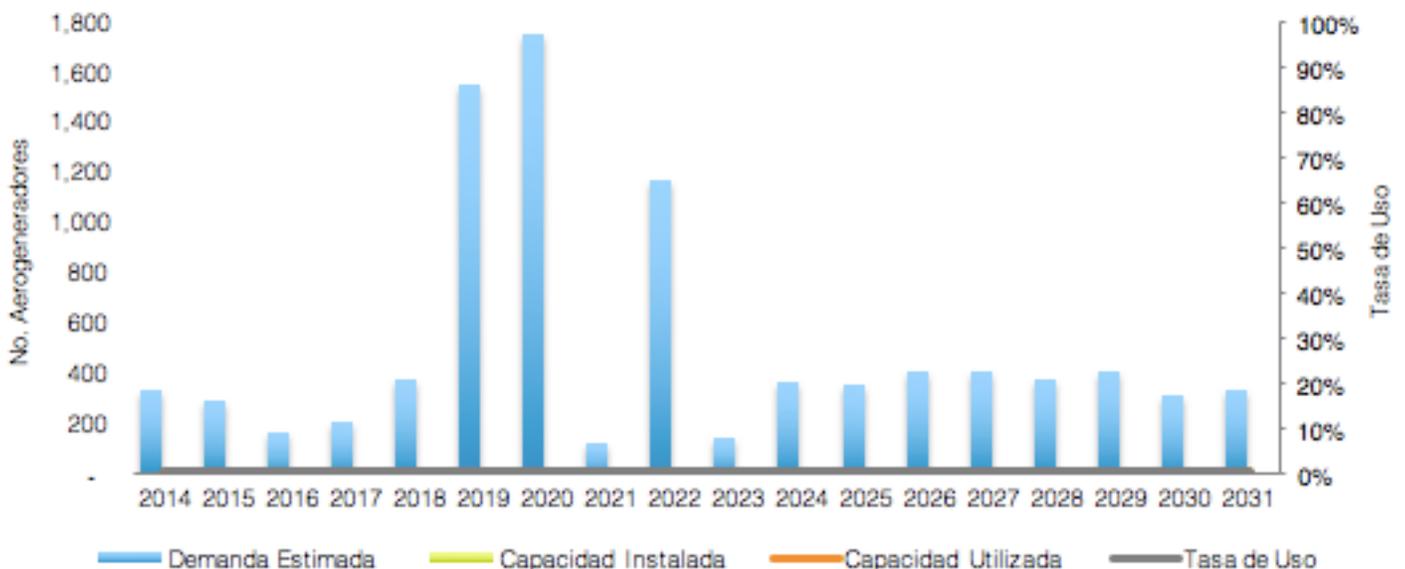
En la presente sección se muestra la demanda histórica de 2014 a 2018, y la demanda estimada en el periodo 2019 – 2031 conforme a las necesidades de aerogeneradores por la industria eólica contra la capacidad instalada, utilizada y la tasa de uso.

Como se ha comentado en secciones anteriores, actualmente nuestro país no cuenta fabricación de aerogeneradores. A medida que la capacidad de energía eólica en México ha crecido en los últimos años, los diversos fabricantes de equipos de turbinas extranjeras y nacionales no han localizado operaciones en las diferentes regiones de nuestro país, por lo que la industria eólica mexicana es altamente dependiente de importaciones.

Es importante señalar, que con base en los datos de comercio exterior, la industria eólica tiene balanzas comerciales deficitarias. Si bien en los últimos años se han localizado empresas con capacidades de fabricación de determinados componentes como aspas (TPI Composites) y Torres (Trinity), así como de algunos subcomponentes eléctricos de la Góndola (Potencia Industrial), la industria nacional no cuenta con la capacidad fabricación completa de aerogeneradores.

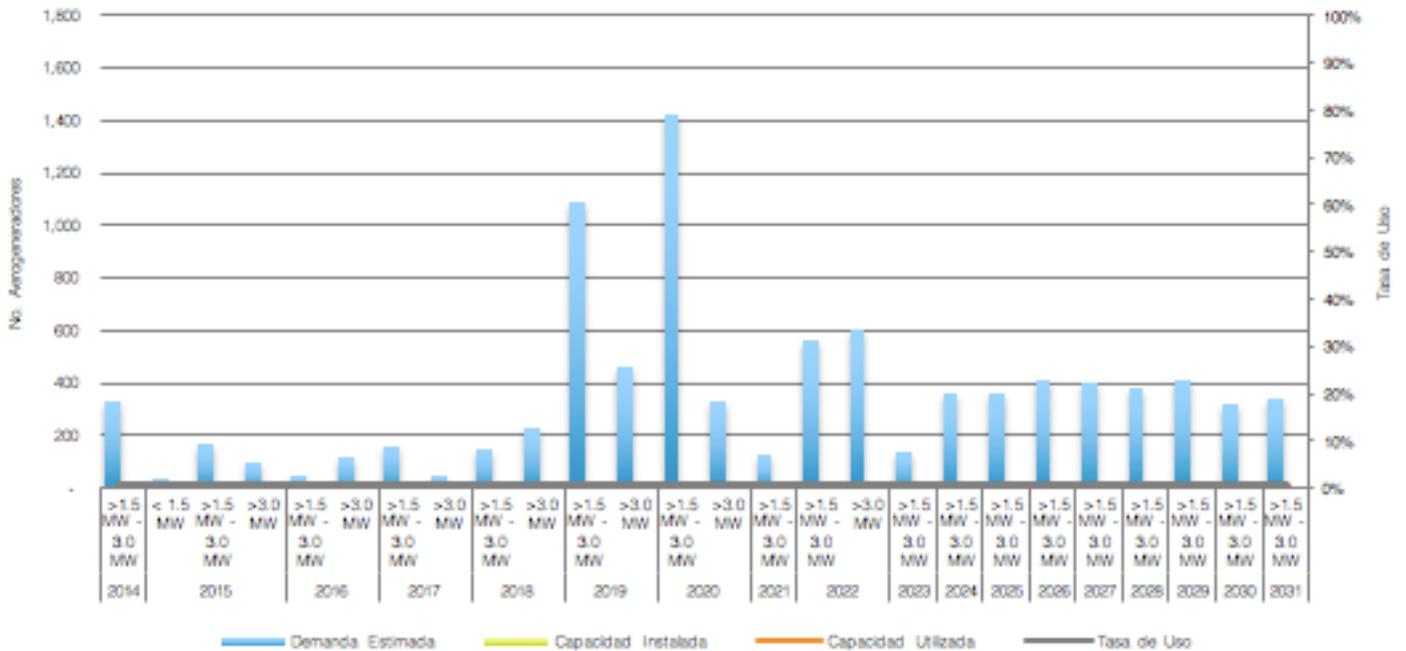
En este sentido, al demanda estimada en el periodo 2019 – 2031, muestra que la industria nacional eólica, no cuenta con la capacidad instalada para atender la demanda estimada de crecimiento en aerogeneradores (Gráfica II.29) y por capacidad estimada de generación en MW (Gráfica II.30).

Gráfica II.29. Demanda Estimada contra la Capacidad Instalada y Utilizada en Aerogeneradores de Fabricación Nacional



Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes

Gráfica II.30. Demanda Estimada contra la Capacidad Instalada y Utilizada en Aerogeneradores de Fabricación Nacional



Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

En términos del destino de la fabricación de aerogeneradores, el análisis muestra que la industria nacional eólica no tiene la capacidad de producción, para atender las necesidades de crecimiento del mercado interno y capacidades de exportación de aerogeneradores, o sus componentes y/o subcomponentes a mercados internacionales como Estados Unidos de América, que represente el segundo país generador de energía eólica mundial y a determinados países de la Región LATAM. (Gráfica II.31).

Gráfica II.31. Destino de la Fabricación de Aerogeneradores



Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

## ANÁLISIS DE LA CADENA DE PRODUCCIÓN

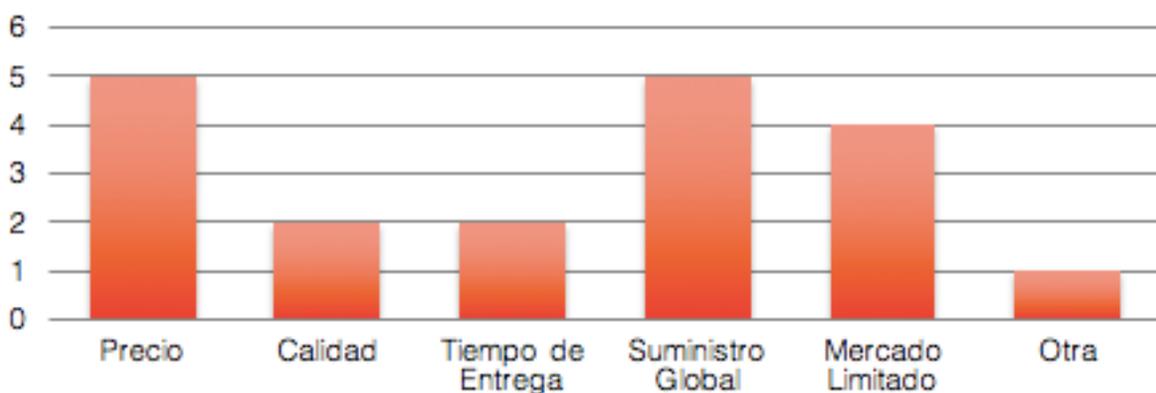
### Factores que Impactan la Fabricación Nacional

Para el análisis y posterior identificación de los retos y oportunidades, en la presente sección se analizan los principales factores que impactan en la fabricación de aerogeneradores y por principal(es) componente(s), considerando el origen de los insumos, calidad, costos, así como otros que incidan en la fabricación del producto final, que permitan incrementar el Contenido Nacional. De esta manera, se busca identificar las problemáticas comunes más representativas del grupo de empresas fabricantes o proveedoras por principal(es) componente(s) de aerogenerador.

### Motivos de Importación de Góndola

La Góndola está conformada por 8 subcomponentes principales, mismos que se integran dentro de Carcasa Góndola (Nacelle Housing). Dentro de los principales motivos para la importación de la Góndola, se destacan la integración de cadenas de suministro globales, donde los principales fabricantes han desarrollado fábricas distribuidas a nivel mundial donde se atiende la demanda estimada en las diferentes regiones (China, Estados Unidos), generando economías de escala con un impacto importante en términos de los precios de comercialización (Gráfica II.32).

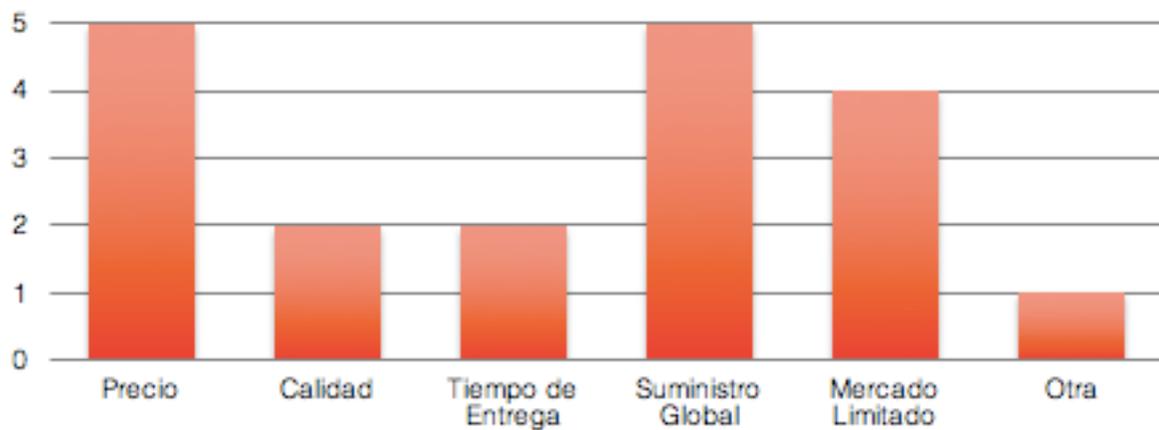
Gráfica II.32. Motivos de Importación del Componente de Góndola (n=5)



Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

En términos del componente de Aspas se conforma por 3 subcomponentes principales. Dentro de los principales motivos para su importación, también se destaca la alta integración de cadenas de suministro globales y los precios finales de comercialización. Es importante señalar que en Matamoros, Tamaulipas se instaló la empresa TPI Composites, quien es uno de los fabricantes líderes a nivel internacional de Aspas para el mercado eólico internacional, principalmente para atender la demanda de componentes en el estado de Texas, así como de las diferentes regiones de Estados Unidos (Gráfica II.33).

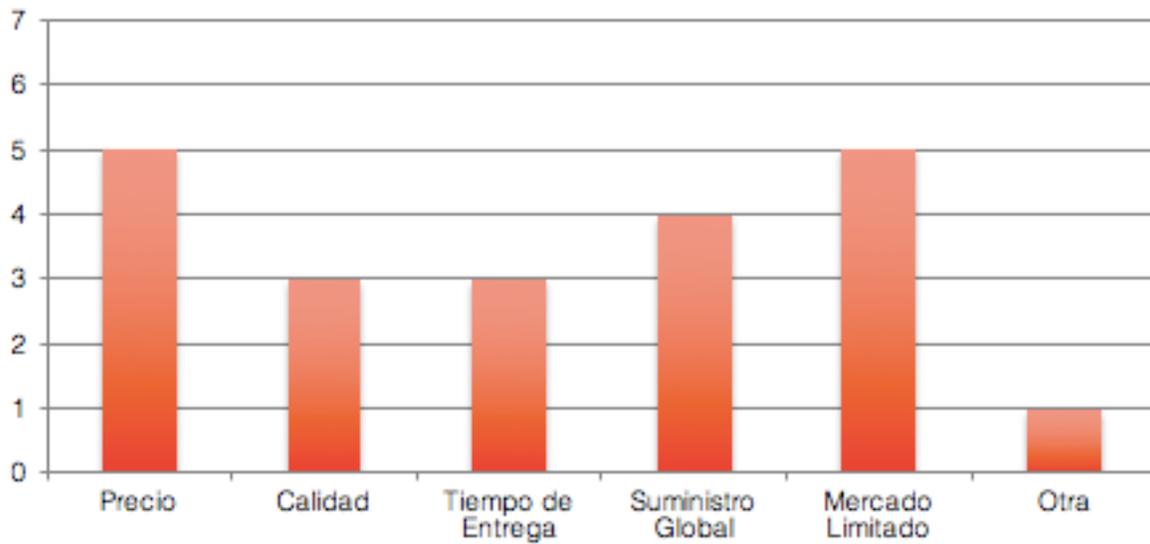
Gráfica II.33 Motivos de Importación del Componente de Aspas (n=5)



Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Con relación al componente de la Torre, esta se conforma por 13 subcomponentes principales. Dentro de los principales motivos para su importación, también se destaca la alta integración de cadenas de suministro globales y los precios de comercialización. Asimismo, se destaca el mercado limitado en términos de la demanda estimada lo que tiene un impacto directo en las decisiones de inversión en nuestro país (Gráfica II.34).

Gráfica II.34 Motivos de Importación del Sistema de Torre de Aerogeneradores



Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

### Encadenamientos Productivos

Respecto de los encadenamientos productivos involucrados en la fabricación por principal(es) componente(s) de aerogenerador, es importante que la industria nacional tienen capacidades limitadas en términos de proveeduría por principales componentes (Góndola, Aspas y Torre), así como en la fabricación de determinados subcomponentes principales.

La relación entre los principales fabricantes ubicados en nuestro país, y que actualmente se encuentran desarrollando proyectos de parques eólicos, importando la mayoría de los aerogeneradores requeridos, con los proveedores a lo largo de la cadena de valor sigue siendo incipiente, derivadas de problemáticas asociadas que se reflejan en una baja integración. No obstante lo anterior, existen áreas de oportunidad para mejorar la interacción entre otros fabricantes por principal(es) componente(s) de aerogenerador, y determinados subcomponentes.

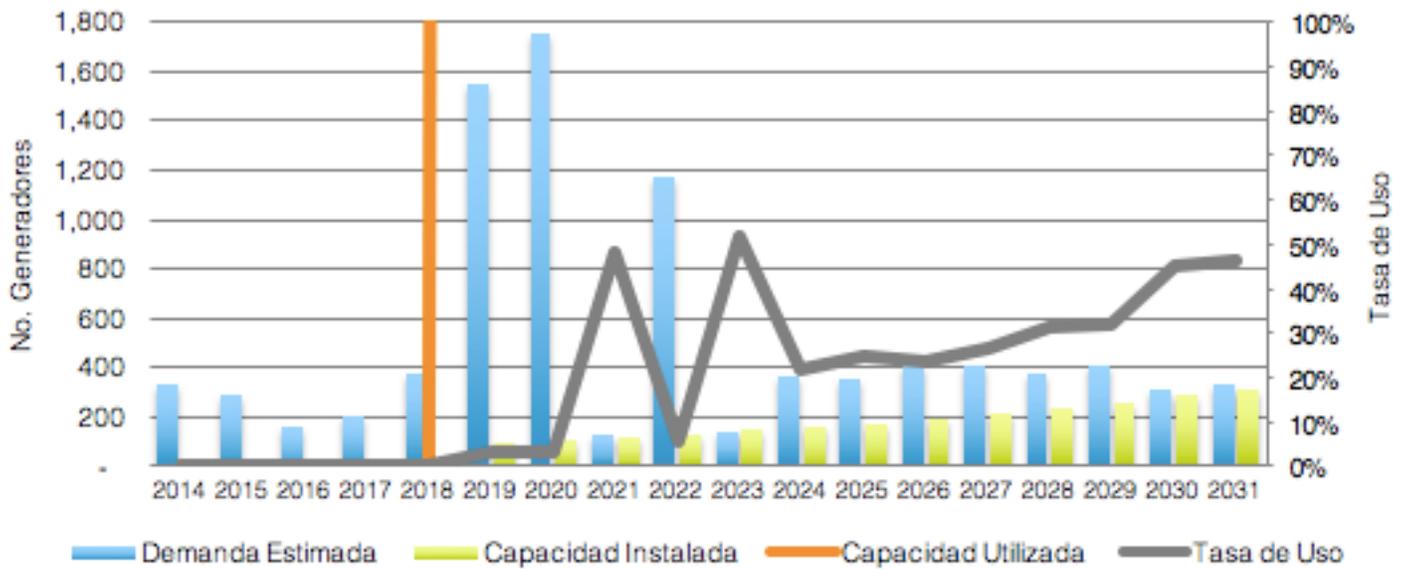
Oportunidades de Fabricación Nacional

Subcomponentes de Góndola

Generador (Generator)

En México, existen oportunidades de proveeduría para el subcomponente Generador, mismo que forma parte de la Góndola. La siguiente gráfica muestra la demanda estimada en el número de Generadores en el periodo 2019 – 2031. México tendría la capacidad de atender la demanda del Generador (Gráfica II.35).

