



CEMIE-Hidro

Bases para un **Centro Mexicano
en Innovación de Energía Hidroeléctrica**

1era Parte: Infraestructura Hidroeléctrica Actual



Bases para un
**Centro Mexicano en Innovación
de Energía Hidroeléctrica**

CEMIE-Hidro

1era Parte: Infraestructura Hidroeléctrica Actual

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA

Las opiniones, datos y citas presentadas en los artículos de esta obra son de responsabilidad exclusiva de los autores y no reflejan, necesariamente, los puntos de vista de las instituciones que editan esta publicación.

Bases para un
Centro Mexicano en Innovación de Energía Hidroeléctrica
CEMIE-Hidro

1era Parte: Infraestructura Hidroeléctrica Actual

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA

Palacios Fonseca, Ana Alicia (ed.)

Bases para un Centro Mexicano en Innovación de Energía Hidroeléctrica, CEMIE-Hidro
1era Parte: Infraestructura Hidroeléctrica Actual / Ana A. Palacios Fonseca, Nestor Peña García,
Eduardo Alexis Cervantes Carretero, Alberto Güitrón de los Reyes y Mario López Pérez.
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA
74 p. 21.59 x 34 cm

ISBN: En proceso (obra impresa)

ISBN: 978-607-9368-94-4 volumen (obra digital)

ISBN: 978-607-9368-93-7 obra completa (obra digital)

1. Antecedentes 2. Marco Legal de las Energías Limpias 3. Alianzas Estratégicas 4. Modernización y
Repotenciación de Centrales 5. Infraestructura hidráulica existente

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA, ©2017.

Autores:

Ana A. Palacios Fonseca, Nestor Peña García, Eduardo Alexis Cervantes Carretero, Alberto Güitrón de los Reyes y Mario López Pérez.

Responsables de la edición:

Ana Alicia Palacios Fonseca y Luis Enrique Nájera Zamora

Primera edición. 2017

DR © Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA

Paseo Cuauhnáhuac 8532

Progreso, Jiutepec, Morelos, México.

www.imta.gob.mx

ISBN: En proceso (obra impresa)

ISBN: 978-607-9368-94-4 volumen (obra digital)

ISBN: 978-607-9368-93-7 obra completa (obra digital)

Todos los derechos reservados. Ni la totalidad ni parte de la presente publicación puede ser reproducida, almacenada en sistemas de recuperación de información, transmitida bajo cualquier forma o por ningún medio, sea electrónico, mecánico, de fotocopia o grabación, sin la previa autorización, por escrito, de los editores.

Impreso en México – *Printed in Mexico*

ÍNDICE

PRÓLOGO	1
PRESENTACIÓN	2
Barreras	3
Oportunidades	3
ANTECEDENTES	4
Energía Hidroeléctrica en el Mundo	5
Energía Hidroeléctrica en México	6
Evolución esperada de la capacidad instalada y la generación hidroeléctrica	8
MARCO LEGAL DE LAS ENERGÍAS LIMPIAS	10
Leyes, Reglamentos, Planes, Estrategias, Programas, Lineamientos y Normas que intervienen en el Marco Legal de las Energías Limpias	11
Ley General de Cambio Climático, LGCC	13
Estrategia Nacional de Cambio Climático, ENCC	13
Ley de Transición Energética, LTE	14
Programa Sectorial de Energía, PSE	14
Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional, PRODESEN	14
ALIANZAS ESTRATÉGICAS	16
Alianza IMTA – INEEL para el desarrollo de la generación hidroeléctrica	17
CEMIE-Hidro	20
Oportunidades de desarrollo del CEMIE-Hidro	20
Otros CEMIE´s	20

MODERNIZACIÓN Y/O REPOTENCIACIÓN DE CENTRALES EXISTENTES	22
Capacidad instalada actual de generación hidroeléctrica	23
Identificación de centrales para modernización y repotenciación	26
EQUIPAMIENTO EN EMBALSES EXISTENTES	34
Infraestructura hidráulica existente	35
Potencial y volumen de almacenamiento	38
Potencial de pequeña, mini y micro generación	42
Parámetros para el cálculo de Potencial	48
Caudal de operación para generación en infraestructura existente	49
CONCLUSIONES	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Generación Hidroeléctrica Mundial 2015	4
Figura 2. Generación mundial de energías limpias en GWh, 2015	5
Figura 3. Capacidad Instalada mundial de energías limpias en MW, 2015	5
Figura 4. Nuevas adiciones de capacidad en energías renovables mundo 2006-2016	5
Figura 5. Capacidad instalada para energías limpias 2016 en México, en MW	6
Figura 6. Generación Anual para energías limpias 2016 en México, en GWh	6
Figura 7. Capacidad y generación en centrales hidroeléctricas 2016 (MW/GWh) y Mapa de disponibilidad hidráulica	7
Figura 8. Prospectiva a mediano y largo plazo	8
Figura 9. Generación por tipo de tecnología estimada para el año 2031	8
Figura 10. Capacidad instalada por tipo de tecnología estimada para el año 2031	8
Figura 11. Evolución de la generación de energía eléctrica 2017-2031	9

Figura 12. Leyes en Materia Energética y Ambiental	11
Figura 13. Marco Legal en materia de Energías Limpias	12
Figura 14. Principales Objetivos de la Ley General de Cambio Climático	13
Figura 15. Principales hitos en materia energética para los próximos 10, 20 y 40 años	13
Figura 16. Principales Características de la Ley de Transición Energética	14
Figura 17. 1era reunión IMTA-INEEL, de acciones para impulsar la generación hidroeléctrica	17
Figura 18. Fotografía	18
Figura 19. Programa de Conferencias y Mesas Temáticas del 1er Simposio IMTA-INEEL	18
Figura 20. Fotografía	18
Figura 21. Fotografía	19
Figura 22. Oportunidades de desarrollo de la generación hidroeléctrica en México, a través del CEMIE-Hidro	21
Figura 23. Centrales actuales mayores a 50 años	27
Figura 24. Estudios necesarios previos a las Rehabilitación y Repotenciación de centrales	33
Figura 25. Ajuste Potencia Vs Vol. Almacenamiento (<3400 y >1800 hm ³)	38
Figura 26. Ajuste Potencia Vs Vol. Almacenamiento (<355 y >292 hm ³)	38
Figura 27. Ajuste Potencia Vs Vol. Almacenamiento (<300 y > 15 hm ³)	38
Figura 28. Presas de riego entre 3900 hm ³ y 100 hm ³ (49 presas)	39
Figura 29. Presas de riego entre 100 hm ³ y 15 hm ³ (115 presas)	40
Figura 30. Presas de riego entre 15 hm ³ y 1 hm ³ (1,125 presas)	41
Figura 31. Lista de nombres del Mapa 7	45
Figura 32. Lista de nombres del Mapa 8	47
Figura 33. Estadísticas Agrícolas de la CONAGUA	49
Figura 34. Superficie regada en todo el país 2011-2015	50
Figura 35. Ciclos de cultivo de los DR	50
Figura 36. Lista de nombres del Mapa 9	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Presas de generación actual	23
Tabla 2. Presas de generación actual mayores a 50 años y menores a 30 MW	29
Tabla 3. Presas de generación actual menores a 50 años y menores a 30 MW	32
Tabla 4. Usos de agua de las presas	35
Tabla 5. Número de Distrito de Riego, DR y la Presa que lo abastece	51
Tabla 6. Presas potenciales de pequeña generación (menor a 30 MW y mayor a 5 MW)	58
Tabla 7. Presas potenciales de mini generación (de 1 a 5 MW)	59
Tabla 8. Presas con potencial micro generación (menor de 1 MW)	62

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Centrales de generación hidroeléctrica actuales	25
Mapa 2. Centrales actuales con más de 50 años y menores a 30 MW	28
Mapa 3. Centrales actuales con menos de 50 años y menores a 30 MW	31
Mapa 4. Infraestructura hidráulica existente	36
Mapa 5. Infraestructura hidráulica existente con uso para riego y derivadoras	37
Mapa 6. Infraestructura existente con potencial de 5 a 30 MW (Pequeñas centrales)	43
Mapa 7. Infraestructura existente con potencial de 1 a 5 MW (Mini centrales)	44
Mapa 8. Infraestructura existente con potencial menor a 1 MW (Micro centrales)	46
Mapa 9. Infraestructura existente y los Distritos de riego	56

PRÓLOGO

El IMTA ha retomado desde 2016 la temática de la hidrogenación y recientemente, en alianza con el Instituto Nacional de Electricidad y Energía Limpias (INEEL), ha buscado promover la creación de un Centro Mexicano en Innovación de Energía Hidroeléctrica (CEMIE-Hidro), sobre la base de reuniones de discusión y análisis de información fundamental.

Dado que la información es abundante, se tiene previsto publicar dos libros. En el presente se analizan dos posibilidades para potenciar la generación hidroeléctrica actual:

1. El uso de infraestructura hidráulica existente.
2. La identificación de centrales para repotenciación y modernización.

En el segundo libro se mostrará la temática de:

3. Nuevas centrales de generación.
4. Almacenamiento mecánico de energía por bombeo hidráulico.

Se presenta además el contexto de la situación actual de las energías renovables y la energía hidroeléctrica en el mundo y en México, así como la prospectiva de desarrollo nacional. El marco regulatorio de las energías limpias y particularmente de la energía hidroeléctrica, así como su alineación a las metas de reducción de GEI a partir de la Ley General de Cambio Climático (LGCC).

Finalmente se dan a conocer las posibilidades que se tienen de generación hidroeléctrica a través del uso de

infraestructura hidráulica existente y de las presas de generación actual con posibilidad de repotenciación.

Existen estructuras hidráulicas que no tienen aprovechamiento de energía eléctrica, pero son susceptibles de llegar a esto, como son las presas de almacenamiento, derivadoras, canales de riego, acueductos, plantas de tratamiento, obras de regulación, entre otros, y que pueden ser utilizadas para la generación de energía eléctrica, respetando las necesidades actuales en los usos del agua y sin afectar el entorno económico, social y ambiental. Existen casos donde ya se previó el equipamiento hidroeléctrico y no se llevó a cabo, y que en su mayoría están en un entorno de zonas productivas, como son los distritos de riego.

Por otro lado, se ha identificado la importancia de implementar la modernización y repotenciación de las centrales de generación actual, ya que, en muchos casos, éstas ya cumplieron su vida útil. Algunas instalaciones pueden superar los 100 años y es usual contar con equipos con bajas eficiencias de operación, ya sea por su diseño original o por las pérdidas de eficiencia acumuladas durante su vida de servicio, por lo cual se puede trabajar en la modernización de equipos e instalaciones auxiliares que permitan recuperar las eficiencias operativas originales o incrementar la capacidad de generación actual.

A través de la modernización y repotenciación se tienen las posibilidades de incrementar su factor de planta, siendo así más atractivo en relación con otras fuentes como la solar y la eólica, además operando

con tiempos de vida útil de 50 años, mientras que las otras no superan los 25 años.

En este sentido, este documento aporta las bases indispensables para analizar el estado actual de la generación hidroeléctrica en operación y las posibilidades de utilizar la infraestructura hidráulica actual a partir del equipamiento necesario.

Es importante reiterar que esta colección de dos libros tiene como propósito central el incentivar la discusión y definición de las temáticas de investigación e innovación del CEMIE-Hidro.

Dichas temáticas no solo se refieren a aspectos estrictamente técnicos sino también a los ambientales y sociales que van íntimamente ligados a la generación hidroeléctrica.

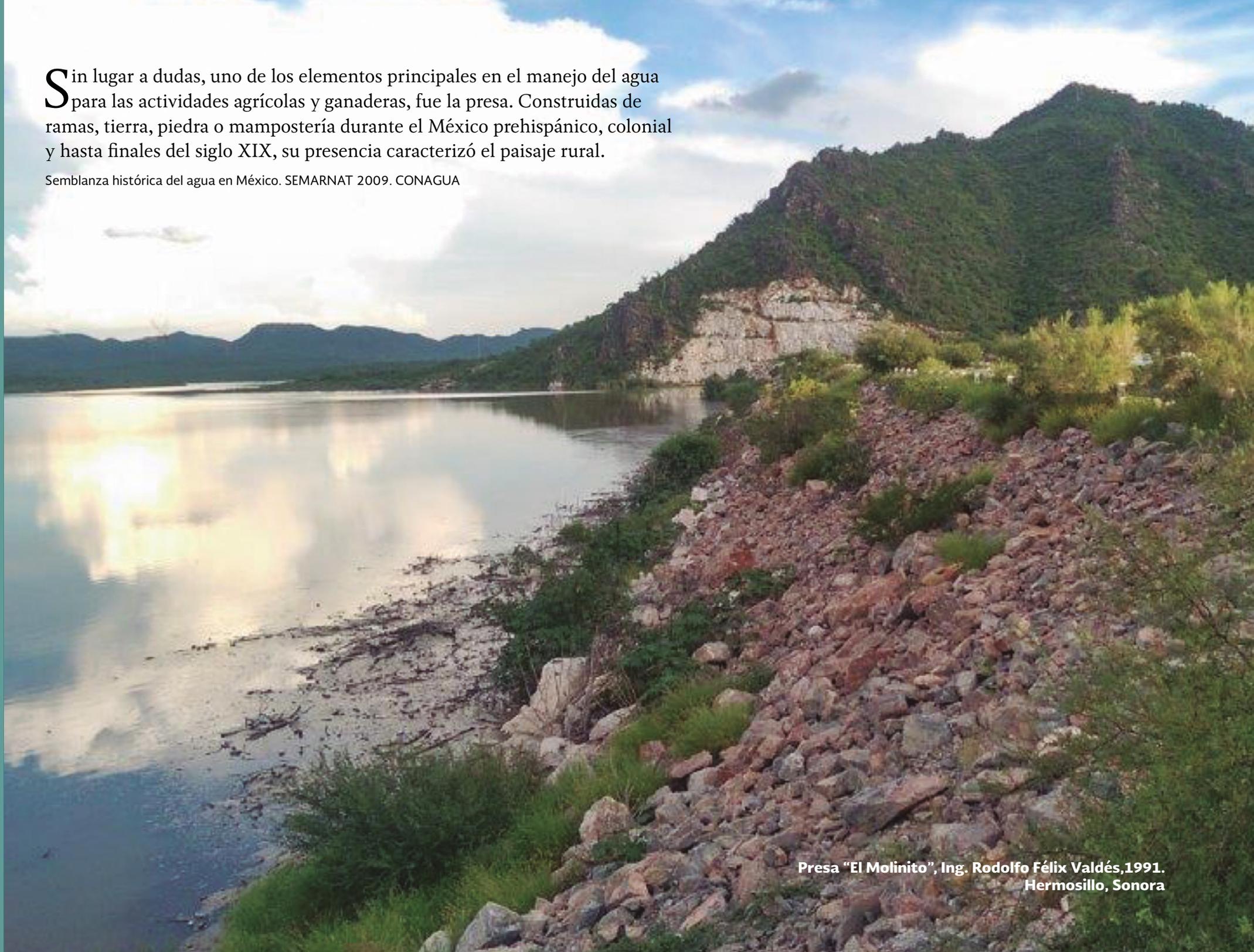
M.C. Mario López Pérez
Coordinador de Hidrología
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA



PRESENTACIÓN

Sin lugar a dudas, uno de los elementos principales en el manejo del agua para las actividades agrícolas y ganaderas, fue la presa. Construidas de ramas, tierra, piedra o mampostería durante el México prehispánico, colonial y hasta finales del siglo XIX, su presencia caracterizó el paisaje rural.

Semblanza histórica del agua en México. SEMARNAT 2009. CONAGUA



Presa "El Molinito", Ing. Rodolfo Félix Valdés, 1991.
Hermosillo, Sonora

La mayor parte de la capacidad en operación renovable continúa dominada por la generación hidroeléctrica, con el 48%, que en suma con la energía eólica (16%) representan el 64% de la generación¹.