Gráfica II.35. Análisis de Brecha entre la Demanda Estimada contra la Estimación de la Capacidad Instalada y Utilizada en Generadores de Fabricación Nacional

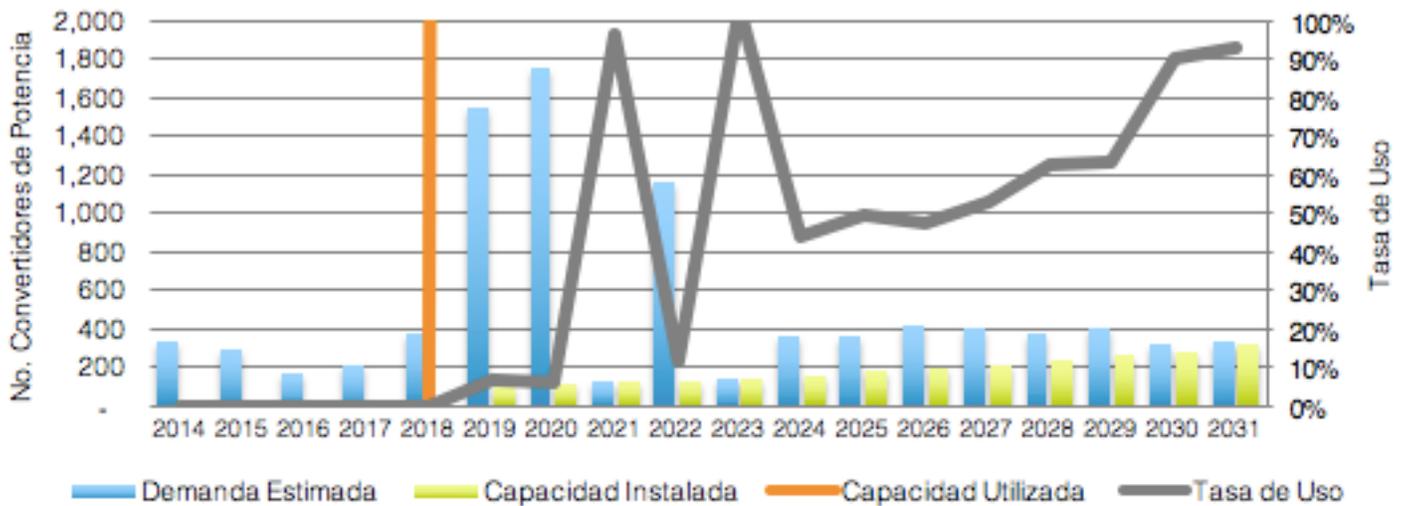


Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Convertidor de potencia (Power Converter)

De la misma forma que el Generador, se tendría oportunidades para incrementar la proveeduría para el Convertidor de Potencia, que forma parte del componente Góndola. La siguiente gráfica muestra la demanda estimada en el número de Convertidores en el periodo 2019 – 2031 (Gráfica II.36).

Gráfica II.36. Análisis de Brecha entre la Demanda Estimada contra la Estimación de la Capacidad Instalada y Utilizada en Convertidores de Potencia de Fabricación Nacional

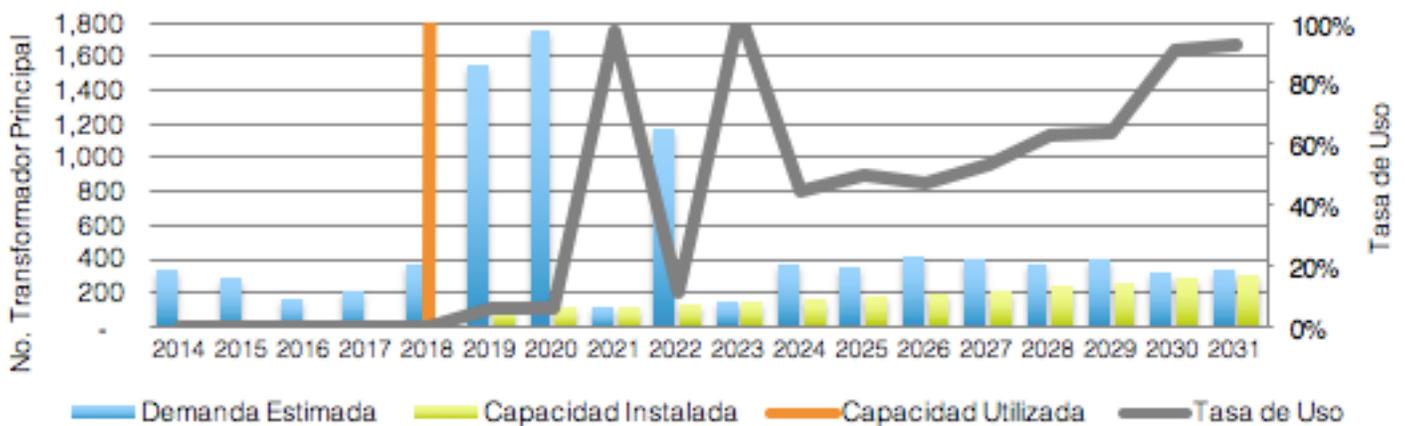


Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Transformador Principal (Main Transformer)

En términos de los subcomponentes eléctricos, se tendrían oportunidades para incrementar la proveeduría para el Transformador Principal, que forma parte del componente Góndola. La siguiente gráfica muestra la demanda estimada en el número de Transformadores en el periodo 2019 – 2031 (Gráfica II.37).

Gráfica II.37. Análisis de Brecha entre la Demanda Estimada contra la Estimación de la Capacidad Instalada y Utilizada en Transformadores de Fabricación Nacional



Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

En el supuesto de que se integren a la cadena de proveeduría determinados subcomponentes eléctricos de la Góndola, se podría incrementar el contenido nacional en 36% (Tabla II.38).

Tabla II.38 Estimación de Incremento en el Contenido Nacional del Componente Góndola.

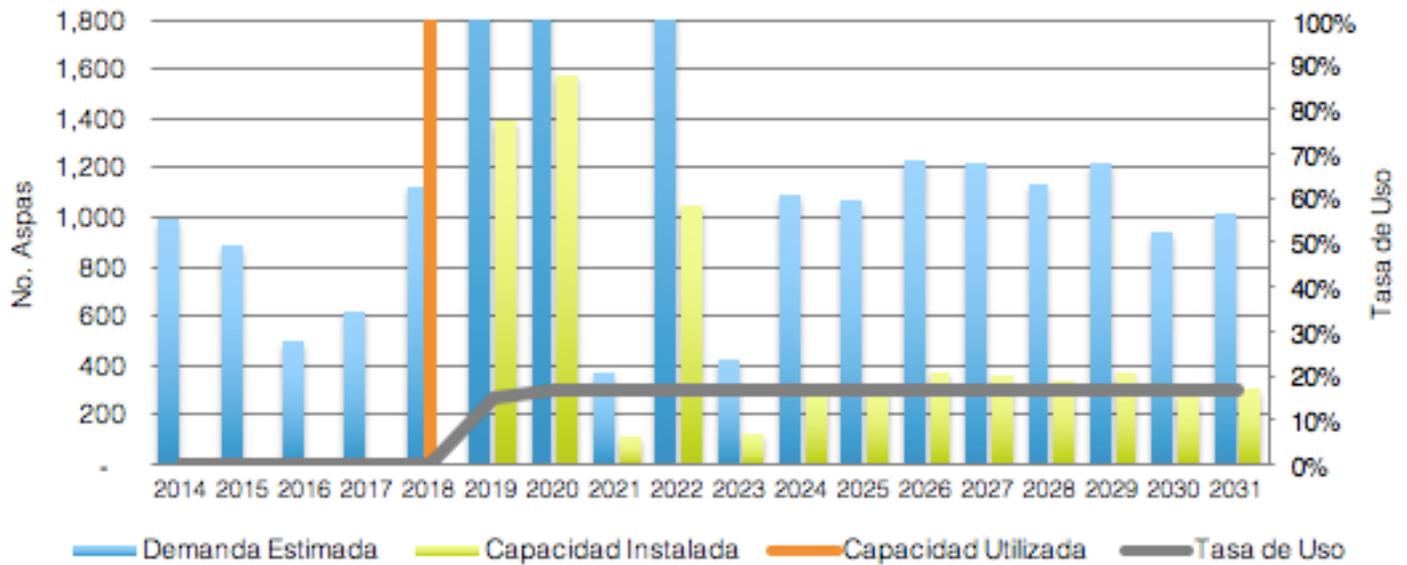
Subcomponentes Principales	Estructura de Costos	Importación (%)	Costo Componente	Precio Venta	Costo Importación
Eje principal (Main Shaft)	14.03%	1	\$113,468.22		\$113,468.22
Sistema de frenos (Brake System)	3.93%	1	\$31,800.01		\$31,800.01
Caja de Cambios (Gearbox)	38.45%	1	\$311,013.74		\$311,013.74
Generador (Generator)	10.24%	0	\$82,872.76		\$-
Convertidor de potencia (Power Converter)	14.92%	0	\$120,695.50		\$-
Transformador principal (Main Transformer)	10.69%	0	\$86,486.39		\$-
Carcasa Góndola (Nacelle Housing)	4.02%	1	\$32,522.74		\$32,522.74
Sistema de Orientación (Yaw System)	3.72%	1	\$30,113.65		\$30,113.65
			\$808,973.00		
				\$808,973.00	
				\$808,973.00	\$518,918.36
					36%

Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Subcomponentes de Aspas

En México, existen oportunidades de proveeduría para el subcomponente de Aspas. La siguiente gráfica muestra la demanda estimada en el número de Aspas en el periodo 2019 – 2031 (Gráfica II.39).

Tabla II.39 Análisis de Brecha entre la Demanda Estimada contra la Estimación de la Capacidad Instalada y Utilizada en Aspas de Fabricación Nacional



Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

En el supuesto de que se integre a la cadena de proveeduría el subcomponente de las Aspas, se podría incrementar el contenido nacional en 81% (Tabla II.40).

Tabla II.40 Estimación de Incremento en el Contenido Nacional del Componente Aspas

Subcomponentes Principales	Estructura de Costos	Importación (%)	Costo Componente	Precio Venta	Costo Importación
Aspas (Blades)	81.00%	0	\$558,085.95	\$ 680,000.00 \$690,000.00	\$-
Rotor (Rotor Hub with Pitch System)	9.00%	1	\$62,009.55		\$62,009.55
Sistema de Inclinação (Pitch System)	10.00%	1	\$68,899.50		\$68,899.50
			\$688,995.00		
				\$690,000.00	\$130,909.05

81%

Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

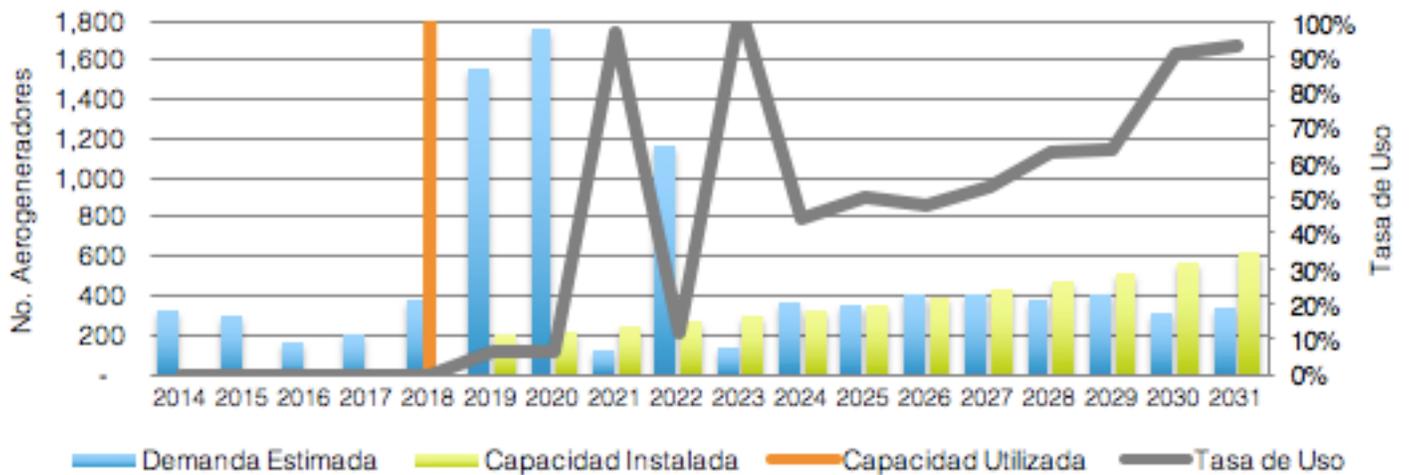
Subcomponentes de Torre

En México, existen oportunidades de proveeduría para subcomponentes de la Torre. Las siguientes gráficas muestra la demanda estimada respecto a la capacidad estimadas disponible y utilizada en Placas de Acero, Recubrimientos / Pintura, Iluminación y Cableado.

Placas de Acero

En términos de los subcomponentes de la Torre, en el subcomponente de Placas de Acero se tendrían oportunidades para incrementar la proveeduría nacional. La siguiente gráfica muestra el comparativo entre la demanda estimada y la capacidad estimada disponible y utilizada en el periodo 2019 – 2031 (Gráfica II.41).

Gráfica II.41 Análisis de Brecha entre la Demanda Estimada contra la Estimación de la Capacidad Instalada y Utilizada en Placas de Acero de Fabricación Nacional

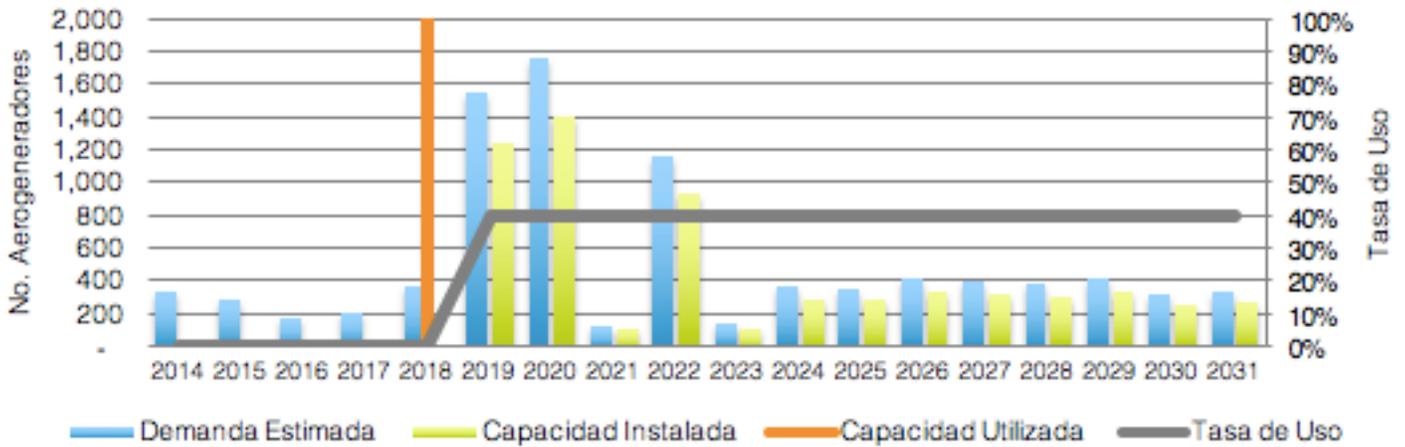


Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Recubrimientos / Pintura

En términos de los subcomponentes de la Torre, en el subcomponente de Recubrimientos / Pintura se tendrían oportunidades para incrementar la proveeduría nacional. La siguiente gráfica muestra el comparativo entre la demanda estimada y la capacidad estimada disponible y utilizada en el periodo 2019 – 2031 (Gráfica II.42).

Gráfica II.42. Análisis de Brecha entre la Demanda Estimada contra la Estimación de la Capacidad Instalada y Utilizada en Recubrimientos / Pintura

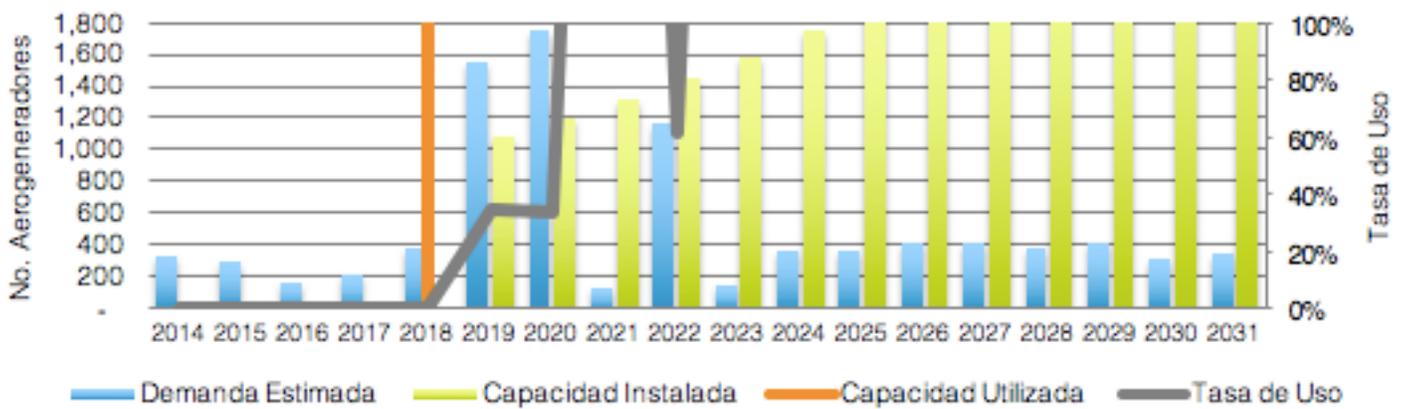


Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Iluminación

En términos de los subcomponentes de la Torre, en el subcomponente de Iluminación de la Torre se tendrían oportunidades para incrementar la proveeduría nacional. La siguiente gráfica muestra el comparativo entre la demanda estimada y la capacidad estimada disponible y utilizada en el periodo 2019 – 2031 (Gráfica II.43).