La generación hidroeléctrica ha constituido una de las opciones más atractivas para la producción de energía, que en sistemas bien planificados brinda importantes opciones de desarrollo social para las comunidades en la zona de influencia de los proyectos.

México cuenta con recursos hídricos suficientes y adecuadamente distribuidos, y su potencial hidroeléctrico está en función del almacenamiento de las presas, que es del orden de 150 mil millones de metros cúbicos, éste volumen depende de la precipitación y los escurrimientos en las distintas regiones del país. Actualmente se tienen 181 presas que representan casi el 80% de la capacidad total de almacenamiento del país.

Recientemente el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), y el Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (INEEL), llevaron a cabo el 1er Simposio “Barreras y oportunidades para el desarrollo de la Generación Hidroeléctrica”, el pasado 26 de octubre de 2017, para potenciar las capacidades individuales, e identificar proyectos de investigación a través de la creación de un Centro Mexicano de Innovación de Energía Hidroeléctrica (CEMIE-Hidro).

¹ Programa de Desarrollo del Sector Eléctrico Nacional, PRODESEN 2017-2031. SENER.

Barreras

Algunos de los principales retos y barreras para desarrollar el potencial hidroeléctrico, tienen que ver con las nuevas reglas del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), a partir de la Reforma Energética, como son:

- Baja competitividad frente a las nuevas tecnologías (eólica y solar) debido a los bajos precios y los tiempos de ejecución menores.
- Nivel bajo de ingresos por capacidad instalada.
- Bajo diferencial en precios de generación de base y de punta considerados en subastas.
- Incertidumbre en los precios futuros de comercialización de la energía.
- Inversión mayor por MW en comparación con otras tecnologías.

En los aspectos socioambientales, desde la sustentabilidad y el desarrollo regional, los retos identificados son:

- Efectos medioambientales adversos.
- Percepción negativa y rechazo social a proyectos por parte de algunos sectores.
- Altas expectativas de las comunidades para subsanar subdesarrollo y falta de servicios.
- Usos y costumbres en el manejo del agua.
- Imposición de limitaciones a la disponibilidad del recurso hídrico aguas arriba por el compromiso con las centrales de generación.

Oportunidades

Las oportunidades de desarrollo que permitirían en el corto plazo potenciar la generación hidroeléctrica se encuentran dentro de tres grandes temas de análisis:

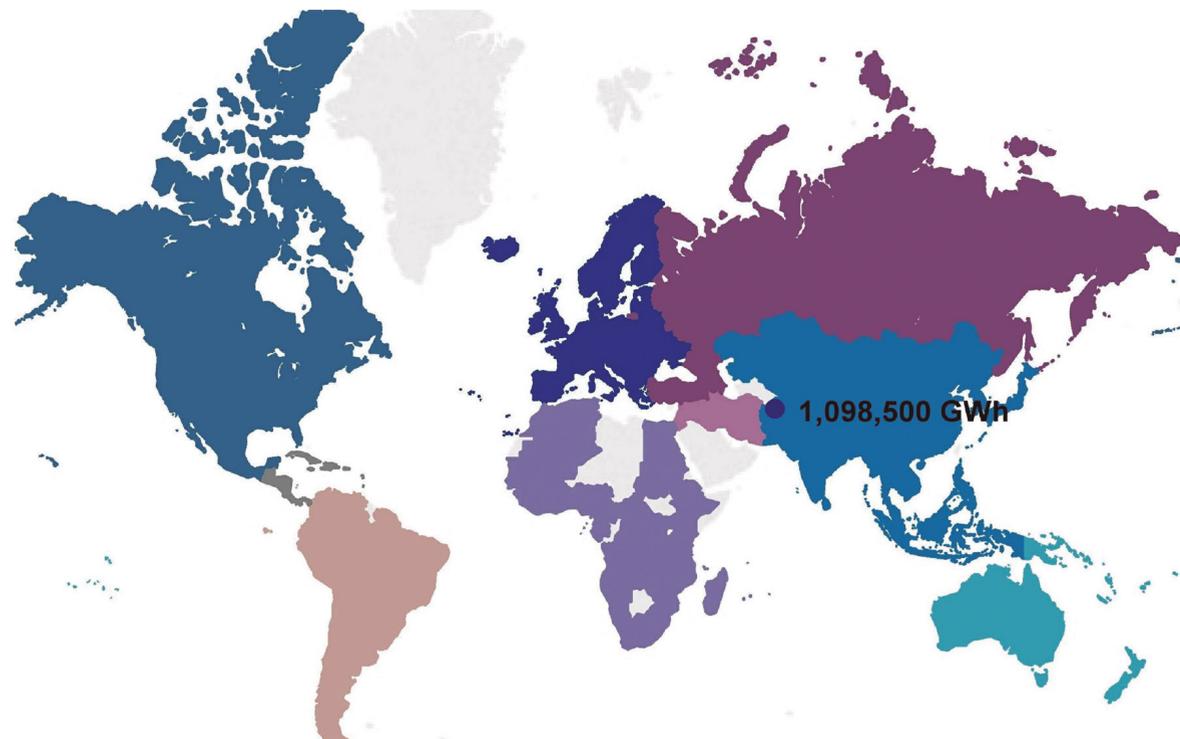
- i. Caracterización y Evaluación de los recursos.
- ii. Desarrollo de tecnología, Investigación e Innovación.
- iii. Participación en el Mercado.

Y mediante cuatro esquemas de explotación hidroeléctrica para ser competitivos en el nuevo Mercado Eléctrico:

1. Nuevas centrales de generación.
2. Infraestructura hidráulica existente.
3. Modernización y/o repotenciación.
4. Almacenamiento por bombeo hidráulico.

Este documento sienta las bases del contexto actual de las energías renovables y la energía hidroeléctrica en México, así como la situación actual de dos de los esquemas de análisis importantes para el desarrollo de este sector.

M. I. Ana A. Palacios Fonseca
Especialista en Hidráulica
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA



Panorama Global en la Capacidad de Energía Renovable & Generación Eléctrica

Región	Capacidad (GWh)	Porcentaje del Total Mundial	Sector	Tecnología	Año
África	118,654	2.1%	Generación Eléctrica	Hidroeléctrica	2015
Asia	1,582,726	28.2%	Generación Eléctrica	Hidroeléctrica	2015
América Central y el Caribe	23,809	0.4%	Generación Eléctrica	Hidroeléctrica	2015
Euroasia	247,507	4.4%	Generación Eléctrica	Hidroeléctrica	2015
Europa	561,977	10.0%	Generación Eléctrica	Hidroeléctrica	2015
Norte América	662,515	11.8%	Generación Eléctrica	Hidroeléctrica	2015
Medio Oriente	19,832	0.4%	Generación Eléctrica	Hidroeléctrica	2015
Oceania	39,791	0.7%	Generación Eléctrica	Hidroeléctrica	2015
Sur América	642,171	11.5%	Generación Eléctrica	Hidroeléctrica	2015

Figura 1. Generación Hidroeléctrica Mundial 2015. www.resourceirena.irena.org

Energía Hidroeléctrica en el Mundo

Según cifras de la *International Renewable Energy Agency* (IRENA, por sus siglas en inglés), a nivel mundial la capacidad instalada con energías renovables en 2015 fue de 1,849,496 MW, donde la hidroelectricidad concentra el 70.4% de la Generación Anual con 3,898,980.88 GWh, y el 59.4% de la capacidad instalada (1,098,279.76 MW).

Donde Asia tiene el 28.2%, Norte América el 11.8%, Europa el 10% y Sudamérica el 11.5% de la generación, entre los más importantes².

Asimismo, las adiciones de capacidad en hidroeléctricas no han incrementado en comparación con otras fuentes, de acuerdo con las estadísticas de 2006 a 2016 presentadas por IRENA.

Las tecnologías solar y eólica mostrarán un incremento muy considerable en su participación en el periodo 2025-2030, las cuales resultarían competitivas contra cualquier otra fuente de energía, dada las reducciones de costos del 40% al 50%, mientras que en el solar disminuyan en un 25%, esto debido al apoyo político sostenido, el progreso tecnológico y la expansión en nuevos mercados con mejores recursos renovables³.

² *International Renewable Energy Agency*, IRENA. Capacity and Generation. <http://resourceirena.irena.org/gateway/dashboard/?topic=4&subTopic=17>

³ *Bloomberg New Energy Finance*.

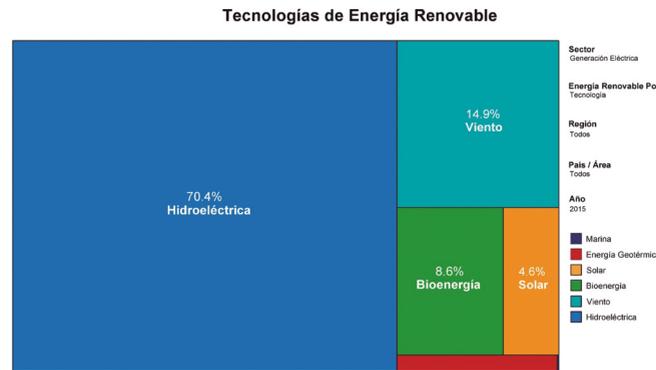


Figura 2. Generación mundial de energías limpias en GWh, 2015 www.resourceirena.irena.org

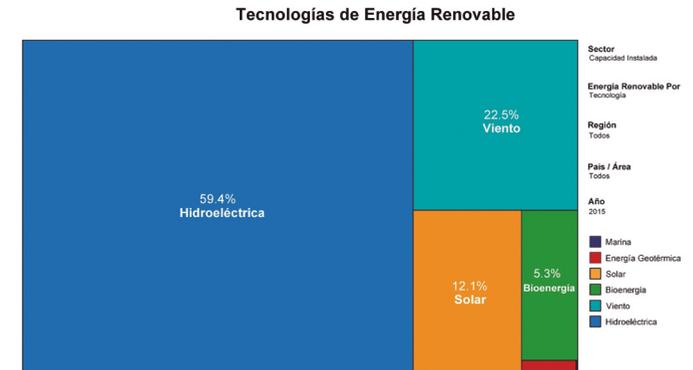


Figura 3. Capacidad Instalada mundial de energías limpias en MW, 2015 www.resourceirena.irena.org

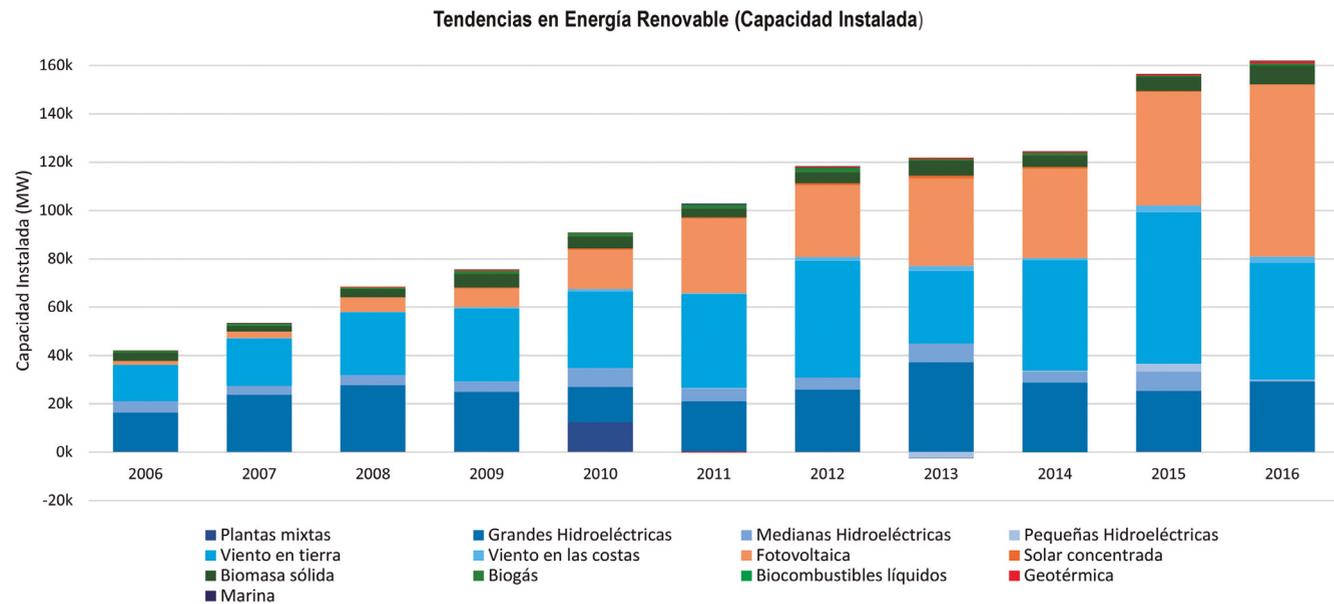


Figura 4. Nuevas adiciones de capacidad en energías renovables mundo 2006-2016. www.resourceirena.irena.org

Energía Hidroeléctrica en México

De acuerdo con datos del PRODESEN 2017-2031, en el 2016, de la capacidad instalada, el 71.2% proviene de tecnologías convencionales y 28.8% de tecnologías limpias.

La generación hidroeléctrica representó el 17% de la capacidad instalada, con 12,589 MW en 84 centrales hidroeléctricas, es decir 1 de cada 4 MW instalados a nivel nacional, la generación anual las energías limpias contribuyen con el 20.3%, es decir 64,868 GWh, donde la hidroeléctricas aportan el 48% de la generación total⁴.

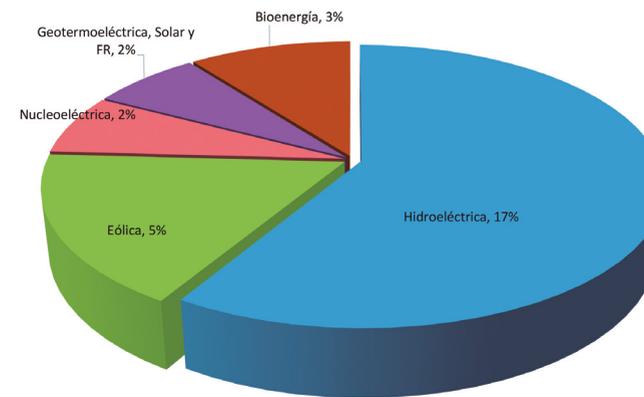


Figura 5. Capacidad instalada para energías limpias 2016 en México, en MW.
Fuente: PRODESEN 2017-2031.