Gráfica II.43 Análisis de Brecha entre la Demanda Estimada contra la Estimación de la Capacidad Instalada y Utilizada Iluminación

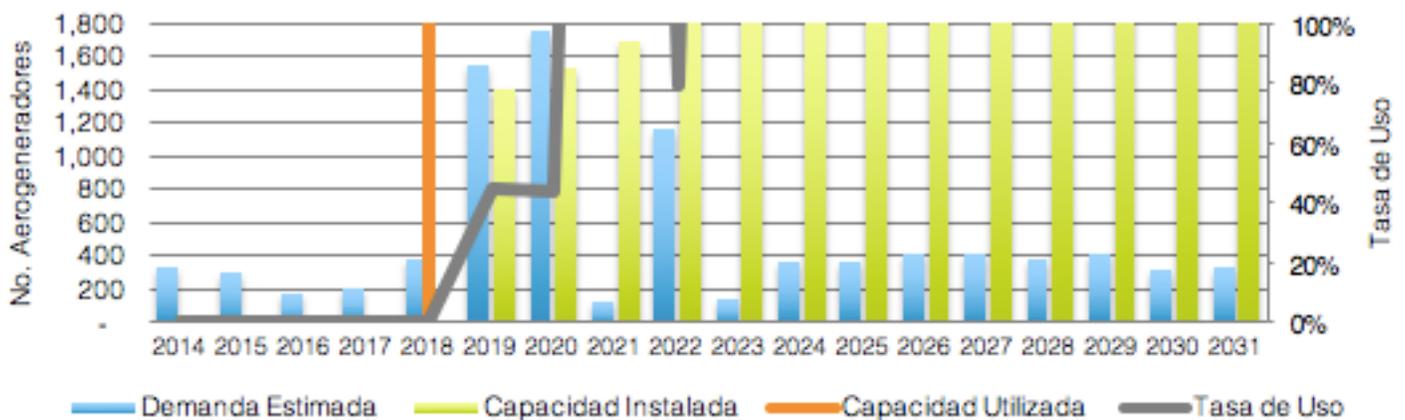


Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Cableado

En términos de los subcomponentes de la Torre, en el subcomponente Cableado se tendrían oportunidades para incrementar la proveeduría nacional. La siguiente gráfica muestra el comparativo entre la demanda estimada y la capacidad estimada disponible y utilizada en el periodo 2019 – 2031 (Gráfica II.44).

Gráfica II.44 Análisis de Brecha entre la Demanda Estimada contra la Estimación de la Capacidad Instalada y Utilizada en Cableado



Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

En el supuesto de que se integren a la cadena de proveeduría determinados subcomponentes de la Torre, se podría incrementar el contenido nacional en 40% (Tabla II.45).

Tabla II.45. Estimación de Incremento en el Contenido Nacional del Componente Torre

Subcomponentes Principales	Estructura de Costos	Importación (%)	Costo Componente	Precio Venta	Costo Importación
Placa de acero (Steel Plate)	34.04%	0	\$232,910.53	\$ 680,000.00	\$-
Bridas (Flanges)	5.00%	1	\$34,211.30		\$34,211.30
Engranaje de Derrape (Yaw Gear)	7.00%	1	\$47,895.82		\$47,895.82
Recubrimientos / Pintura (Coatings/Paint)	3.00%	0	\$20,526.78		\$-
Soportes (Brackets)	4.00%	1	\$27,369.04		\$27,369.04
Ensamblajes de puertas (Door Assemblies)	5.00%	1	\$34,211.30		\$34,211.30
Escotillas (Hatches)	6.00%	1	\$41,053.56		\$41,053.56
Grua (Hoist)	8.00%	1	\$54,738.08		\$54,738.08
Ayuda de Ascenso (Climb Assist)	7.00%	1	\$47,895.82		\$47,895.82
Escaleras (Ladders)	6.00%	1	\$41,053.56		\$41,053.56
Plataformas (Platforms)	12.00%	1	\$82,107.12		\$82,107.12
Iluminación (Lighting)	2.00%	0	\$13,684.52		\$-
Cables (Cables)	0.96%	0	\$6,568.57		\$-
			\$684,226.00		\$680,000.00

40%

Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Como resultado del desarrollo de proveeduría nacional en determinados subcomponentes de los tres principales componentes, se buscaría incrementar el contenido nacional del aerogenerador en 45% (Gráfica II.46).

Tabla II.46 Estimación de Incremento en el Contenido Nacional del Aerogenerador

Componentes Principales	Estructura de Costos	Importación (%)	Costo Componente	Precio Venta	Costo de Importación
Aspas (Blades)	27%	1	\$688,995.00	\$ 2,510,000.00	\$130,909.05
Góndola (Nacelle)	32%	1	\$808,973.00		\$518,918.36
Torre (Tower)	27%	1	\$684,226.00		\$410,535.60
Otros	13%	1	\$327,806.00		\$327,806.00
	100%		\$2,510,000.00	\$2,510,000.00	\$1,388,169.01



Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.



## **ETAPA 3. OPORTUNIDADES**

### RETOS Y OPORTUNIDADES

#### Identificación de Retos y Oportunidades

En la presente sección se identifican los principales retos y oportunidades en la fabricación por principal(es) componente(s) de aerogenerador, así como del sistema de instalación, funcionamiento y servicios que implica. Asimismo, se presentarán las posibles interacciones con otros bienes. Los retos y oportunidades se elaborarán a nivel sectorial y considerará aspectos tales tecnología, mano de obra, capacitación, procesos, financiamiento, entre otros.

Para la identificación de los principales retos y oportunidades, se elaboró una encuesta en línea, dirigida a tres perfiles de empresas que conforman la industria eólica: 1) Operadores de Parques Eólicos, 2) Fabricantes de Equipos y Partes, y 3) Proveedores de Servicios. El objetivo principal de la encuesta se dirigió a identificar el nivel de colaboración y conocimiento entre la demanda de bienes y servicios por parte de los operadores de parques eólicos respecto a la capacidad de oferta, tanto de fabricantes de equipo como proveedores de servicios, con el fin de generar una análisis de las oportunidades para la integración de la cadena de valor de la industria eólica. La encuesta se conformo por 18 preguntas con respuestas de opción múltiple para ser contestada en un tiempo promedio de 30 minutos.

La encuesta en línea, se distribuyo a dos grupos de enfoque: 1) Empresas operadoras de parques eólicos, fabricantes y proveedores de la AMDEE, y 2) Empresas que forman parte del Registro de Proveedores Nacionales de la Industria Energética – Sector Eléctrico. Para la distribución de la encuesta, se envió a liga a un total de 93 empresas asociadas a las AMDEE: 38 operadores de parques eólicos, 16 fabricantes de equipos y 39 proveedores de servicios.

En el caso de las empresas del Registro de Proveedores Nacionales de la Industria Energética – Sector Eléctrico, se realizó un filtrado por el nombre o código del bien o servicio del sector eólico, lo que arrojó una base de datos de 1,885 empresas: 363 empresas con productos y/o servicios en la Fase de Ingeniería, 876 empresas con productos y/o servicios en la Fase de Construcción, y 646 empresas en la Fase de Operación y Mantenimiento.

En la Fase de Ingeniería, se tiene mayores registros de Estudio Topográfico (67) e Hidrológico (54) con un menor número de empresas con capacidad de elaborar Diseño de Plataformas y Estudios de Velocidad de Viento (23) (Gráfica III.1). Respecto a la Fase de Construcción, el mayor número de registros se tiene en Sistemas contra Incendios (69) y Terracerías (66) y en una menor proporción en Ingeniería Líneas de Evacuación (Transmisión) y Aerogeneradores (16) (Gráfica III.2). Finalmente, en la Fase de O&M, Mantenimiento de Elevadores (36) y Aires Acondicionados (31) y menores registros en Análisis de Aceite (12) (Gráfica III.3).

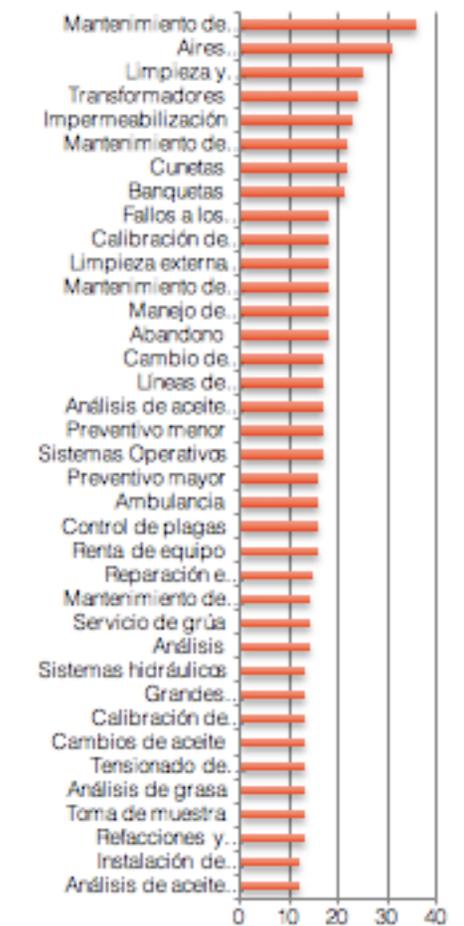
Gráfica III.1. Empresas registradas con capacidad en la Fase de Ingeniería



Gráfica III.2. Empresas registradas con capacidad en la Fase Construcción



Gráfica III.3. Empresas registradas con capacidad en la Fase de O&M



Fuente: Registro de Proveedores Nacionales de la Industria Energética – Sector Eléctrico.

Para efecto de no duplicar las empresas del Registro de Proveedores a las que se les enviaría la encuesta, se realizó una depuración de los registros repetidos, con lo que queda un universo de 403 empresas en el Registro de Proveedores Nacionales de la Industria Energética – Sector Eléctrico, de las cuales 105 están registrados como fabricantes de equipo y 298 como proveedores de servicios para la industria eólica.

Como resultado del envío, seguimiento y aplicación de la encuesta en línea, misma que tuvo una duración de un mes con el envío de tres recordatorios, lográndose una muestra no representativa, pero que son útiles para establecer determinadas hipótesis de trabajo futuras (Tablas III.4 y III.5)

Gráfica II.7. Indique el porcentaje por nivel de estudios (n=7) Tabla III.4. Número de Encuestas Completadas por Empresas Asociadas a la AMDEE

Clasificación	Enviadas	Contestadas	Contestadas
Fabricantes	16	5	31%
Desarrolladores	38	13	34%
Proveedores	39	3	8%
TOTALES	93	18	19%

Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Tabla III.5 Número de Encuestas Completadas por Empresas del Registro de Proveedores

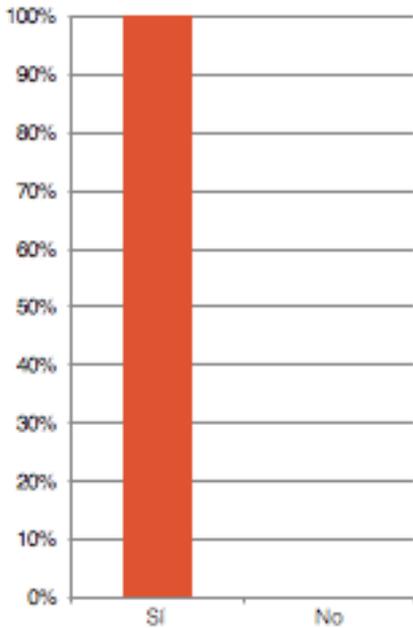
Clasificación	Enviadas	Contestadas	Contestadas
Fabricantes	105	4	4%
Proveedores	298	25	8%
TOTALES	403	18	4%

Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

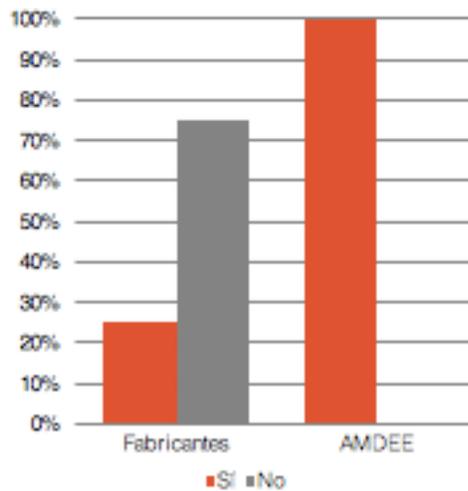
Análisis de Oportunidades

Actualmente, el 100% de los Operadores de Parques Eólicos encuestados, contrata proveedores nacionales, ya sean fabricantes de equipos y/o proveedores de servicios para la adquisición de determinados equipos y/o partes o la prestación de servicios (Gráfica III.6). En términos relativos, el 100% de los fabricantes encuestados asociados a la AMDEE (100%), actualmente fabrica algun(os) componentes, equipos y/o partes para el sector eólico, con una proporción menor (29%) en las empresas encuestadas Registro de Fabricantes Nacionales de la Industria Energética – Sector Eléctrico (Gráfica III.7). Con relación a la proveeduría de servicios, la proporción también es mayor en las empresas asociadas a la AMDEE (Gráfica III.8). Lo anterior indica que las empresas incluidas en el Registro de Proveedores, no obstante que están incluidos como proveedores del sector eólico, no necesariamente han desarrollado una especialización, tanto para la fabricación de los equipos y componentes requeridos como para la prestación de servicios demandados por el sector eólico.

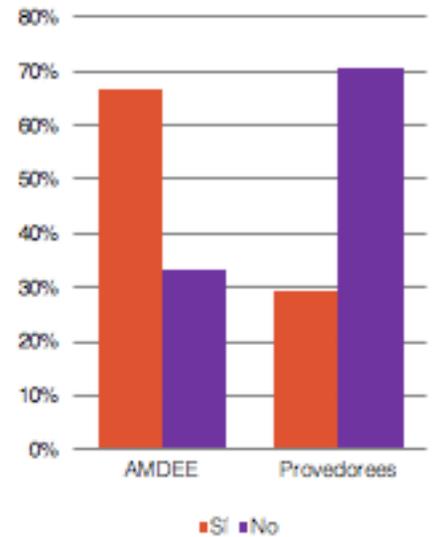
Gráfica .III.6 Contrata proveedores nacionales, fabricantes de equipos y/o proveedores de servicios (n=13)



Gráfica III.7 Actualmente, es fabricante de componentes, equipos y/o partes para el sector eólico (n=9) (AMDEE=5, Registro de fabricantes 4):



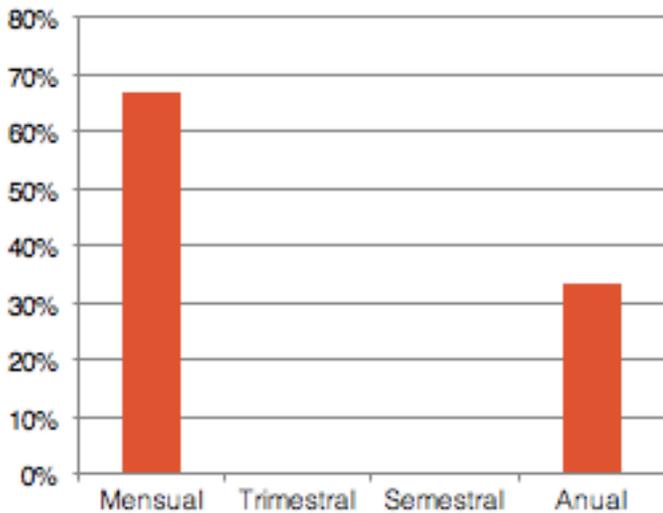
Gráfica III.8 Actualmente, es proveedor de servicios de Operación y Mantenimiento (OM) para el sector eólico (n=28) (AMDEE=3, Registro de Proveedores= 25):



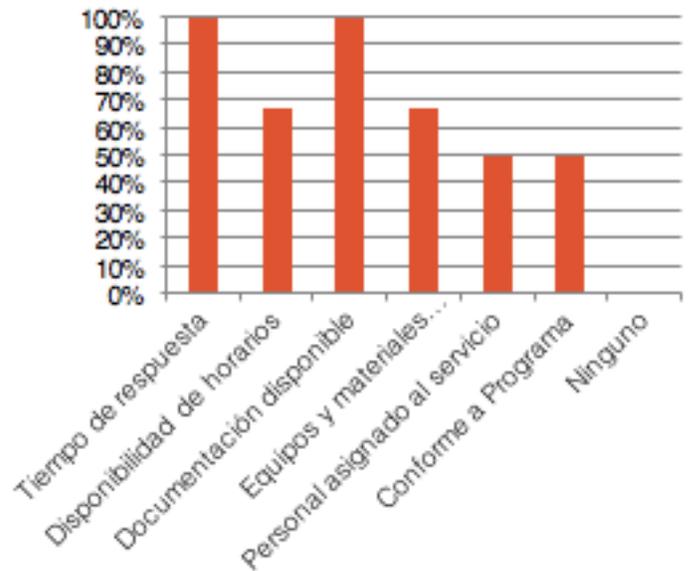
Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Los Operadores de Parques Eólicos, regularmente cuentan con programas de compras, ya sea para la adquisición de determinados equipos y componentes de recambio, así como para la adquisición de servicios de operación y mantenimiento, ya sea preventivo o correctivo. El 67% de los encuestados manifestaron contar con una programa de compras mensual y 33% con un programa anual (Gráfica III.9). Uno de las principales criterios para la integración de la cadena de proveeduría se refiere al conocer los niveles de servicio requeridos por los Operadores de Parques Eólicos, tanto para fabricantes de equipo como proveedores de servicios. Las respuestas con una mayor cantidad de menciones se refieren a los tiempos de respuesta, en términos de lograr una proveeduría con tiempos de respuesta y entrega confiables y oportunos, y que fabricantes y proveedores cuenten con la documentación que avale la confiabilidad en la entrega del producto o servicio (Gráfica III.10).

Gráfica III.9 Qué periodicidad tienen su programa de compras (n=6)



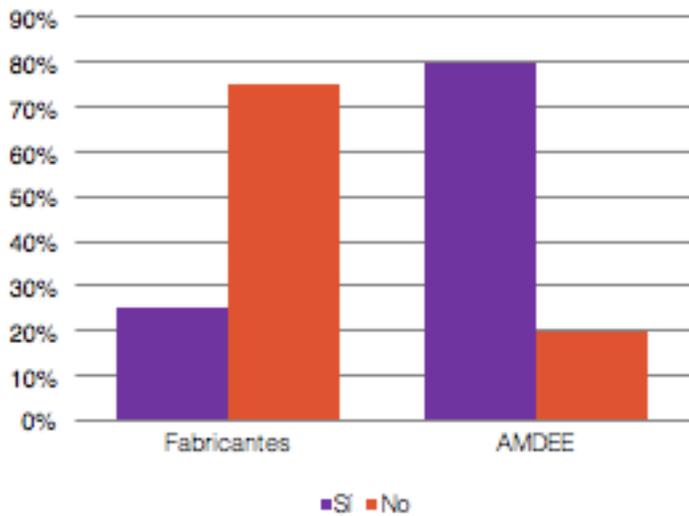
Gráfica III.10 Solicita algún nivel de servicio (n=6)



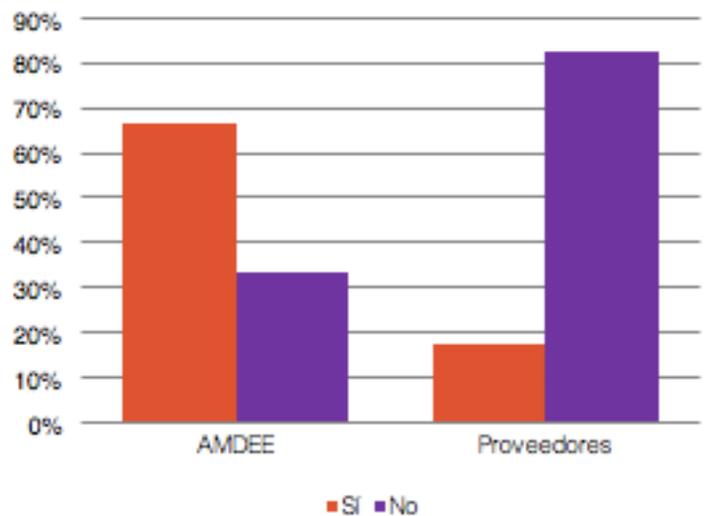
Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Con relación a la existencia de programas de compra, con una periodicidad de compra mensual. En términos relativos los fabricantes de equipo encuestados de la AMDEE, señalaron que conocen o tiene acceso a programas de contratación de componentes, equipos y/o partes de los Operadores (80%), en contraparte el 75% de los fabricantes encuestados del Registro de Proveedores no conocen o tienen acceso a la información de los programas de contratación de los Operadores (Gráfica III.11). Con relación a los proveedores de servicios, también se muestra un mayor conocimiento de los programas de contratación por encuestados de la AMDEE, y menor información disponible por los proveedores encuestados en el Registro (Gráfica III.12).

Gráfica III.11 Conoce o tiene acceso a programas de contratación de componentes, equipos y/o partes de Operadores de Parques Eólicos (n=9): (AMDEE=5, Registro de Fabricantes= 3)



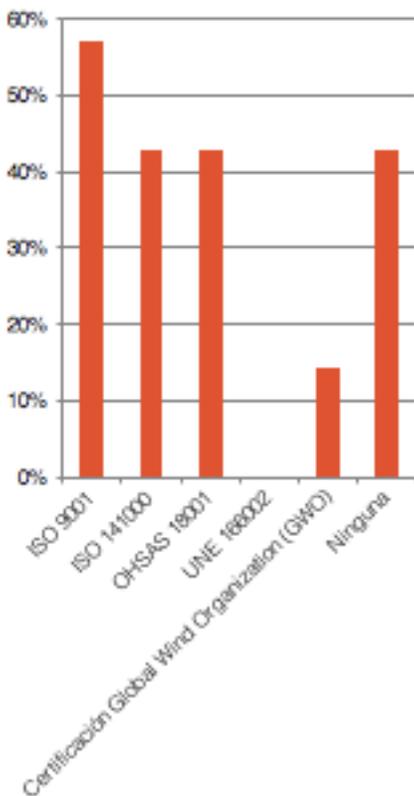
Gráfica III.12 Conoce o tiene acceso a programas de contratación de servicios de OM de los Operadores de Parques Eólicos (n=28), (AMDEE=3, Registro de Proveedores= 23)



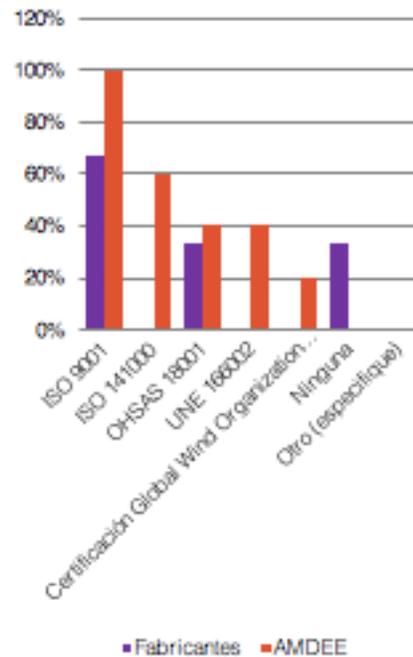
Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Las certificaciones brindan una mayor certeza en la fabricación de equipos y prestación de servicios, los Operadores de Parques Eólicos encuestados solicitan en una mayor proporción la certificación ISO 9001, seguida de las certificaciones ISO 14100, OHSAS 18001, y en una menor medida la Certificación Global Wind Organization (GWO) (Gráfica III.13). Con relación, a las empresas fabricantes de equipo, tanto las encuestadas asociadas a la AMDEE como las fabricantes del Registro de Proveedores, han priorizado en la certificación ISO 9001 (Gráfica III.14). En el caso de las empresas proveedoras de servicios, aquellos proveedores asociados a la AMDEE han priorizado en la obtención de la Certificación Global Wind Organization (GWO), y las empresas encuestadas del Registro de Proveedores en la certificación ISO 9001, resaltando que la gran mayoría de los proveedores de servicios no cuentan con certificación es la prestación de servicios de operación y mantenimiento (Gráfica III.15).

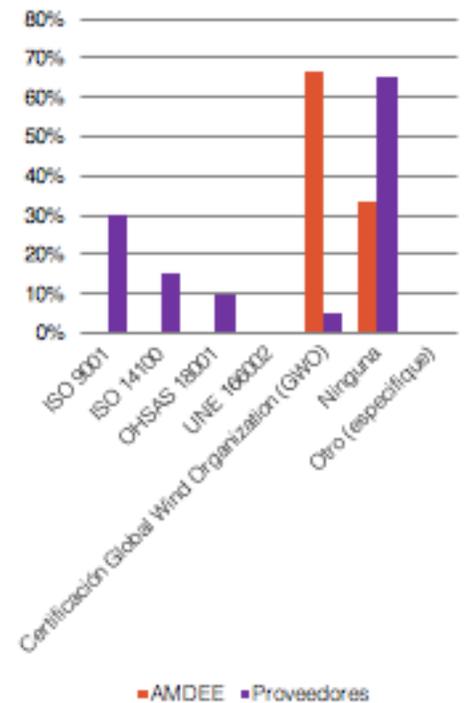
Gráfica III.13 Solicita algún tipo de certificación Operadores (n=7)



Gráfica III.14 Cuenta con alguna(s) certificación(es) para vender componentes, equipos y/o partes requeridos para parques eólicos (n=9) (AMDEE=5, Registro de fabricantes= 3):



Gráfica III.15 Cuenta con alguna(s) certificación(es) para vender servicios de OM (n=28) (AMDEE=3, Registro de Proveedores= 25):



Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

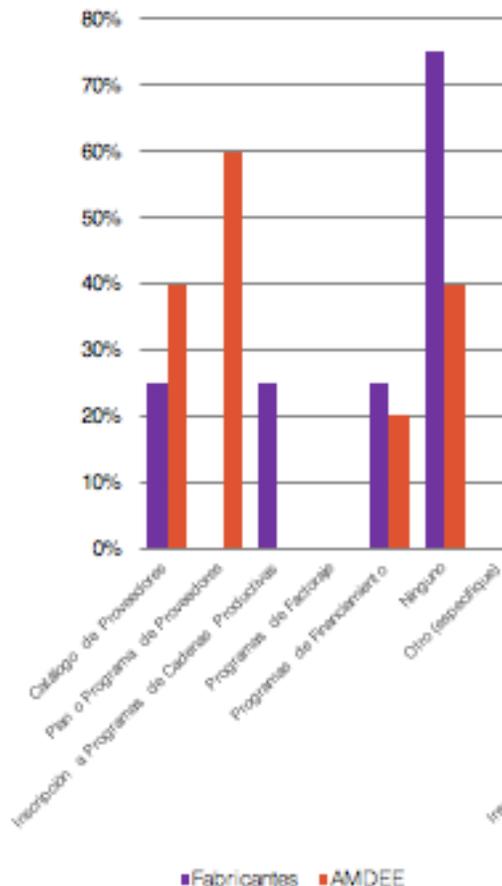
Con relación a si cuentan con mecanismos para su desarrollo de proveeduría nacional, los Operadores de Parques Eólicos señalaron principalmente la existencia de un Catálogo de Desarrollo de Proveedores, tanto de fabricantes de equipo como proveedores de servicios (57%) (Gráfica III.16).

Con relación a los fabricantes de equipo, las empresas fabricantes asociadas a la AMDEE señalaron que han participado en Planes o Programas de Desarrollo de Proveedores (60%) y en una menor medida en Catálogo de Proveedores (40%) (Gráfica III.17). En el caso de los fabricantes encuestados del Registro de Proveedores, 75% de los fabricantes señalaron que no han participado en ningún programa de desarrollo de proveeduría nacional con los Operadores de los Parques Eólicos (Gráfica III.18). Con respecto a los proveedores de servicios, las empresas asociadas a la AMDEE señalaron que han participado principalmente en Catálogos de Proveedores (67%) y en una menor medida en planes o programas de desarrollo de proveedores. En el caso de los proveedores encuestados del Registro, 64% señalaron que no han participado en ningún tipo programa de desarrollo de proveeduría nacional en conjunto con los Operadores de los Parques Eólicos (Gráfica III.19).

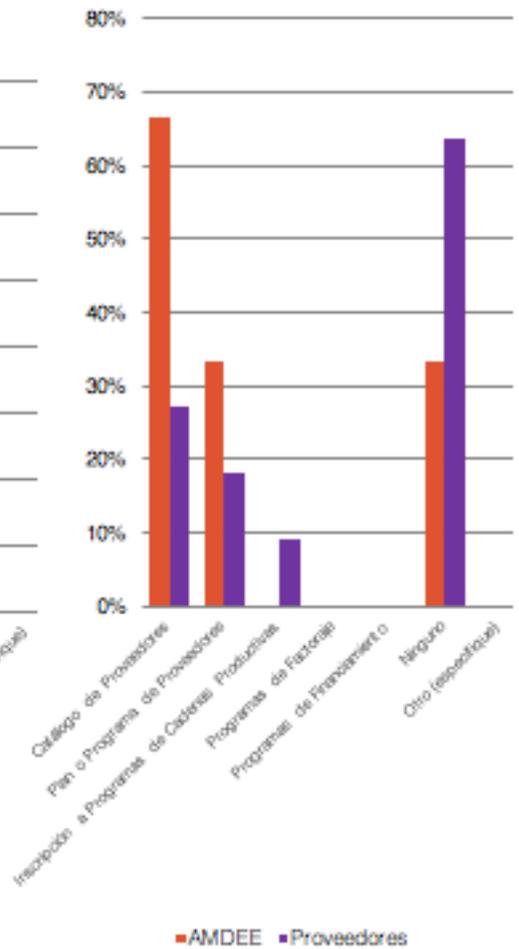
Gráfica III.17 Cuenta con algunos de los siguientes mecanismos para el desarrollo de proveedores (n=13)



Gráfica III.18 Ha participado en algún(os) de los siguientes programas con Operadores de Parques Eólicos (n=9) (AMDEE=5, Registro de fabricantes= 4):



Gráfica III.19 Ha participado en algún(os) de los siguientes programas con Operadores de Parques Eólicos (n=28):

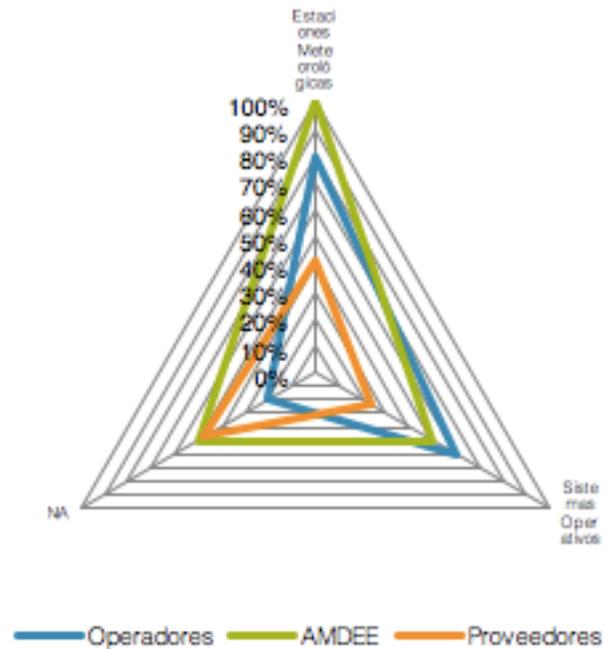


Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Análisis de Oportunidades Cadena de Valor: Operadores – Proveedores

Gráfica III.20. Análisis de Brecha entre demanda de Operadores y oferta de Proveedores de Servicios en Mantenimiento Preventivo - Estaciones Meteorológicas y de Sistemas (n=14) (Operadores: 5, AMDEE: 4, Proveedores=5)

Con relación al análisis de brecha entre la demanda de los Operadores de Parques Eólicos y la Oferta de los Proveedores de Servicios en términos del Mantenimiento Preventivo - Estaciones Meteorológicas y de Sistemas, se identificó que la demanda estimada en Refacciones y Mano de Obra de Estaciones Meteorológicas y de Sistemas Operativos excede la capacidad de la proveeduría nacional (Gráfica III.20).



Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Con relación al detalle y especificaciones que los proveedores de servicios pueden ofrecer en términos del Mantenimiento Preventivo - Estaciones Meteorológicas y de Sistemas, se destacan los siguientes (Tabla III.21).

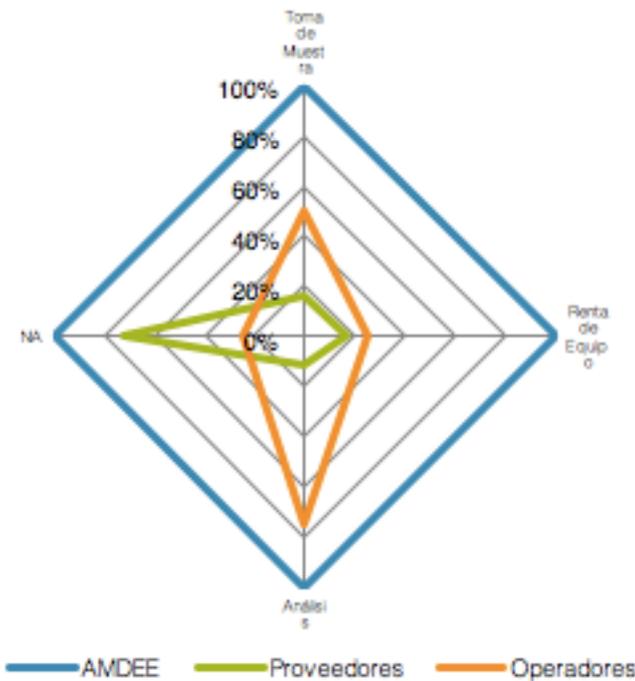
Tabla III.21 Especificaciones de los Servicios con posibilidad de Ofertarse para Mantenimiento Preventivo - Estaciones Meteorológicas y de Sistemas.

Estaciones Meteorológicas	Sistemas Operativos
Estructuras Metálicas Atornilladas	Sistemas de Internet de las Cosas (IoT)
Equipos de instrumentación	Sistemas de Monitoreo (SPM)
Mantenimiento preventivo y correctivo	Equipos de Alineación (Fixturelaser)
Equipos de monitoreo de vibración	
Alineadores laser	
Servicios de Maquinado y Soldadura de Partes Metálicas	
Estaciones Meteorológicas (EPC)	
Mantenimiento industrial metalmecánico	

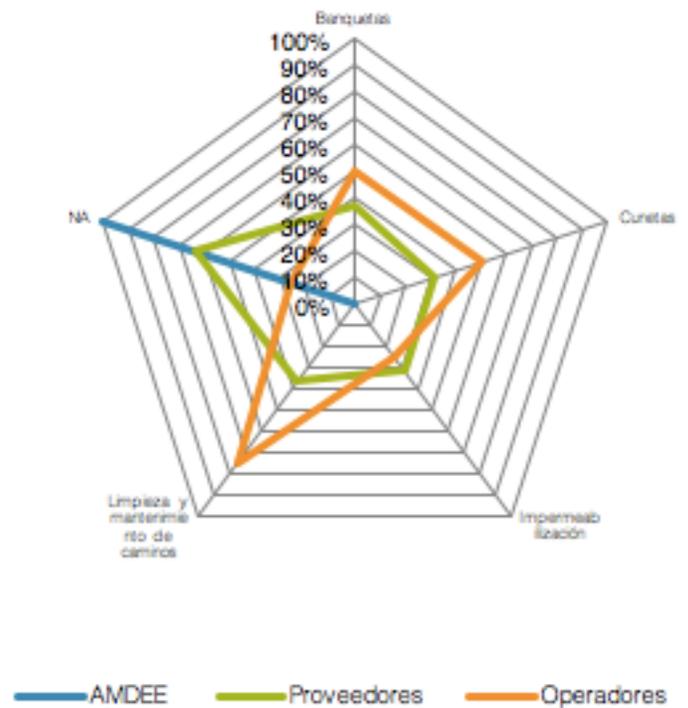
Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Respecto al análisis de brecha entre la demanda de los Operadores de Parques Eólicos y la oferta de los Proveedores de Servicios en **Mantenimiento Preventivo - Análisis de Vibraciones**. Se identificó que la demanda estimada en Toma de Muestra, Renta de Equipo y Análisis se tiene la capacidad de proveeduría nacional para atender esas necesidades (Gráfica III.22). Con relación al análisis de brecha entre la demanda de los Operadores de Parques Eólicos y la oferta de los Proveedores de Servicios en **Mantenimiento Preventivo - Obra Civil** sea identificado que la demanda de Banquetas, Cunetas, Impermeabilización, y Limpieza y Mantenimiento de Caminos puede ser cubierta por los proveedores de servicios nacionales (Gráfica III.22).