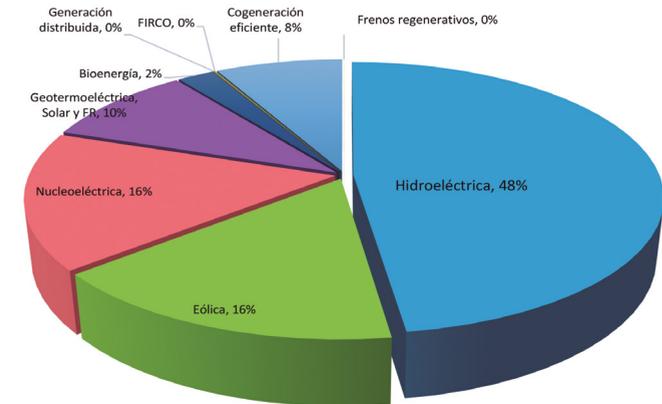


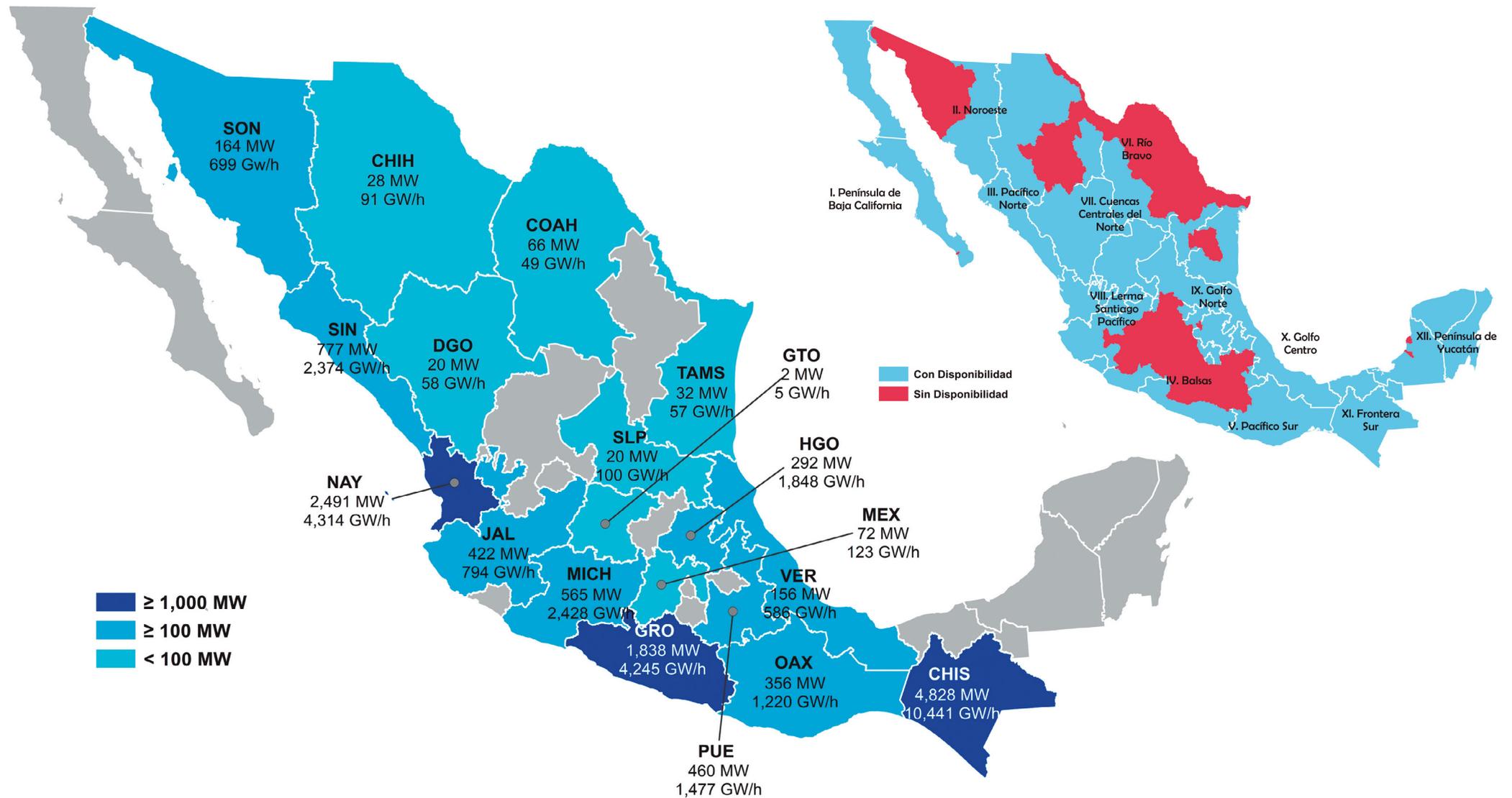
Figura 6. Generación Anual para energías limpias 2016 en México, en GWh.
Fuente: PRODESEN 2017-2031.

⁴ Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional, PRODESEN 2017-2031. SENER



México es un país con alto potencial para la producción de energías renovables.

Figura 7. Capacidad y generación en centrales hidroeléctricas 2016 (MW/GWh) y Mapa de disponibilidad hídrica. Fuente: PRODESEN 2017-2031, SENER.



La capacidad instalada se concentra principalmente en las cuencas del Lerma Santiago, Grijalva y Balsas, siendo ésta última la de mayor riesgo de disponibilidad hídrica.

Evolución esperada de la capacidad instalada y la generación hidroeléctrica

El gobierno federal a través de la Ley de Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE), tiene la meta que en el 2024 el 35% de la capacidad instalada en México provenga de fuentes limpias.

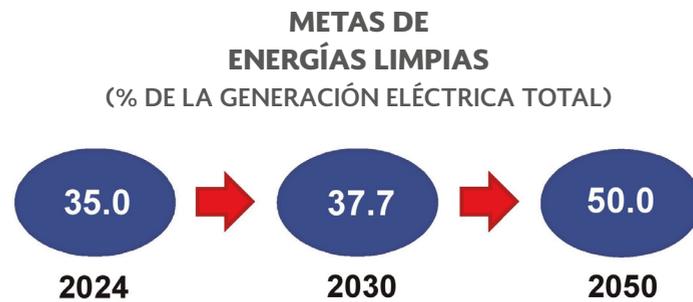


Figura 8. Prospectiva a mediano y largo plazo. Fuente: SENER. Presentación 1er Simposio "Retos y Oportunidades de la Generación Hidroeléctrica en México", 26 de octubre. IMTA-INEEL.

Para el año 2031 se espera en Energías Limpias (EL), una capacidad total de 113,269 MW (50%) y una generación eléctrica de 456,683 GWh (46%).

Prospectiva de Energías Renovables, PROER 2016-2030. SENER

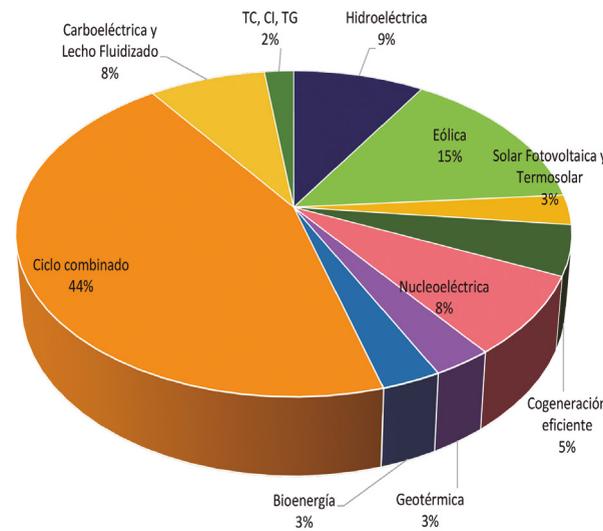


Figura 9. Generación por tipo de tecnología estimada para el año 2031. Fuente: PRODESEN. 2017-2031, SENER.

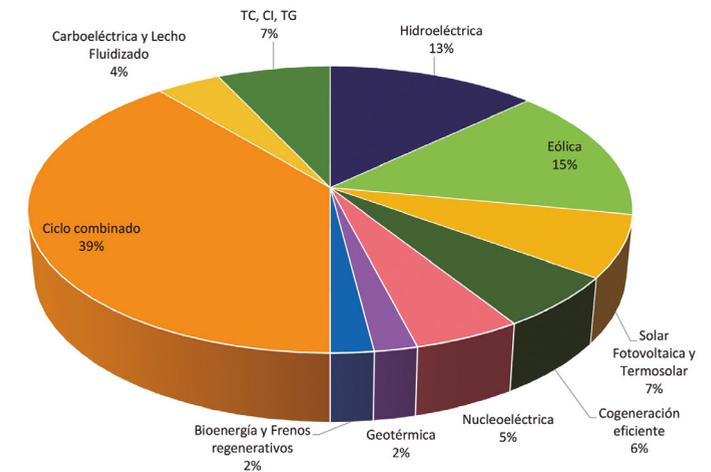


Figura 10. Capacidad instalada por tipo de tecnología estimada para el año 2031. Fuente: PRODESEN. 2017-2031, SENER.

La generación hidroeléctrica en suma con la energía eólica representan el 80% de las EL, pero con un ritmo de crecimiento de 1.7%.

Entre 2016 y 2030 la capacidad instalada por energía hidroeléctrica pasará de 12,551.1 MW a 16,975.8 MW en 2030, siendo el año 2022 en el cual se adicionará la mayor capacidad.