Gráfica III.22 Análisis de Brecha entre demanda de Operadores y Oferta de Proveedores de Servicios en Mantenimiento Preventivo - Análisis de Vibraciones(n=23) (Operadores: 4, AMDEE: 1, Proveedores=18)



Gráfica III.23 Análisis de Brecha entre demanda de Operadores y Oferta de Proveedores de Servicios en Mantenimiento Preventivo - Obra Civil (n=24) (Operadores: 4, AMDEE: 1, Proveedores=19)



Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Con relación al detalle y especificaciones que los proveedores de servicios pueden ofrecer en términos de **Mantenimiento Preventivo - Análisis de Vibraciones**; se destacan los siguientes (Tabla III.24).

Tabla III.24 Especificaciones de los Servicios con posibilidad de Ofertarse para Mantenimiento Preventivo – Análisis de Vibraciones.

Toma de Muestra	Renta de Equipo	Análisis
Muestras de concreto	Maquinaria Pesada	Monitoreo e Interpretación
Monitoreo en línea	Grúas	Venta de Equipo

Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Respecto al detalle y especificaciones que los proveedores de servicios pueden ofrecer en términos de **Mantenimiento Preventivo – Obra civil**; se destacan los siguientes (Tabla III.25).

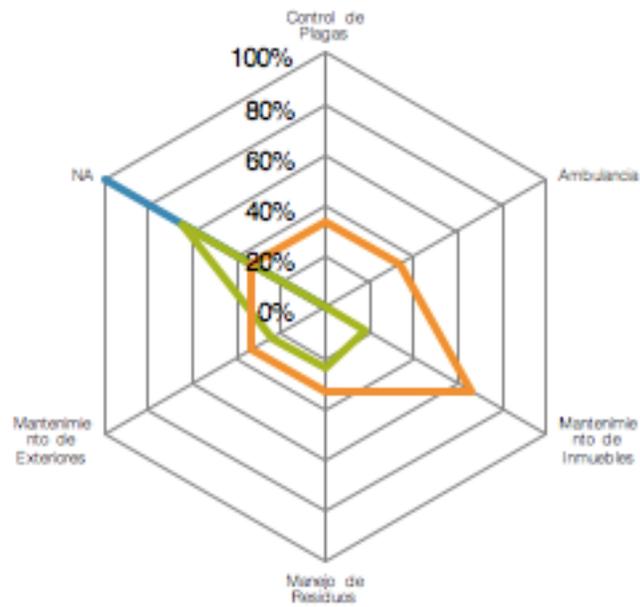
Tabla III.25 Especificaciones de los Servicios con posibilidad de Ofertarse para Mantenimiento Preventivo – Obra Civil.

<b>Banquetas</b>	<b>Cunetas</b>	<b>Impermeabilización</b>	<b>Limpieza y mantenimiento de caminos</b>
Diseño, construcción	Diseño, construcción	Diseño, construcción	Diseño, construcción
Construcción y mantenimiento	Construcción y mantenimiento	Productos certificados y aplicación	Construcción mantenimiento de caminos accesos carreteras
Diseño, y ejecución	Diseño, y ejecución	Impermeabilizantes	Diseño, procura y ejecución
Pintura epóxico para Marcaje de Areas de Seguridad			

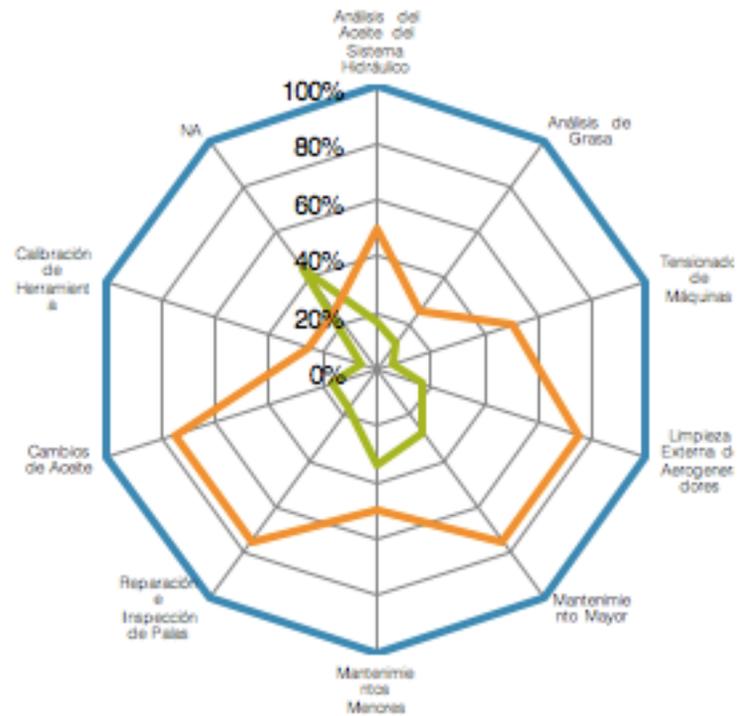
Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Con relación al análisis de brecha entre la demanda de los Operadores de Parques Eólicos y la oferta de los Proveedores de Servicios en **Mantenimiento Preventivo- Servicios Generales** se puede observar que la demanda estimada excede la capacidad de la proveeduría nacional (Gráfica III.26). En lo que se refiere al análisis de brecha en **Mantenimiento Preventivo – Mecánico** los datos arrojan cuenta que esta puede ser cubierta tanto por proveedores nacionales. (Gráfica III.27).

Gráfica III.26 Análisis de Brecha entre demanda de Operadores y Oferta de Proveedores de Equipo en Mantenimiento Preventivo - Servicios Generales (n=21) (Operadores: 3, AMDEE: 1, Proveedores=17)



Gráfica III.27 Análisis de Brecha entre demanda de Operadores y Oferta de Proveedores de Equipo en Mantenimiento Preventivo - Mecánico (n=23) (Operadores: 4, AMDEE: 1, Proveedores=18)



— AMDEE — Proveedores — Operadores

— AMDEE — Proveedores — Operadores

Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Con relación al detalle y especificaciones que los proveedores de servicios pueden ofrecer en términos de **Mantenimiento Preventivo – Servicios Generales**; se destacan los siguientes (Tabla III.28).

Tabla III.28 Especificaciones de los Servicios con posibilidad de Ofertarse para Mantenimiento Preventivo – Servicios Generales

Mantenimiento de Inmuebles	Manejo de Residuos	Mantenimiento de Exteriores
Planeación, supervisión y ejecución de mantenimiento	Trasporte y disposición	Planeación, supervisión y ejecución de mantenimiento
Construcción y mantenimiento	Retiro de Residuos Sólidos Urbanos	Mantenimiento
	Análisis de Residuos	

Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Con relación al detalle y especificaciones que los proveedores de servicios pueden ofrecer en términos de **Mantenimiento Preventivo – Mecánico**; se destacan los siguientes (Tabla III.29).

Tabla III.29 Especificaciones de los Servicios con posibilidad de Ofertarse para Mantenimiento Preventivo – Mecánico

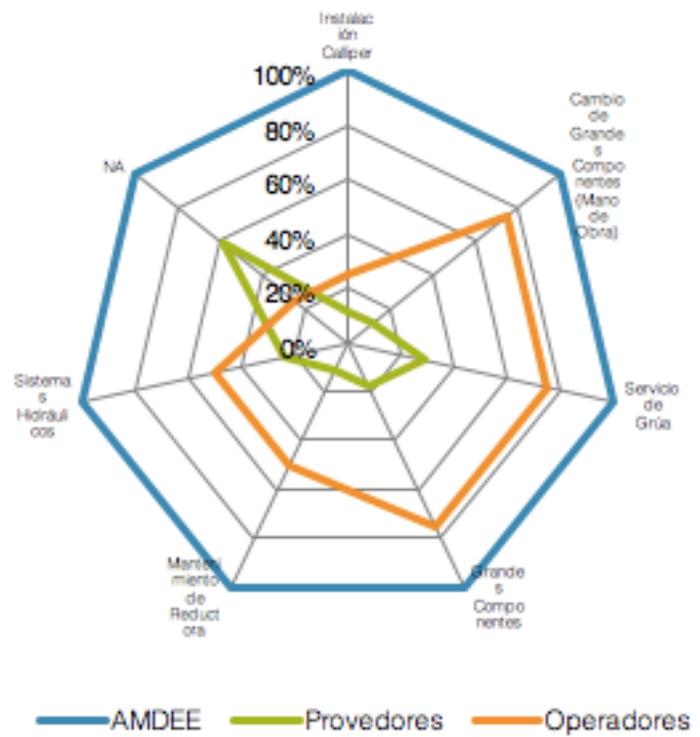
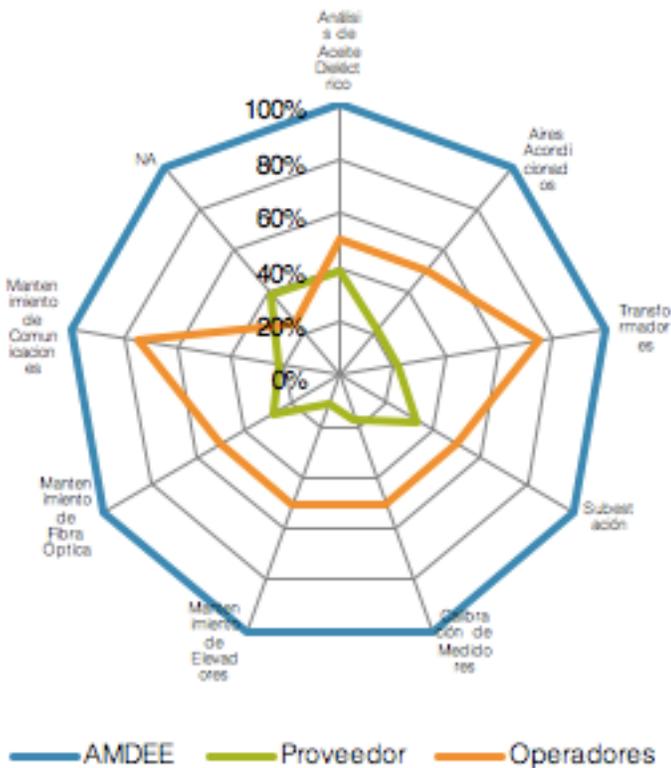
Análisis del Aceite del Sistema Hidráulico	Análisis de Grasa	Tensionado de Máquinas	Limpieza Externa de Aerogeneradores
Venta de aceites grasas industriales	Análisis de grasas y tribología	Tensionado de Máquinas	Planeación, supervisión y ejecución de mantenimiento
Análisis de aceites			

Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Con relación al análisis de brecha entre la demanda de los Operadores de Parques [Eólicos y la oferta de los Proveedores de Servicios en **Mantenimiento Preventivo – Eléctrico** podemos darnos cuenta que la demanda estimada puede ser cubierta por la capacidad de la proveeduría nacional (Gráfica III.30). Con relación al análisis de brecha **Mantenimiento Correctivo – Mecánico** se observa que los proveedores y los operadores tienen la capacidad para enfrentar la demanda nacional (Gráfica III.31).

Gráfica III.30 Análisis de Brecha entre demanda de Operadores y Oferta de Proveedores de Equipo en Mantenimiento Preventivo - Eléctrico (n=23) (Operadores: 4, AMDEE: 1, Proveedores=18)

Gráfica III.31 Análisis de Brecha entre demanda de Operadores y oferta de Proveedores en Mantenimiento Correctivo - Mecánico (n=22) (Operadores: 4, AMDEE: 1, Proveedores=17)



Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Con relación al detalle y especificaciones que los proveedores de servicios pueden ofrecer en términos de **Mantenimiento Preventivo – Eléctrico**; se destacan los siguientes (Tabla III.32).

Tabla III.32 Especificaciones de los Servicios con posibilidad de Ofertarse para Mantenimiento Preventivo – Eléctrico

Análisis de Aceite Dieléctrico	Aires Acondicionados	Transformadores	Subestación
Centrifugado y Pruebas de Laboratorio	Planeación, supervisión y ejecución de mantenimiento	Mantenimiento y Pruebas de Diagnóstico	Mantenimiento y Pruebas de Diagnóstico
Análisis de Laboratorio de los Aceites	instalación, calculo y mantenimiento de aires acondicionados	Instalación y Mantenimiento de Transformadores	instalación y Mantenimiento de Subestaciones
Recipientes para Aceite	Equipos completos y servicio de instalación	Construcción y Mantenimiento	
Venta de aceites y dieléctricos		Mantenimiento Menor y Mayor	
Análisis de Aceites			

Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Con relación al detalle y especificaciones que los proveedores de servicios pueden ofrecer en términos de **Mantenimiento Correctivo – Mecánico**; se destacan los siguientes (Tabla III.33).

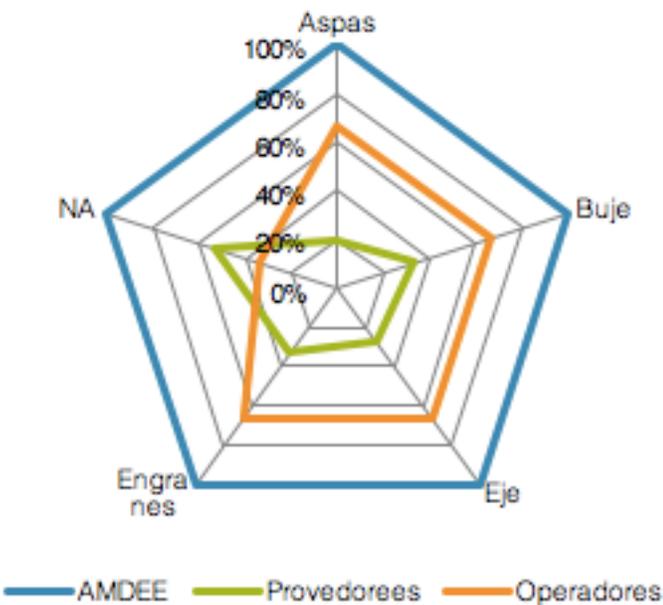
Tabla III.33 Especificaciones de los Servicios con posibilidad de Ofertarse para Mantenimiento Correctivo – Mecánico

Instalación Calliper	Cambio de Grandes Componentes (Mano de Obra)	Servicio de Grúa	Grandes Componentes	Mantenimiento de Reductora	Sistemas Hidráulicos
		Renta de Grúa GROVE RT58D 20 TON - HIAB CX166 5 TON.			Venta de Rodamientos, Calentadores por Inducción Motores y Refacciones
		Renta de Grúas para Montaje y Mantejimiento de Aerogeneradores			
		Renta para Montaje y Mantenimiento de Aerogeradores			

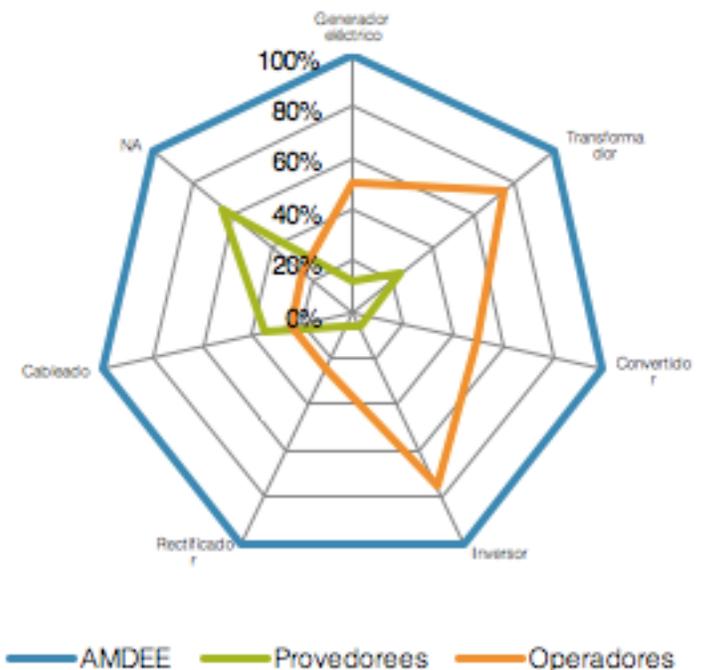
Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Con relación al análisis de brecha entre la demanda de los Operadores de Parques Eólicos y la oferta de los Proveedores de Servicios en el **Sistema Aerodinámico del Aerogenerador** se identificó que la demanda estimada en Aspas Buje, Eje y Engranes tiene la capacidad de la proveeduría nacional (Gráfica III.34). Con relación al análisis de brecha entre la demanda de los Operadores de Parques Eólicos y la oferta de los Proveedores de Servicios en el **Sistema Eléctrico del Aerogenerador** podemos darnos cuenta que los proveedores son los que cuentan con mayor capacidad para generar Generador eléctrico, Transformador, Convertidor, Inversor, Rectificador y Cableado (Gráfica III.35).

Gráfica III.34 Análisis de Brecha entre demanda de Operadores y oferta de Proveedores En el Sistema Aerodinámico del Aerogenerador (n=19) (Operadores: 3, AMDEE: 1, Proveedores=15)



Gráfica III.35 Análisis de Brecha entre demanda de Operadores y Oferta de Proveedores en el Sistema Eléctrico del Aerogenerador (n=22) (Operadores: 4, AMDEE: 1, Proveedores=17)



Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Con relación al detalle y especificaciones que los proveedores de servicios pueden ofrecer en términos del **Sistema Aerodinámico del Aerogenerador**; se destacan los siguientes (Tabla III.36).

Tabla III.36 Especificaciones de los Servicios con posibilidad de Ofertarse para el Sistema Aerodinámico del Aerogenerador

Aspas	Buje	Eje	Engranés
Reconstrucción	Diseño, procura y ejecución	Coples	Reparación y Sustitución
Recubrimientos Epóxicos Anticorrosivos	Reconstrucción ó Fabricación	Reconstrucción ó Fabricación	Diseño, procura y ejecución

Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Con relación al detalle y especificaciones que los proveedores de servicios pueden ofrecer en términos del **Sistema Eléctrico del Aerogenerador** se destacan los siguientes (Tabla III.37).

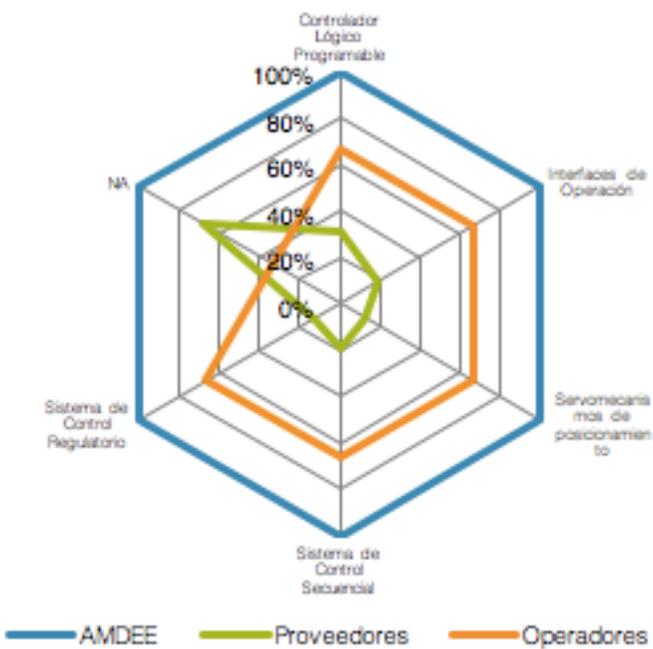
Tabla III.37 Especificaciones de los Servicios con posibilidad de Ofertarse para el Sistema Eléctrico del Aerogenerador

Generador eléctrico	Transformador	Cableado
Venta de equipos completos	Venta de equipos completos	Diseño de tableros, canaletas, diagramas eléctricos
		Tipos AWG
		Venta de cableado

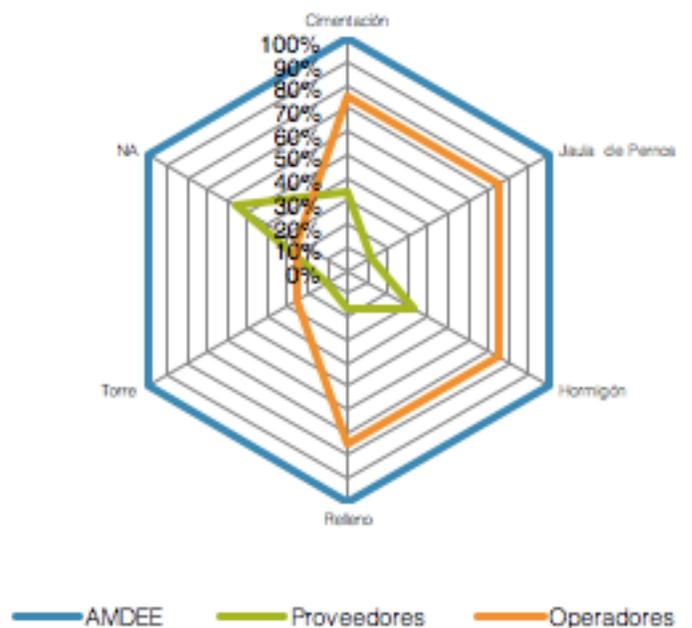
Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Respecto al análisis de brecha entre la demanda de los Operadores de Parques Eólicos y la oferta de los Proveedores de Servicios en el **Sistema de Control del Aerogenerador** se observa que tanto los proveedores como los operadores tienen la capacidad para cubrir la demanda nacional (Gráfica III.38). Respecto al análisis de brecha entre la demanda de los Operadores de Parques Eólicos y la oferta de los Proveedores de Servicios en el **Sistema de Torre del Aerogenerador** podemos ver que de igual manera se tienen la capacidad para cubrir cualquier tipo de demanda (Gráfica III.39).

Gráfica III.38 Análisis de Brecha entre demanda de Operadores y Oferta de Proveedores en el Sistema de Control del Aerogenerador (n=11)  
(Operadores: 3, AMDEE: 1, Proveedores=16)



Gráfica III.39 Análisis de Brecha entre demanda de Operadores y Oferta de Proveedores en el Sistema de Torre del Aerogenerador (n=23)  
(Operadores: 4, AMDEE: 1, Proveedores=18)



Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Con relación al detalle y especificaciones que los proveedores de servicios pueden ofrecer en términos del **Sistema de Control del Aerogeneradores** destacan los siguientes (Tabla III.40).

Tabla III.40 Especificaciones de los Servicios con posibilidad de Ofertarse para el Sistema de Control del Aerogenerador

Controlador Lógico Programable	Interfaces de Operación	Servomecanismos de posicionamiento	Sistema de Control Secuencial	Sistema de Control Regulatorio
Diseño, programación e implementación del equipo PLC	Implementación y puesta en marcha de interfaces	Calibración y puesta a punto	Programación y monitoreo	Calibración y configuración de equipos de control
CALLIPER	Diseño, procura y ejecución		Conexiones y cableado	
Venta e instalación de PLC				
Diseño, procura y ejecución				

Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Con relación al detalle y especificaciones que los proveedores de servicios pueden ofrecer en términos del **Sistema de Torre del Aerogenerador** destacan los siguientes (Tabla III.41).

Tabla III.41 Especificaciones de los Servicios con posibilidad de Ofertarse para el Sistema de Torre del Aerogenerador

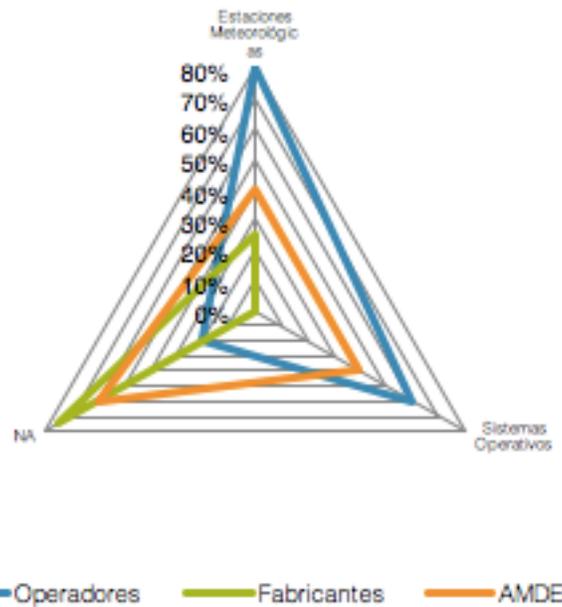
Cimentación	Jaula de Pernos	Hormigón	Relleno	Torre
Construcción	Colocación y armado	Planeación, elaboración y colocación del hormigón	Planeación, supervisión y colocación del relleno	Rentab de Grúas para Montaje y Mantenimiento de Aerogeneradores

Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Análisis Oportunidades Cadena de Valor: Operadores – Fabricantes de Equipo

Gráfica III.42 Análisis de Brecha entre demanda de Operadores y oferta de Fabricantes de Equipo en Mantenimiento Preventivo - Estaciones Meteorológicas y de Sistemas (n=14) (Operadores: 5, AMDEE: 5, Fabricantes=4)

Con relación al análisis de brecha entre la demanda de los Operadores de Parques Eólicos y la Oferta de los Fabricantes de Equipos en Mantenimiento Preventivo - Estaciones Meteorológicas y de Sistemas, se identificó que la demanda estimada en Refacciones y Mano de Obra de Estaciones Meteorológicas y de Sistemas Operativos excede la capacidad de la proveeduría nacional (Grafica III.42).



Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Con relación al detalle y especificaciones que los fabricantes de servicios pueden ofrecer en términos del **Mantenimiento Preventivo - Estaciones Meteorológicas y de Sistemas**, se destacan los siguientes (Tabla III.43).

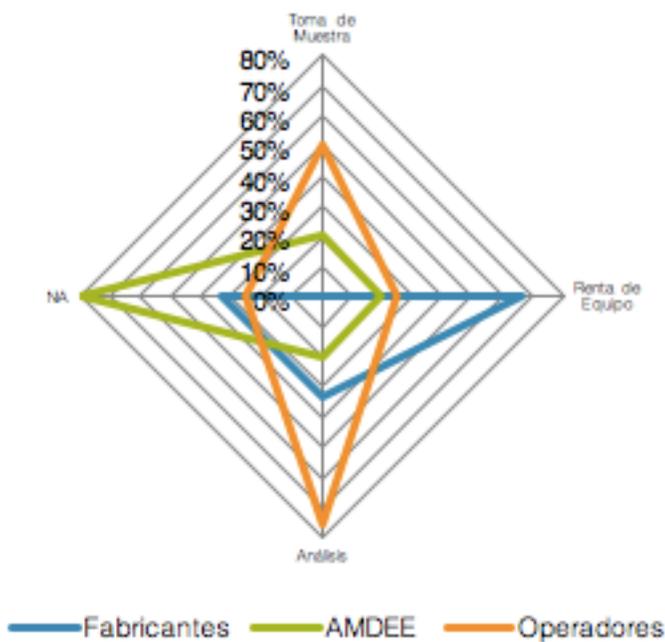
Tabla III.43 Especificaciones de los Servicios con posibilidad de los fabricantes para Mantenimiento Preventivo - Estaciones Meteorológicas y de Sistemas,

Estaciones Meteorológicas	Sistemas Operativos
Tornillería en general	

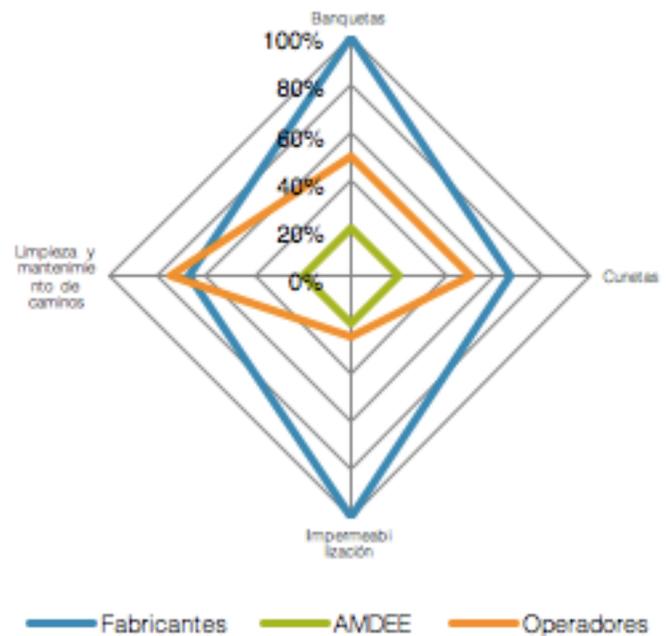
Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Con relación al análisis de brecha entre la demanda de los Operadores de Parques Eólicos y la oferta de los Fabricantes de Equipos en **Mantenimiento Preventivo - Análisis de Vibraciones**. Se identificó que la demanda estimada en Toma de Muestra, Renta de Equipo y Análisis se tiene la capacidad de la proveeduría nacional (Grafica III.44). En relación al análisis de brecha entre la demanda de los Operadores de Parques Eólicos y la oferta de los Fabricantes en **Mantenimiento Preventivo - Obra Civil** sea identificado que la demanda de Banquetas, Cunetas, Impermeabilización y Limpieza y mantenimiento de caminos puede ser cubierta por fabricantes nacionales (Grafica III.45).

Gráfica III.44 Análisis de Brecha entre demanda de Operadores y oferta de Fabricantes de Equipo en Mantenimiento Preventivo - Análisis de Vibraciones(n=12) (Operadores: 4, AMDEE: 5, Fabricantes=3)



Gráfica III.45 Análisis de Brecha entre demanda de Operadores y oferta de Fabricantes de Equipo en Mantenimiento Preventivo - Obra Civil (n=12) (Operadores: 4, AMDEE: 5, Fabricantes=3)



Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Con relación al detalle y especificaciones que los fabricantes de servicios pueden ofrecer en términos de **Mantenimiento Preventivo - Análisis de Vibraciones**; se destacan los siguientes (Tabla III.46).

Tabla III.46 Especificaciones de los Servicios con posibilidad de los fabricantes para Mantenimiento Preventivo – Análisis de vibraciones,

<b>Toma de Muestra</b>	<b>Renta de Equipo</b>	<b>Análisis</b>
Muestras de concreto		

Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Con relación al detalle y especificaciones que los fabricantes de servicios pueden ofrecer en términos de Mantenimiento Preventivo – Obra civil; se destacan los siguientes (Tabla III.47).

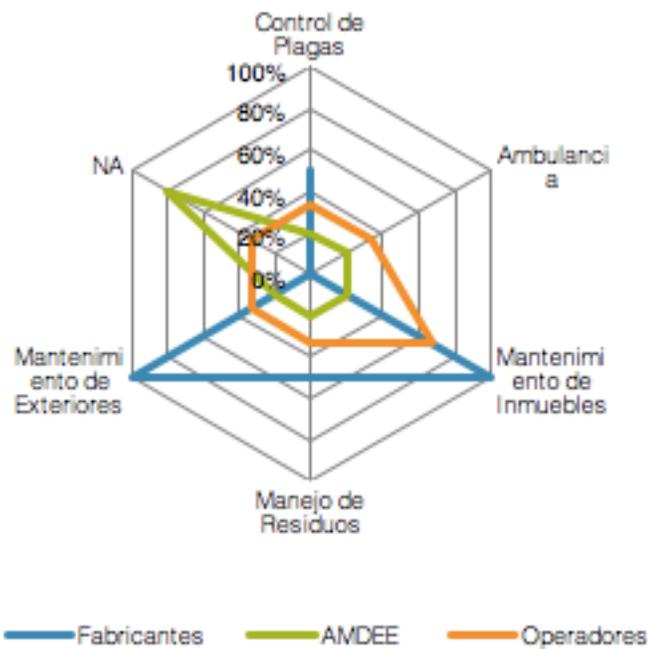
Tabla III.47 Especificaciones de los Servicios con posibilidad de los fabricantes para Mantenimiento Preventivo – obra civil

<b>Banquetas</b>	<b>Cunetas</b>	<b>Impermeabilización</b>	<b>Limpieza y mantenimiento de caminos</b>
Construcción y mantenimiento banquetas	Construcción y mantenimiento de cunetas	Productos certificados y aplicación de impermeabilización	Construcción mantenimiento de caminos accesos carreteras

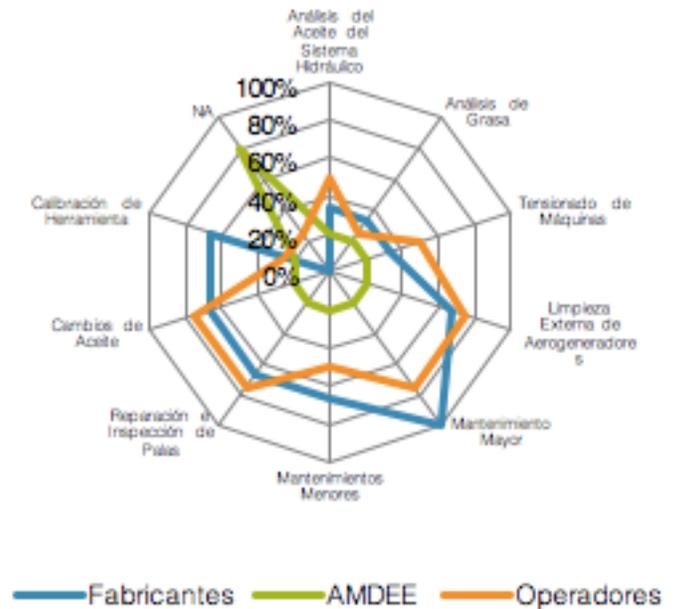
Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Con relación al análisis de brecha entre la demanda de los Operadores de Parques Eólicos y la oferta de los Fabricantes de Servicios en Mantenimiento Preventivo- Servicios Generales podemos darnos cuenta que la demanda puede ser cubierta en su totalidad por los fabricantes (Grafica III.48). En lo que se refiere al Análisis de brecha entre la demanda de los Operadores de Parques Eólicos y la oferta de los Fabricantes de Servicios En Mantenimiento Preventivo – Mecánico podemos darnos cuenta que esta puede ser cubierta por fabricantes nacionales (Grafica III.49).

Gráfica III.48 Análisis de Brecha entre demanda de Operadores y oferta de Fabricantes de Equipo en Servicios Generales (n=10) (Operadores: 3, AMDEE: 5, Fabricantes=2)



Gráfica III.49 Análisis de Brecha entre demanda de Operadores y oferta de Fabricantes en Mantenimiento Preventivo - Mecánico (n=12) (Operadores: 3, AMDEE: 5, Fabricantes=3)



Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Con relación al detalle y especificaciones que los fabricantes de servicios pueden ofrecer en términos de **Mantenimiento Preventivo – Mecánico**; se destacan los siguientes (Tabla III.50).