Prospectiva de Energías Renovables 2016-2030. PROER. SENER

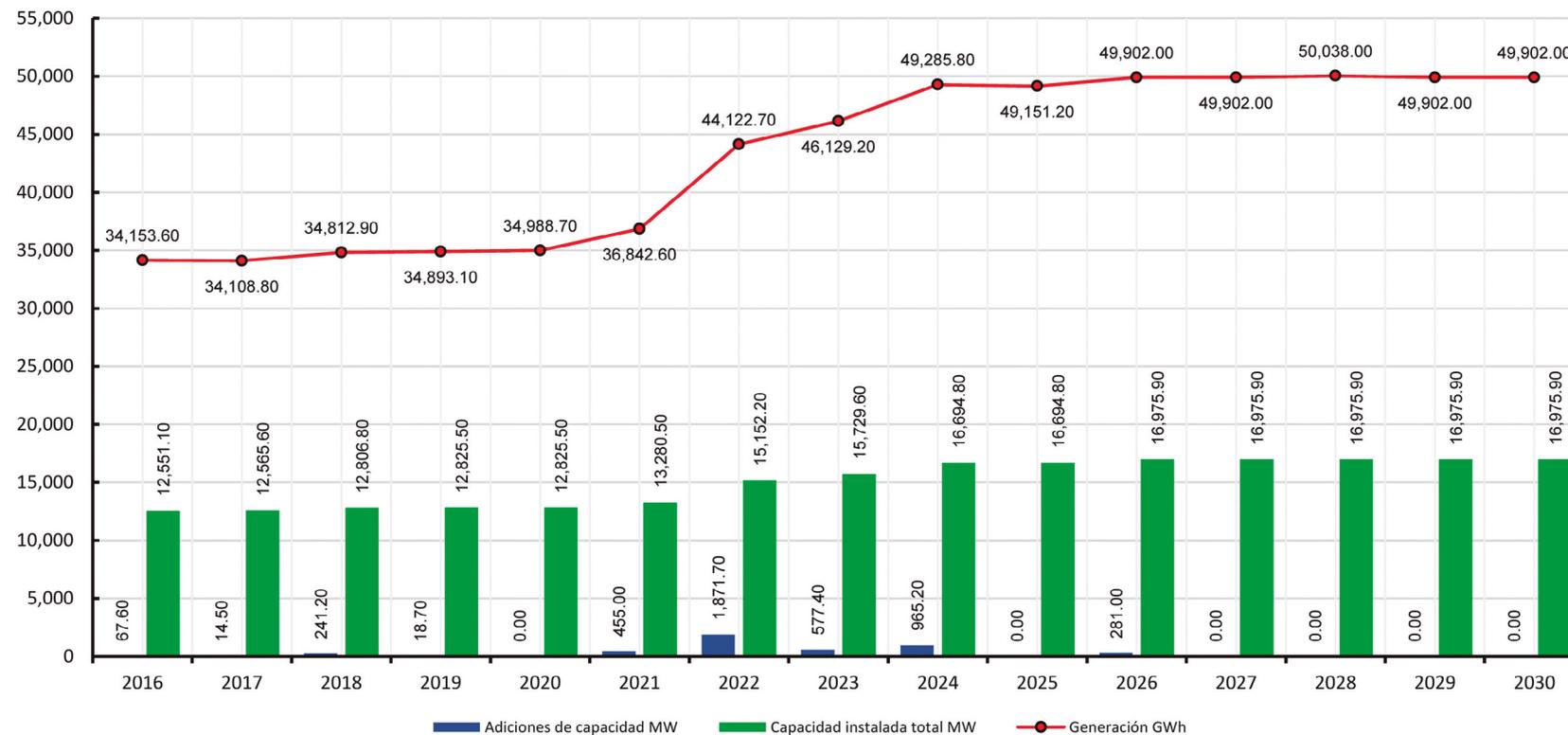


Figura 11. Evolución de la capacidad instalada con energías renovables, 2005-2015. Fuente: PROER. SENER

MARCO LEGAL

DE LAS ENERGÍAS LIMPIAS



Leyes, Reglamentos, Planes, Estrategias, Programas, Lineamientos y Normas que intervienen en el Marco Legal de las Energías Limpias

En el contexto de las energías limpias, los programas nacionales e internacionales en su estado actual y prospectiva, que intervienen en las políticas, los ordenamientos y mecanismos legales son:

- La Constitución Política de Los Estados Unidos Mexicanos, en sus artículos 4, 25, 27 y 28.
- Leyes: LGCC, LIE, LCFE, LTE, LEG.
- Reglamentos: LIE, CFE, LTE.
- Planes: PND.
- Estrategias: ENCC.
- Programas: PRONASE; PETE, PEER y PRODESEN.
- Lineamientos y Normas: MEM.

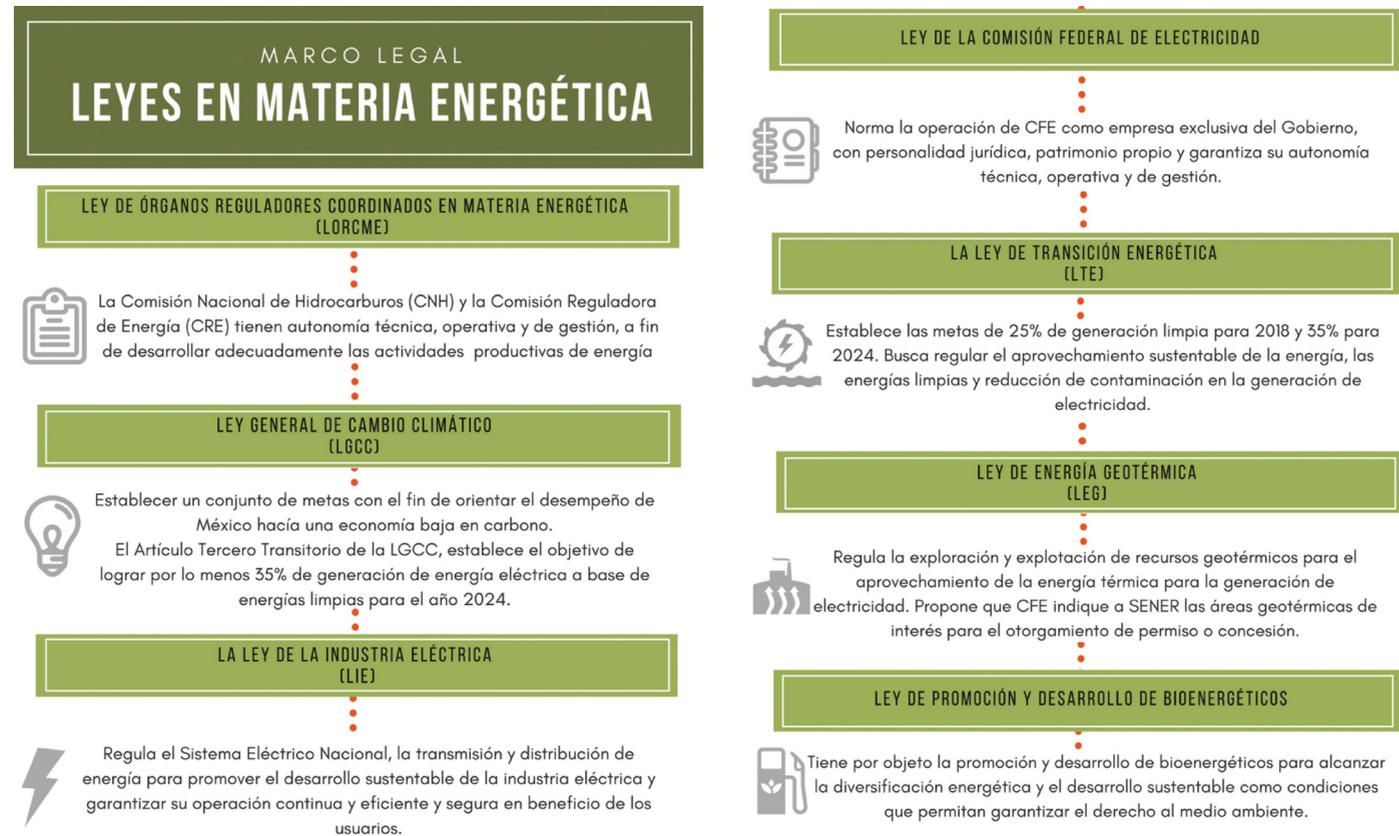


Figura 12. Leyes en Materia Energética y Ambiental.

De acuerdo con la prospectiva nacional, se espera que en el 2024 se cumpla la meta del 35% de energías limpias y en el 2050 del 50%, para cumplir lo anterior se cuentan con 24 mecanismos legales obligatorios.

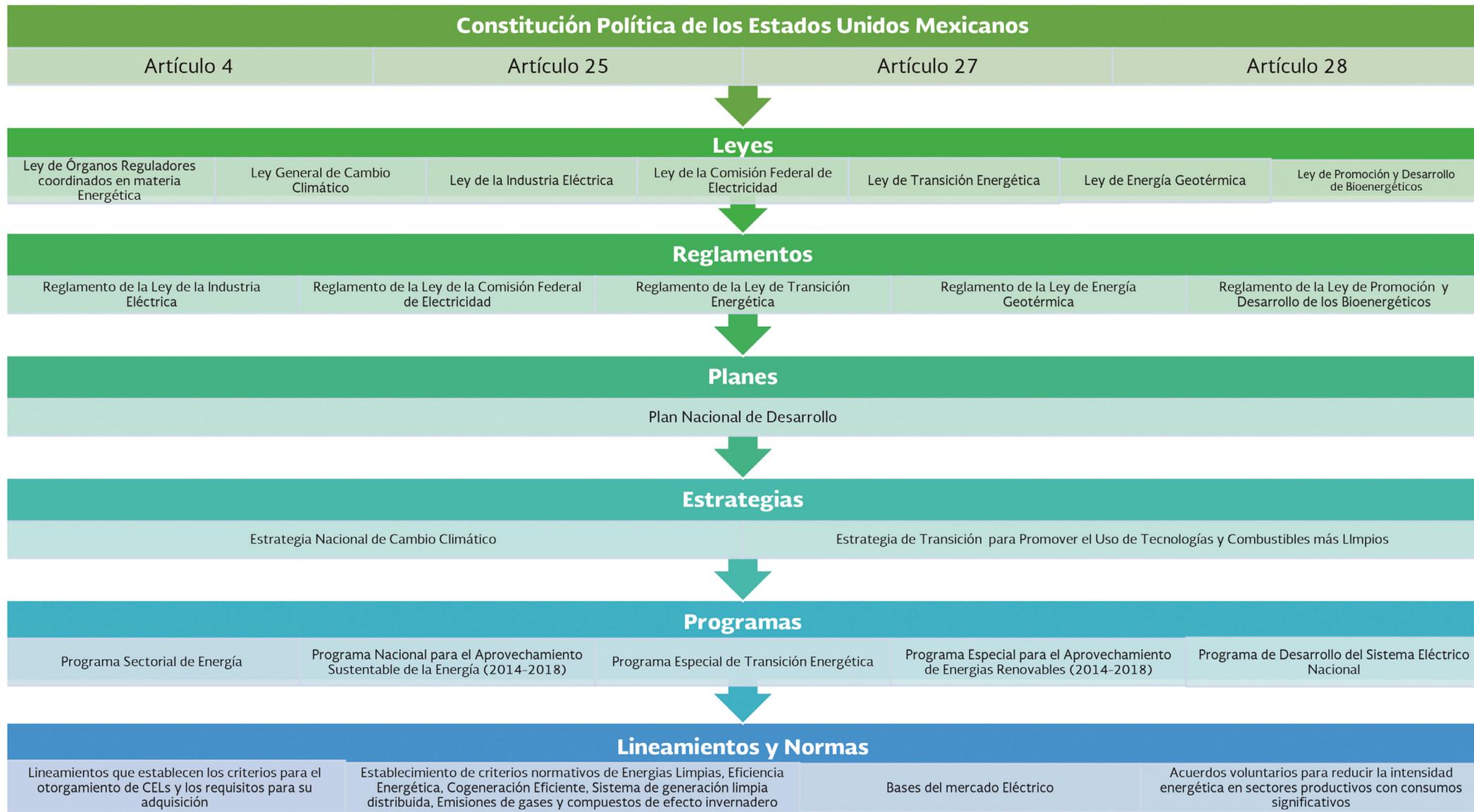


Figura 13. Marco Legal en materia de Energías Limpias.

Ley General de Cambio Climático (LGCC)

Una de las principales características de la LGCC es el establecimiento de un conjunto de metas para orientar el desempeño de México hacia una economía baja en carbono. Se asume una meta de reducirlas 30% al 2020 y un 50% al 2050, en relación con las emitidas en el año 2000.⁵



Figura 14. Principales Objetivos de la Ley General de Cambio Climático.

Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC)

La ENCC se alinea a los pilares de la Política Nacional de Cambio Climático, donde está el sector energético, en el cual se busca conservar y usar en forma sustentable los ecosistemas y mantener los servicios ambientales que proveen⁶.



Figura 15. Principales hitos en materia energética para los próximos 10, 20 y 40 años.

5 Diario Oficial de la Federación (DOF). (2012). Ley General de Cambio Climático. De Diario Oficial de la Federación (DOF) Sitio web: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/16482/ley_general_de_cambio_climatico.pdf

6 Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2013). Estrategia Nacional de Cambio Climático Visión 10-20-40. De SEMARNAT Sitio web: http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/informacionambiental/Documents/O6_otras/ENCC.pdf

Ley de Transición Energética (LTE)

Esta ley regula el aprovechamiento sustentable de la energía, las energías limpias y reducción de contaminación en la generación de electricidad.⁷

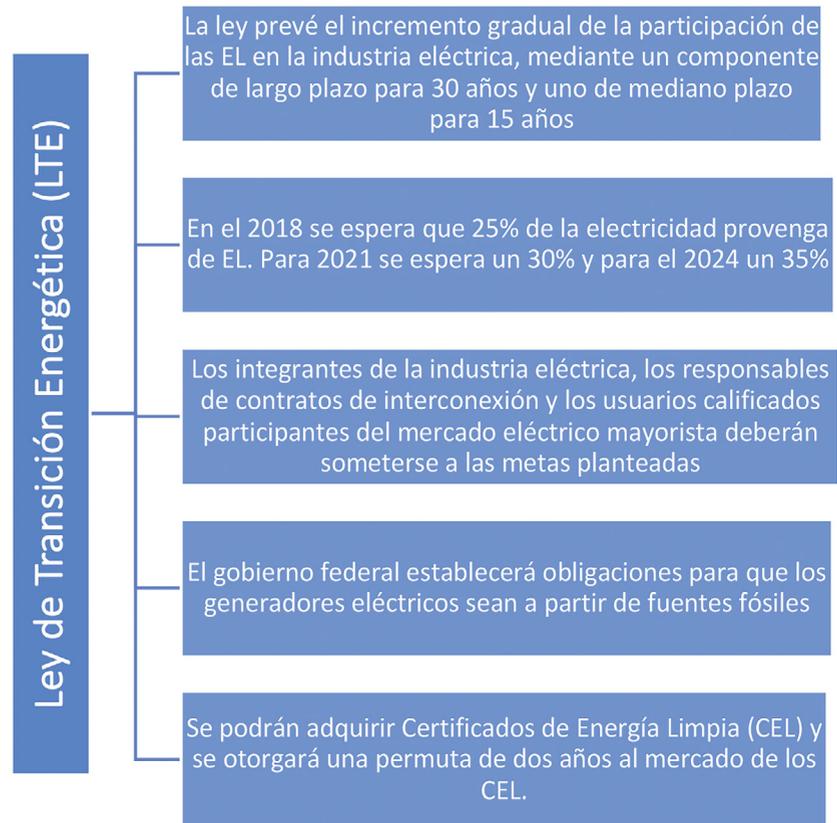


Figura 16. Principales características de la Ley de Transición Energética.