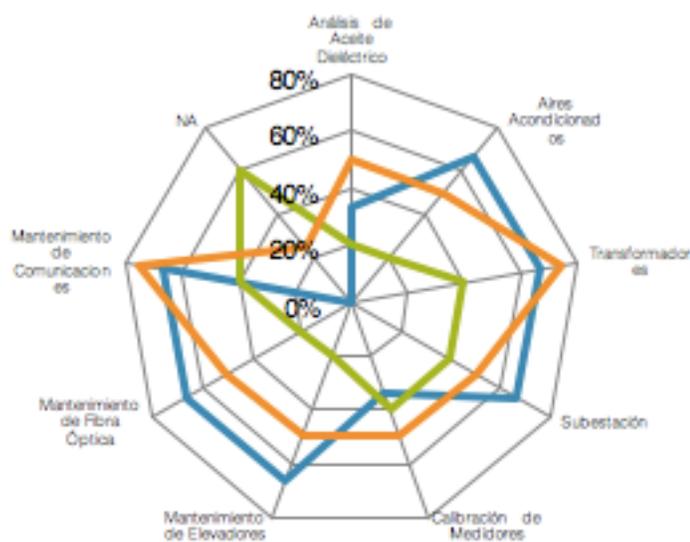
Tabla III.50 Especificaciones de los Servicios con posibilidad de los fabricantes para Mantenimiento Preventivo – Mecánico

Análisis del Aceite del Sistema Hidráulico	Análisis de Grasa	Tensionado de Máquinas	Limpieza Externa de Aerogeneradores
Análisis de aceites	Análisis de grasas	Tensionado de Máquinas	Limpieza y mantenimiento mayor

Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

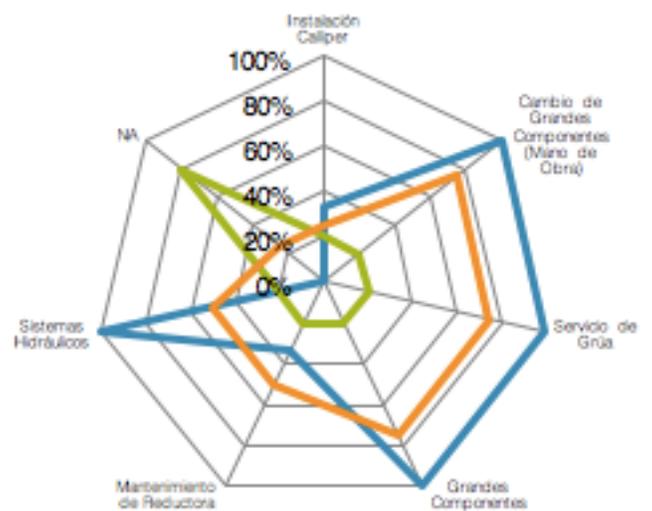
Con relación al análisis de brecha entre la demanda de los Operadores de Parques Eólicos y la oferta de los Fabricantes en **Mantenimiento Preventivo – Eléctrico** podemos darnos cuenta que la demanda estimada puede ser cubierta por la capacidad de la proveeduría nacional (Grafica III.51). Con relación al análisis de brecha entre la demanda de los Operadores de Parques Eólicos y la Oferta de los Fabricantes en **Mantenimiento Correctivo – Mecánico** se puede observar que los fabricantes tienen la capacidad para atender la demanda nacional (Grafica III.52).

Gráfica III.51 Análisis de Brecha entre demanda de Operadores y oferta de Fabricantes en Mantenimiento Preventivo - Eléctrico (n=12)  
(Operadores: 4, AMDEE: 5, Fabricantes=3)



— Fabricantes — AMDEE — Operadores

Gráfica III.52 Análisis de Brecha entre demanda de Operadores y oferta de Fabricantes en Mantenimiento Correctivo - Mecánico (n=12)  
(Operadores: 4, AMDEE: 5, Fabricantes=3)



— Fabricantes — AMDEE — Operadores

Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Con relación al detalle y especificaciones que los fabricantes de servicios pueden ofrecer en términos de **Mantenimiento Preventivo – Eléctrico**; se destacan los siguientes (Tabla III.53).

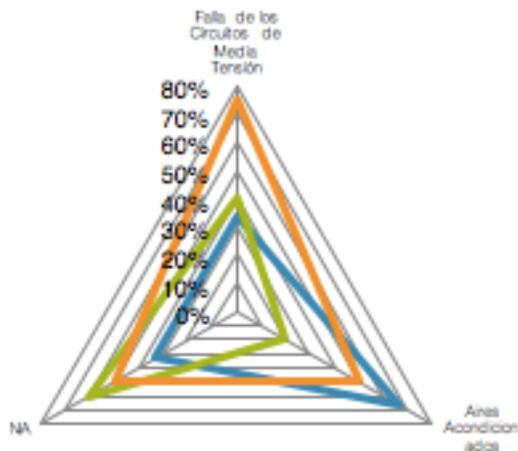
Tabla III.53 Especificaciones de los Servicios con posibilidad de los fabricantes para Mantenimiento Preventivo – Eléctrico

Calibración de Medidores	Mantenimiento de Elevadores	Mantenimiento de Fibra Óptica	Mantenimiento de Comunicaciones
Calibración de sensores y medidores	Mantenimiento preventivo y correctivo	Mantenimiento	Comunicaciones

Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

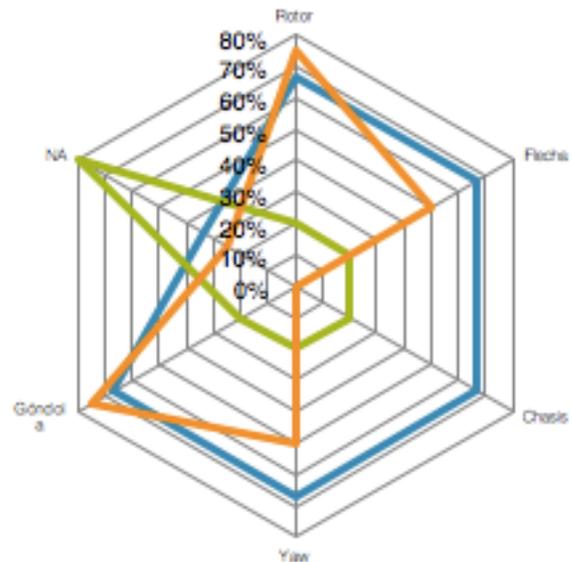
Con relación al análisis de brecha entre la demanda de los Operadores de Parques Eólicos y la Oferta de los Fabricantes en **Mantenimiento Correctivo – Eléctrico** se observar que los fabricantes tienen la capacidad para enfrentar la demanda nacional (Grafica III.54). Con relación al análisis de brecha entre la demanda de los Operadores de Parques Eólicos y la oferta de los Fabricantes en **Mantenimiento Correctivo – Mecánico** se tiene la capacidad para enfrentar la demanda nacionales en Falla de los Circuitos de Media Tensión y Aires Acondicionados (Grafica III.55).

Gráfica III.54 Análisis de Brecha entre demanda de Operadores y oferta de Fabricantes en Mantenimiento Correctivo - Eléctrico (n=12)  
(Operadores: 4, AMDEE: 5, Fabricantes=3)



— Fabricantes — AMDEE — Operadores

Gráfica III.55 Análisis de Brecha entre demanda de Operadores y oferta de Fabricantes en el Sistema Motriz del Aerogenerador (n=12)  
(Operadores: 4, AMDEE: 5, Fabricantes=3)



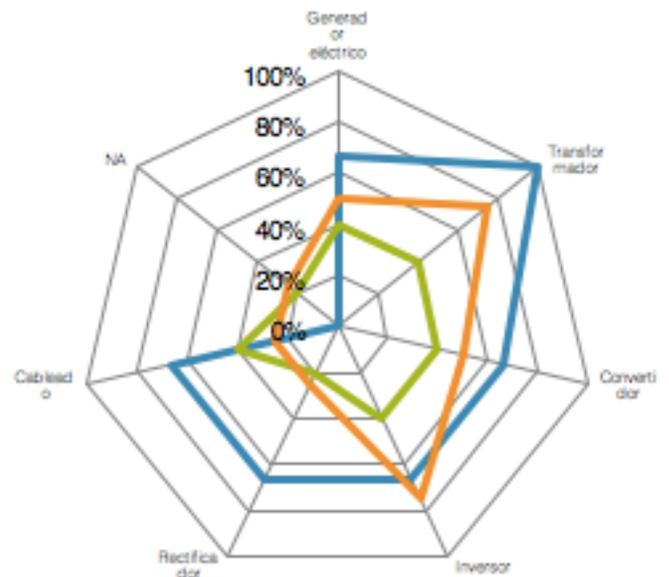
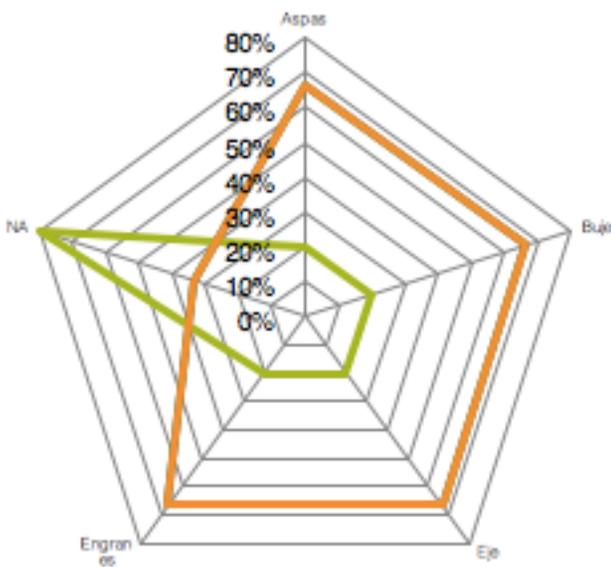
— Fabricantes — AMDEE — Operadores

Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Con relación al análisis de brecha entre la demanda de los Operadores de Parques Eólicos y la oferta de los Fabricantes en el **Sistema Aerodinámico del Aerogenerador** se identificó que los fabricantes tienen capacidad para atender la demanda estimada en Aspas Buje, Eje y Engranajes (Grafica III.56). Con relación al análisis de brecha entre la demanda de los Operadores de Parques Eólicos y la oferta de los Fabricantes en **Sistema Eléctrico del Aerogenerador** podemos darnos cuenta que los fabricantes cuentan con la para generar Generador eléctrico, Transformador, Convertidor, Inversor, Rectificador y Cableado (Grafica III.57).

Gráfica III.56 Análisis de Brecha entre demanda de Operadores y oferta de Fabricantes en el Sistema Aerodinámico del Aerogenerador (n=11) (Operadores: 3, AMDEE: 5, Fabricantes=3)

Gráfica III.57 Análisis de Brecha entre demanda de Operadores y oferta de Fabricantes en el Sistema Eléctrico del Aerogenerador(n=12) (Operadores: 4, AMDEE: 5, Fabricantes=3)



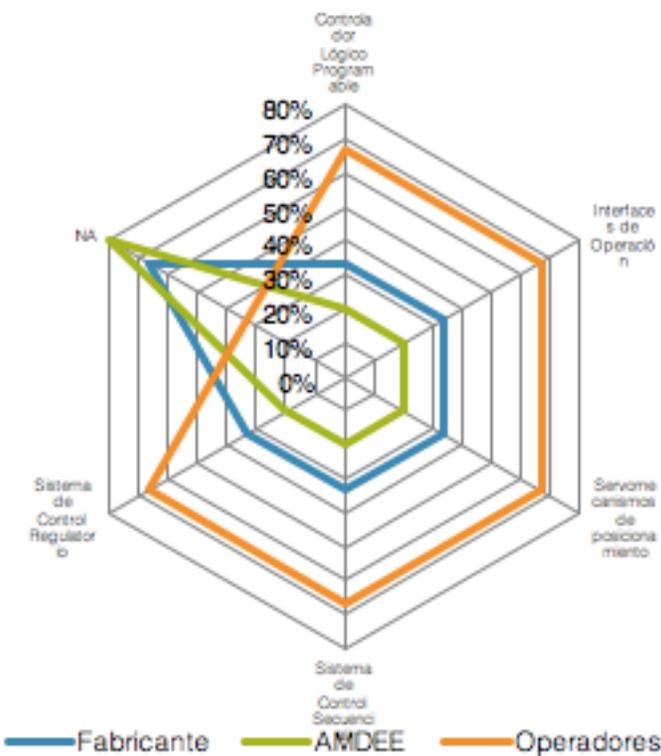
— Fabricantes — AMDEE — Operadores

— Fabricantes — AMDEE — Operadores

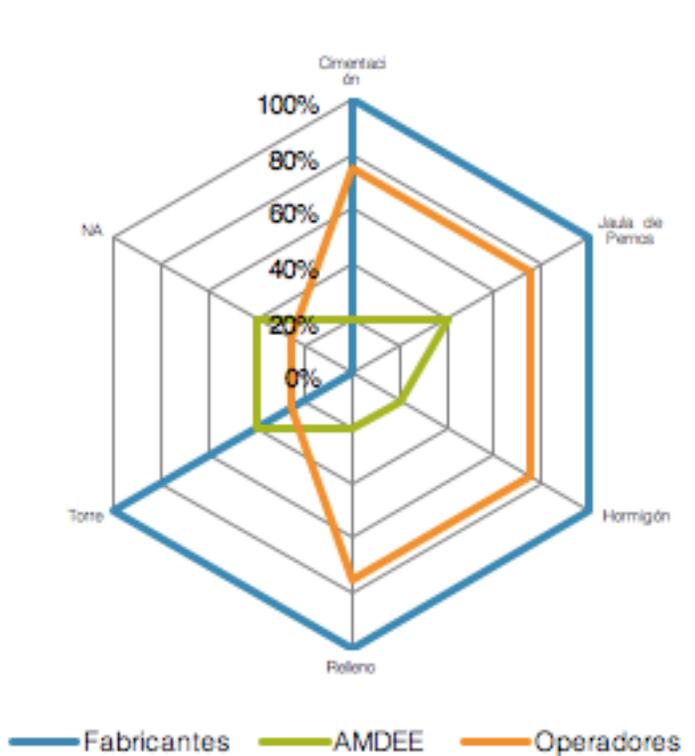
Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

Con relación al análisis de brecha entre la demanda de los Operadores de Parques Eólicos y la oferta de los Fabricantes en el **Sistema de Control del Aerogenerador** se observa que los Fabricantes res tienen la capacidad para cubrir la demanda nacional (Grafica III.58). Respecto al análisis de brecha en el **Sistema de Torre del Aerogenerador** se observa que los fabricantes tendrían la capacidad para atender la demanda de los operadores (Grafica III.59).

Gráfica III.58 Análisis de Brecha entre demanda de Operadores y oferta de Fabricantes en el Sistema de Control del Aerogenerador (n=11)  
(Operadores: 3, AMDEE: 5, Fabricantes=3)



Gráfica III.59 Análisis de Brecha entre demanda de Operadores y oferta de Fabricantes en el Sistema de Torre del Aerogenerador (n=12)  
(Operadores: 4, AMDEE: 5, Fabricantes=3)



Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

## ESTRATEGIAS Y LÍNEAS DE ACCIÓN

### Estrategia General

Como resultado de la ejecución del Estudio, la presente sección propone una serie de estrategias y líneas de acción para incrementar su participación en la cadena de valor, y de forma gradual incrementar el contenido nacional en la fabricación de aerogeneradores. Para atender las áreas de oportunidad identificadas, se proponen seis estrategias generales, a las que deberán vincularse líneas de acción específicas para los diferentes perfiles de empresas que conforman la industria eólica mexicana. A partir de dicho análisis, las estrategias generales son:

#### I. Capacitación

Los recursos humanos son un elemento crítico en el esfuerzo para contar con una industria competitiva, la ampliación de infraestructura y el desarrollo de tecnología sólo serán efectivos si se cuenta con personal capacitado. El 60% de las empresas encuestadas están interesadas en implementar cursos, talleres, entre otras actividades.

Los temas de mayor interés para las empresas participantes son: 1) Cadena de Valor, 2) Mantenimiento Correctivo y Preventivo, 3) Manejo de Inventario, 4) Calidad, 5) Liderazgo, 6) Innovación Tecnológica, 7) Gestión de Compras y 8) Desarrollo Organizacional.

#### II. Certificaciones

La adopción de normas y certificaciones requeridas por la industria eólica es un elemento crítico para mejorar las capacidades de proveeduría y contar con una industria competitiva. El 30% de las empresas participantes respondieron que si requieren algún tipo de certificación, principalmente por parte de empresas Proveedoras y Fabricantes, para incidir en la integración de la cadena de valor nacional.

En lo particular, los Operadores de Parques Eólicos encuestados solicitan en una mayor proporción la certificación ISO 9001, seguida de las certificaciones ISO 14100, OHSAS 18001, y en una menor medida la Certificación Global Wind Organization (GWO). Las empresas fabricantes de equipo, han priorizado en la certificación ISO 9001, y en el caso de las empresas proveedoras de servicios, aquellos proveedores asociados a la AMDEE han priorizado en la obtención de la Certificación Global Wind Organization (GWO), y las empresas encuestadas del Registro de Proveedores en la certificación ISO 9001, resaltando que la gran mayoría de los proveedores de servicios no cuentan con certificación es la prestación de servicios de operación y mantenimiento

#### III. Fabricación Local de Componentes

Actualmente, México no cuenta con fabricantes de componentes y ensamblaje de aerogeneradores. Las empresas fabricantes líderes a nivel internacional ubicadas en México, no tienen localmente plantas de manufactura de equipos y componentes. La integración de cadenas de valor globales

priorizan sobre el desarrollo de economías de escala en la fabricación de aerogeneradores, y sus tres componentes principales, mismos que se fabrican en diversas regiones del mundo, y se envían a los parques eólicos en desarrollo a través de complejos procesos logísticos. En la gran mayoría de los casos, los costos de los envíos resulta económicamente más eficiente que la instalación de una planta de manufactura.

En el caso de México, actualmente nuestro país participa sólo con el 1% de la capacidad eólica mundial con un total 4,051 MW, no obstante que se tiene una de las mayores tasas de crecimiento media anual (TCMA) del orden de 44% en el periodo 2008 – 2017. El tamaño del mercado, representa un importante freno en la toma de decisiones de inversión.

En este sentido, el incremento estimado en la capacidad de la energía eólica en nuestro país, aunque se ha incrementado de forma sostenida, no ha logrado diversificar la participación de fabricantes y proveedores de los principales componentes de aerogeneradores en el ámbito local, tanto a través del desarrollo de proveedores nacionales como a través de la localización de plantas de los fabricantes internacionales.

El crecimiento en la instalación de fabricantes y proveedores de los principales componentes de aerogeneradores en el ámbito local, debe ser un proceso gradual con énfasis hacia el desarrollo de determinados componentes y subcomponentes, por ejemplo las Palas, donde en el último año se han instalado empresas con capacidad de fabricación, principalmente para la exportación hacia el mercado de Texas, así como Generadores y sus partes, Convertidores de Potencia, Transformadores, entre otros.

Es importante señalar que el PRODESEN es un programa indicativo. En este sentido, la estimación de crecimiento del sector eólico al 2032 se verá reflejada según se vayan dando las subastas, los contratos bilaterales y los proyectos gubernamentales.

#### IV. Innovación y Desarrollo Tecnológico

La industria eólica nacional tiene un crecimiento limitado en sus prácticas de innovación y desarrollo tecnológico. Sólo 40% de las empresas entrevistadas están desarrollando algún proyecto de innovación, y sólo el 30% de las empresas entrevistadas mencionaron que si cuentan con áreas de investigación especificaciones. De la misma forma, las prácticas de vinculación son limitadas, sólo 30% de las empresas entrevistadas mantienen algún tipo de vinculación con Centros de Investigación, y Universidades y/o Instituciones Educativas, lo que abre oportunidades para su vinculación en proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, formación y acceso a recursos humanos, que incidan en la integración de la cadena de valor nacional.

#### V. Desarrollo de la Cadena de Valor

Dada la alta integración de la cadena global de valor y el tamaño de mercado del sector eólico en México, una de las principales oportunidades para la integración de la cadena de valor se tiene a través de la prestación de servicios para la operación y mantenimiento de los parques eólicos. Considerando la inversión estimada para la proyección de crecimiento de parques eólicos en México en el periodo de 1994 – 2031, se deberían destinar un monto de 14,828 MDD para la Fase de Operación y Mantenimiento.

## VI. Financiamiento

Esquemas que permitan a la industria nacional superar barreras de entrada a mecanismos de financiamiento, que faciliten el flujo de recursos financieros y la factibilidad de proyectos de la industria. Una de las principales consideraciones de las empresas entrevistadas es el alto costo de oportunidad para atender la demanda de los operadores de parques eólicos. Sólo 10% de las empresas han implementado mecanismos de financiamiento que permitan soportar el desarrollo de proveedores para la e integración de la cadena de valor nacional; 40% de las empresas señalaron que si estarían dispuestos a apoyar el desarrollo de proveedores nacionales para la integración de la cadena de valor; y 50% de las empresas señalaron que si tienen algún tipo de conocimiento de programas de apoyo gubernamentales lo que pudiera incidir positivamente en la integración de la cadena de valor.

Las estrategias generales se sustentan en líneas de acción específicas para cada uno de los componentes y subcomponentes susceptibles de ser fabricados localmente. En este sentido, las líneas de acción planteadas deberán contribuir a ampliar la capacidad de la industria nacional, sea alta o potencialmente competitiva, en términos no sólo de ser proveedor de la industria eólica, sino de exportar a otros mercados, desarrollar nuevos participantes, promover alianzas entre empresas nacionales y extranjeras, y/o ubicar empresas extranjeras en México con capacidad de producción.

Oferta Nacional con Capacidad de Producción y bajo Contenido Nacional

Para la oferta nacional con capacidad instalada suficiente pero con un Contenido Nacional inferior al valor para ser considerado como un bien nacional, se muestran en la siguiente Tabla, los principales hallazgos y motivos para la importación, los componentes susceptibles de fabricación nacional, y las áreas de oportunidad en componentes actualmente importados, conforme a las respuestas de las empresas entrevistadas.

Tabla XX. Oferta Nacional con Capacidad de Producción y bajo Contenido Nacional

<b>Componente</b>	<b>Principales Hallazgos Contenido Nacional</b>	<b>Motivos de Importación</b>	<b>Subcomponentes susceptibles de fabricación nacional</b>
Góndola	Baja integración de proveedores nacionales con cadenas de suministro global	Estrategia de suministro global Precio Calidad Tiempo de entrega	Generador
Góndola	Baja integración de proveedores nacionales con cadenas de suministro global	Calidad Tiempo de entrega Estrategia de suministro global	Convertidor de Potencia
Góndola	Baja integración de proveedores nacionales	Tiempo de entrega Estrategia de suministro global	Transformador
Aspas	Baja integración de proveedores nacionales con cadenas de suministro global	Calidad Estrategia de suministro global	Aspas
Torre	Baja integración de proveedores nacionales	Calidad Tiempo de entrega	Placas de Acero
Torre	Baja integración de proveedores nacionales	Calidad Tiempo de entrega Estrategia de suministro global	Recubrimiento / Pintura
Torre	Baja integración de proveedores nacionales con cadenas de suministro global	Calidad Tiempo de entrega Estrategia de suministro global	Iluminación
Torre	Baja integración	Calidad Tiempo de entrega Estrategia de suministro global	Cables

Fuente: Elaboración propia con resultados de las Entrevistas Aplicadas a Empresas Participantes.

## **CONCLUSIONES**

El presente estudio identifica la demanda estimada basada en las estimaciones de crecimiento de la industria eólica en México; información que apoya a la industria nacional en la planeación de su inversión en el corto y mediano plazo.

Asimismo, la demanda estimada, abre oportunidades a la especialización de la industria nacional en la fabricación de determinados componentes y subcomponentes susceptibles de ser fabricados nacionalmente, con la posibilidad de incrementar el contenido nacional, ya sea a través del aumento de sus capacidades internas de producción o mediante la subcontratación de proveedores nacionales.

La estructura de la industria se puede dividir en dos grandes bloques: las empresas fabricantes y desarrolladoras de capital extranjero, con una alta variedad de fabricación de equipos y servicios, economías de escala en su producción localizada en diferentes regiones; y las micro y pequeña empresas nacionales, ya sean fabricantes o proveedores con capacidades limitadas de producción, bajas economías de escala, y subutilización de sus recursos.

En ambos grupos de empresas, se tiene una limitada integración de la cadena de valor nacional, las empresas fabricantes y desarrolladoras importan los componentes principales de los parques eólicos. En el caso de la micro y pequeñas empresas, la baja demanda ha generado una subutilización de su capacidad instalada, optando por la importación de insumos para su comercialización nacional. Bajo estas circunstancias, el contenido nacional de los aerogeneradores es prácticamente nulo.

La industria nacional tiene capacidades limitadas para atender la demanda de crecimiento del sector eólico. En términos generales, las empresas entrevistadas tendrían capacidades de producción para atender la demanda de determinados subcomponentes, con la complejidad de que las empresas fabricantes y desarrolladoras importan el aerogenerador completo, y la integración de subcomponentes no es una práctica común.

En este sentido, el presente estudio plantea dos estrategias principales para mejorar o desarrollar las capacidades de producción e incrementar el contenido nacional y la integración de la cadena de valor: 1) Incrementar la fabricación nacional en aquellos subcomponentes susceptibles de ser fabricados localmente, y 2) Mejorar la integración de la cadena de valor en la Fase de Servicios de Operación y Mantenimiento.

Las estrategias planteadas permitirán consolidar la producción nacional de acuerdo con la demanda estimada del sector eólico, por lo que se deberán implementar líneas de acción diferenciadas con un enfoque hacia la especialización y el desarrollo de prácticas de innovación y desarrollo tecnológico, así como a través de otros factores productivos requeridos como equipamiento, proveeduría, tecnología, capacitación y adopción de normas especializadas, entre otros.



## BIBLIOGRAFÍA

- AMDEE. (Julio 2016). Iniciativa Eólica "Reporte de apoyo al desarrollo del Proceden. 08-October-2018, de AMDEE Sitio web: [www.pwc.com/structure](http://www.pwc.com/structure).
- Asociación Mexicana de Energía Eólica. (11 de Enero de 2018). Desarrollo de la Energía Eólica en México. 08-October-2018, de AMDEE Sitio web: [www.amdee.org](http://www.amdee.org)
- Asociación Mexicana de Energía Eólica. (2018). El Potencial Eólico de México "Oportunidades y retos en el nuevo sector eléctrico. 08 Octubre 2018, de AMDEE Sitio web: [www.pwc.com](http://www.pwc.com) y [www.amdee.org](http://www.amdee.org)
- Asociación Mexicana de Energía Eólica. (2006). Asociación Mexicana de Energía Eólica. "Quiénes Somos". 08-October-2018, de AMDEE Sitio web: [www.amdee.org/quienes-somos](http://www.amdee.org/quienes-somos)
- Asociación Mexicana de Energía Eólica A.C. (2018). Decálogo de Energías Renovables "Por un México más Sustentable. 08-October-2108, de AMDEE Sitio web: [www.amdee.org](http://www.amdee.org)
- México con Energía. (2018). Todos queremos un México con Energía. 08-October 2018, de AMDEE Sitio web: [www.amdee.org](http://www.amdee.org)
- Fis. David Cervantes Romero. (2006). Plan Estratégico de la Asociación Mexicana de Energía Eólica 2016 -2020. 08-October-2018, de AVANC Consultores Sitio web: [www.amdee.org](http://www.amdee.org)

- Jorge M Huacuz. (2018). Energía Eólica. 08-Octubre-2018, de Instituto de Investigaciones eléctricas Sitio web: [www.iiie.org.mx](http://www.iiie.org.mx)
- PA Government Serces, Inc. (Marzo 2009). Elementos para la promoción de Energía Eólica en México. 08-Octubre-2018, de Agencia de los Estado Unidos para el Desarrollo Internacional Sitio web: [www.paconsulting.com](http://www.paconsulting.com)
- Laura Bárbara Gómez. (Julio 2009). El Mercado de la Energía Eólica en México. 08-Octubre-2018, de Oficina Económica y Comercial de la embajada de España en Monterrey Sitio web: [www.cree.gob.mx](http://www.cree.gob.mx)
- M en C. Maria Georgina Ortiz Gallardo. (2017). Reporte de Inteligencia Tecnológica “Energía Eólica en Tierra”. 08 Octubre 2018, de Fondo Sectorial CONACYT Secretaria de Energía, Sustentabilidad Energética Sitio web: [www.gob.mx/sener](http://www.gob.mx/sener)
- Miguel Escudero González. (Septiembre 2006). El Mercado de las Energías Renovables en México. 08 Octubre 2018, de Oficina Económica y Comercial de la embajada de España en Monterrey Sitio web: [www.cree.gob.mx](http://www.cree.gob.mx)
- Javier Estrada y Jorge Pedroza. (2017). Contenido Nacional en los sectores de hidrocarburos y eléctrico. 17 de junio 2017, de PricewaterhouseCoopers, S.C. Sitio web: [www.pwc-com/mx](http://www.pwc-com/mx)
- MPC. (2016). Resumen del Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODES-EN) 2018-2032. Agosto del 2018, de PricewaterhouseCoopers, S.C Sitio web: [www.pwc-com](http://www.pwc-com)
- Luis Agosto de Suoza Ferreira. (2017). Actualizacao de Mapeamento da cadeia Produtiva da Industria Eólica no Brasil. 08 Octubre 2018, de Agencia Brasileira de Desenvolvimento Industrial Sitio web: [ww.abdi.com.br](http://ww.abdi.com.br)
- American Wind Energy Association. (2011). Wind Energy Indutry Manufacturing Supplier Handbook. 08 Octubre 2018, de GLWN Sitio web: [www.GLWN.org](http://www.GLWN.org)
- Department of Energy. (June 15 2014). US Wind Energy Manufacturing and Supply Chain: A Competitiveness Analysis. 08 Octubre 2018, de Global Wind Network Sitio web: [www.glwn.org](http://www.glwn.org)
- Michaela D. Platzer. (23 09 2011). U.S Wind Turbine Manufacturing Federal Support and Emerging Industry. 08 Octubre 2018, de Cornell University IRL School Sitio web: [www.digitalcommons.ilr.cornell.edu](http://www.digitalcommons.ilr.cornell.edu)
- American Wind Energy Association. (April 26 2018). American Wind Energy Association U.S Wind Industry First Quater 2018. 09 Octubre 2018, de Awea Date Servi Sitio web: [www.awea.org/1q2018](http://www.awea.org/1q2018)

- Arthouros Zervos. (2018). Renewable 2018 Global Estatus Report. 09 Octubre 2018, de Renewable Energy Policy Network for the 21st Century Sitio web: [www.iea.org](http://www.iea.org)
- Energy Efficiency & Renewable Energy. (August 2017). 2016 Wind Technologies Market Report. 09 Octubre 2018, de U.S. Departamen de Energy Sitio web: [www.ost.gov](http://www.ost.gov)
- Shane Sun. (February 2017). Global Wind Power Growing Opportunities for Japanese Companies. 09 Octubre 2018, de Delivering Renewable energy insight Sitio web: [www.MAKE.consulting](http://www.MAKE.consulting)
- Boston Estrategias Internacional. (16 de Diciembre de 2016). Estudio de Cadenas de Valor de Tecnologías Seleccionadas para Apoyar la en la Toma de Decisiones en Materia de Mitigación en el Sector de Generación Eléctrica y Contribuir al Desarrollo de Tecnologías. 09 de Octubre 2018, de Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) Sitio web: [www.inecc.gob.mx](http://www.inecc.gob.mx)
- Global Wind Energy Council. (April 2018). Global Wind Report. 09 Octubre n2018, de GWEC Sitio web: [www.gwec.net](http://www.gwec.net)
- International Renewable Agency Energy. (2018). Estadísticas de Energía Renovable 2018. 09 Octubre 2018, de international Renewable Agency Energy Sitio web: [www.irena.org](http://www.irena.org).
- Subsecretaria de Industria y Comercio. (Septiembre 2016). Cadena productiva de Generación Eólica. 08 Octubre 2018, de Secretaria de Economía Sitio web: [www.gob.mx/se/](http://www.gob.mx/se/)
- Oliver Ulises Flores Parra. (2017). PROGRAMA DE DESARROLLO DEL SISTEMA ELECTRICO NACIONAL 2017-2031. 08 Octubre 2018, de Secretaria de Energía Sitio web: [www.gob.mx/sener](http://www.gob.mx/sener)
- Unidad de Contenido y Fomento de Cadenas Productivas e Inversiones en el Sector Energético. (2017). Informe sobre el avancen la implementación de las estrategias para el fomento industrial de Cadenas Productivas Locales y para el fomento de la inversión directa en la Industria de Hidrocarburos. 08- Octubre-2018, de Secretaria de Economía Sitio web: [www.gob.mx/se/](http://www.gob.mx/se/)
- Subsecretaria de Industria y Comercio Unidad de Contenido Nacional y Fomento de Cadenas Productivas e Inversión en el Sector Energético. (2016). Estrategia para el fomento Industrial de Cadenas Productivas Locales y para el Fomento de la Inversión Directa en la Industria de Hidrocarburos 2016-2017. 08-Octubre-2018, de Secretarias de economía Sitio web: [www.gob.mx/se/](http://www.gob.mx/se/)
- Secretaria de Economía. (Noviembre 2015). Acuerdo por el que se da a conocer el cálculo de contenido nacional observado en las áreas en exploración y en los campos en Extracción en el primer semestre del 2014. 08-Octubre- 2018, de Diario Oficial de la Federación Sitio web: [www.gob.mx/se/](http://www.gob.mx/se/)

- Secretaria de Economía. (Viernes 26 de mayo de 2017). ACUERDO por el que se establecen las disposiciones para que los asignatarios, contratistas y permisionarios proporcionen información sobre contenido nacional en las actividades que realicen en la industria de hidrocarburos. 08-October-2018, de Diario Oficial de la Federación Sitio web: [www.gob.mx/se/](http://www.gob.mx/se/)
- Subsecretaria de Industria y Comercio Unidad de Contenido Nacional y Fomento de Cadenas Productivas e Inversión en el Sector Energético. (2016). Estrategia para el fomento Industrial de Cadenas Productivas Locales y para el Fomento de la Inversión Directa en la Industria de Hidrocarburos 2016-2017. 08-October-2018, de Secretarías de economía Sitio web: [www.gob.mx/se/](http://www.gob.mx/se/)
- Subsecretaria de Industria y Comercio Unidad de Contenido Nacional y Fomento de Cadenas Productivas e Inversión en el Sector Energético. (2016). Estrategia para el fomento Industrial de Cadenas Productivas Locales y para el Fomento de la Inversión Directa en la Industria de Hidrocarburos 2016-2017. 08-October-2018, de Secretarías de economía Sitio web: [www.gob.mx/se/](http://www.gob.mx/se/)
- Secretaria de Economía. (Jueves 13 de noviembre de 2014). ACUERDO por el que se establece la Metodología para la medición del contenido Nacional en Asignaciones y Contratos para la exploración y extracción de Hidrocarburos así como para los permisos en la Industria de los Hidrocarburos. 08 Octubre 2018, de Diario Oficial de La Federación Sitio web: [www.gob.mx/se/](http://www.gob.mx/se/)
- Subsecretaria de Industria y Comercio Unidad de Contenido Nacional y Fomento de Cadenas Productivas e Inversión en el Sector Energético. (2016). Estrategia para el fomento Industrial de Cadenas Productivas Locales y para el Fomento de la Inversión Directa en la Industria de Hidrocarburos 2016-2017. 08-October-2018, de Secretarías de economía Sitio web: [www.gob.mx/se/](http://www.gob.mx/se/)
- Subsecretaria de Industria y Comercio Unidad de Contenido Nacional y Fomento de Cadenas Productivas e Inversión en el Sector Energético. (2017). Catálogo de Bienes y Servicios de la Industria de los Hidrocarburos (UPSTREAM). 08- October-2018, de Secretaria de Economía Sitio web: [www.gob.mx/se/](http://www.gob.mx/se/)
- Subsecretaria de Industria y Comercio Unidad de Contenido Nacional y Fomento de Cadenas Productivas e Inversión en el Sector Energético. (2016). Estrategia para el fomento Industrial de Cadenas Productivas Locales y para el Fomento de la Inversión Directa en la Industria de Hidrocarburos 2016-2017. 08-October-2018, de Secretarías de economía Sitio web: [www.gob.mx/se/](http://www.gob.mx/se/)
- Cámara de Diputados. Secretaria de Servicios Parlamentarios. (11 de Agosto de 214). LEY DE HIDROCARBUROS. 08-October-2014, de Diario Oficial de la federación Sitio web: <https://www.dof.gob.mx>
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (31 de octubre de 2014). Ley de Hidrocarburos. 08-October 2018, de Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión Sitio web: [www.diputados.gob.mx/](http://www.diputados.gob.mx/)

- Subsecretaría de Industria y Comercio Unidad de Contenido Nacional y Fomento de Cadenas Productivas e Inversión en el Sector Energético. (2017). Guía de Estándares Técnicos para Empresas proveedoras de la Industria de Hidrocarburos. 08-Octubre-2018, de Secretaría de Economía Sitio web: [www.gob.mx/se/](http://www.gob.mx/se/)
- Subsecretaría de Industria y Comercio Unidad de Contenido Nacional y Fomento de Cadenas Productivas e Inversión en el Sector Energético. (2016). Estrategia para el fomento Industrial de Cadenas Productivas Locales y para el Fomento de la Inversión Directa en la Industria de Hidrocarburos 2016-2017. 08-Octubre-2018, de Secretarías de economía Sitio web: [www.gob.mx/se/](http://www.gob.mx/se/)