⁷ Diario Oficial de la Federación (DOF). (2015). Ley de Transición Energética. De DOF Sitio web: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LTE.pdf>

Programa Sectorial de Energía (PSE)

Contiene los objetivos, prioridades y políticas que registrarán el desempeño de las actividades del sector energético del país. Se busca ampliar la utilización de fuentes de energías limpias y renovables, promoviendo la eficiencia energética y la responsabilidad social y ambiental.

Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN)

El programa sirve como indicativo de generación y para modernizar redes de transmisión y distribución, promoviendo la eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad del sistema⁸.

⁸ PRODESEN 2016-2030. De Sitio Web: http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/102166/PRODESEN_2016-2030_1.pdf
http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/102165/PRODESEN_2016-2030_2.pdf

PROGRAMA DE DESARROLLO DEL
**SISTEMA ELÉCTRICO
NACIONAL**
2017-2031
PRODESEN



SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA



ALIANZAS ESTRATÉGICAS



Auditorio del IMTA "Ing. Jose Antonio Maza Álvarez"

Alianza IMTA – INEEL para el desarrollo de la generación hidroeléctrica

Actualmente el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA y el Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias, INEEL, han sumado esfuerzos con el fin de constituir una alianza a través de la cual sea posible conjuntar los conocimientos, experiencias y visión de los actores más importantes en las áreas de la generación hidroeléctrica, es por ello que se llevó a cabo el 1er Simposio de Generación Hidroeléctrica IMTA-INEEL, realizado el 26 de octubre de 2017.

Figura 17. 1era reunión IMTA-INEEL, de acciones para impulsar la generación hidroeléctrica.



En el 1er Simposio de Generación Hidroeléctrica IMTA-INEEL se analizaron las condiciones actuales, barreras, retos y áreas de oportunidad, para el desarrollo de este sector.



Figura 18. Ing. Carlos Ortíz G. Director de Innovación de la SENER, Dr. Diego Arjona A. Director General INEEL, Mtro. Leonardo Beltrán R. Subsecretario de Energía, Mtra. Ana Palacios IMTA, Dr. Agustín Álvarez I. Director del IINGEN, Mtro. Mario López P. Coordinador Hidrología-IMTA.



Información del Simposio:

sisgrh.imta.mx/Simposio-ROGH/

Parte 1: https://www.youtube.com/watch?v=ipMkpc_vNxE

Parte 2: https://www.youtube.com/watch?v=J9G1_-WipM0

Parte 3: https://www.youtube.com/watch?v=uW_BCEg2Z1w

Parte 4: https://www.youtube.com/watch?v=Qek51L0O_II

CONFERENCIAS MAGISTRALES	MESAS TEMÁTICAS
<p>Barreras para el desarrollo de la generación hidroeléctrica en México en el nuevo MEM. Jacobo Mekler Waisburd (AMEXHIDRO).</p>	<p>Importancia de la creación de un Centro Mexicano en Innovación en Energía Hidroeléctrica CEMIE-Hidro.</p>
<p>Generación hidroeléctrica y sociedad: retos y áreas de oportunidad. Basilia Verduzco Chávez (Universidad de Guadalajara).</p>	<p>Desarrollo de la generación hidroeléctrica en el contexto de la seguridad hídrica.</p>
<p>Generación hidroeléctrica y medio ambiente: retos y áreas de oportunidad. Eugenio Barrios (WWF)</p>	<p>Conocimiento y desarrollo de potencial hidroeléctrico de pequeña y gran escala.</p>
<p>Tendencias en el desarrollo de la generación hidroeléctrica. Javier García de la Merced (CPH-CFE).</p>	<p>Investigación, desarrollo tecnológico e innovación en la generación hidroeléctrica.</p>
<p>Acciones de la SENER para potenciar la generación hidroeléctrica. Efraín Villanueva Arcos (SENER).</p>	<p>Financiamiento, comercialización y Participación Pública Privada (PPP), en los proyectos hidroeléctricos dentro del nuevo MEM.</p>
	<p>Aspectos socioambientales en la generación hidroeléctrica.</p>

Figura 19. Programa de Conferencias y Mesas Temáticas del 1er Simposio IMTA-INEEL.



Figura 20. Mesa I+D+i. Ing. Luis H. Valdés (VINSA), Dr. Jose Manuel Franco N. (INEEL), Mtro. Sergio Corinca Rea (CFE), Mtro. Miguel Angel Guzmán (INEEL)



Figura 21. Arriba izquierda: Mtro Leonardo Beltrán (Subsecretario Energía), Mtra. Ana Palacios (IMTA), Mtro. Mario López (Coordinador Hidrología-IMTA), Arriba centro: Dr. Felipe Arreguín C. (Dir. IMTA) Arriba derecha: Ing. Carlos Ortiz (Dir. Innovación SENER), Dr. L. Agustín Álvarez (Dir. IINGEN), Dr. Diego Arjona (Dir. INEEL), Mtro. Mario López P. . Abajo izquierda: Ing. Javier García M. (Coordinador Proy. Hidroeléctricos-CFE), Centro izquierda: Lic. Efraín Villanueva A. (Dir. Energías Limpias-SENER), Ing. Jacobo Mekler (AMEXHIDRO), Centro abajo: Mtro. Miguel Guzmán (INEEL), Mtra. Eva Bastida (CFE), Dra. Antonieta Gómez B. (IMTA), Dr. Basilio Verduzco (UdG), Ing. Eugenio Barrios (WWF), Abajo derecha: Mtro. Alberto Güitrón (Planeación hídrica-IMTA), Dr. Francisco Gaytán (Planeación-CONAGUA), Mtro. Víctor Franco (Investigador IINGEN), Ing. Iván Rodríguez R. (Generación Hidroeléctrica-CFE).

CEMIE-Hidro

Se está impulsando la creación de un Centro Mexicano en Innovación de Energía Hidroeléctrica, CEMIE-Hidro. Cuya “Misión” es:

Plantear, coordinar y ejecutar actividades de investigación aplicada, desarrollo tecnológico e innovación en el sector hidroeléctrico, con sentido social y responsabilidad en el cuidado del medio ambiente, que apoyen en maximizar la rentabilidad, certidumbre, sustentabilidad y diversidad de opciones de inversión en este sector en México.

Los Centros Mexicanos de Innovación en Energía (CEMIE's) del Fondo CONACYT- SENER-Sustentabilidad Energética, están dirigidos al establecimiento de alianzas de innovación en temas de energías renovables.

Para ello, se pretende que se integren redes o alianzas estratégicas para la formación de capacidades y recursos humanos; de vinculación y expansión del tejido científico-tecnológico-empresarial; y de visión, estrategia y prospectiva de la energía en México.

Oportunidades de desarrollo del CEMIE-Hidro

Se están impulsando Oportunidades de Desarrollo de la Generación Hidroeléctrica a través de tres grandes temas:

1. Caracterización y evaluación de los recursos.
2. Desarrollo de Tecnología.
3. Participación en el mercado.

Estas a su vez se dividen en Ejes Centrales y Transversales sobre las cuales es importante la investigación, el desarrollo de tecnología y la innovación, así como líneas multidisciplinarias necesarias para impulsar este sector en México.

Otros CEMIE's

Mediante el Fondo de Sustentabilidad Energética (FSE), se vincula a la comunidad científico-tecnológica y la iniciativa privada para el desarrollo de proyectos, investigación, fortalecimiento de capacidades, vinculación internacional, en diferentes temáticas

para la generación mediante energía renovable (geotermia, solar, eólica, bioenergía y océano).

Es a partir de entonces que se asignan recursos para los primeros tres CEMIE's: CEMIE-Geo, CEMIE-Sol y CEMIE-Eólico. En 2014-2015 se abrieron convocatorias para CEMIE-Bioenergía y CEMIE-Océano.

Se busca que los CEMIE's permitan al sector abatir las barreras y aprovechar los retos científicos y tecnológicos que enfrenta el país para el aprovechamiento sustentable de la energía.

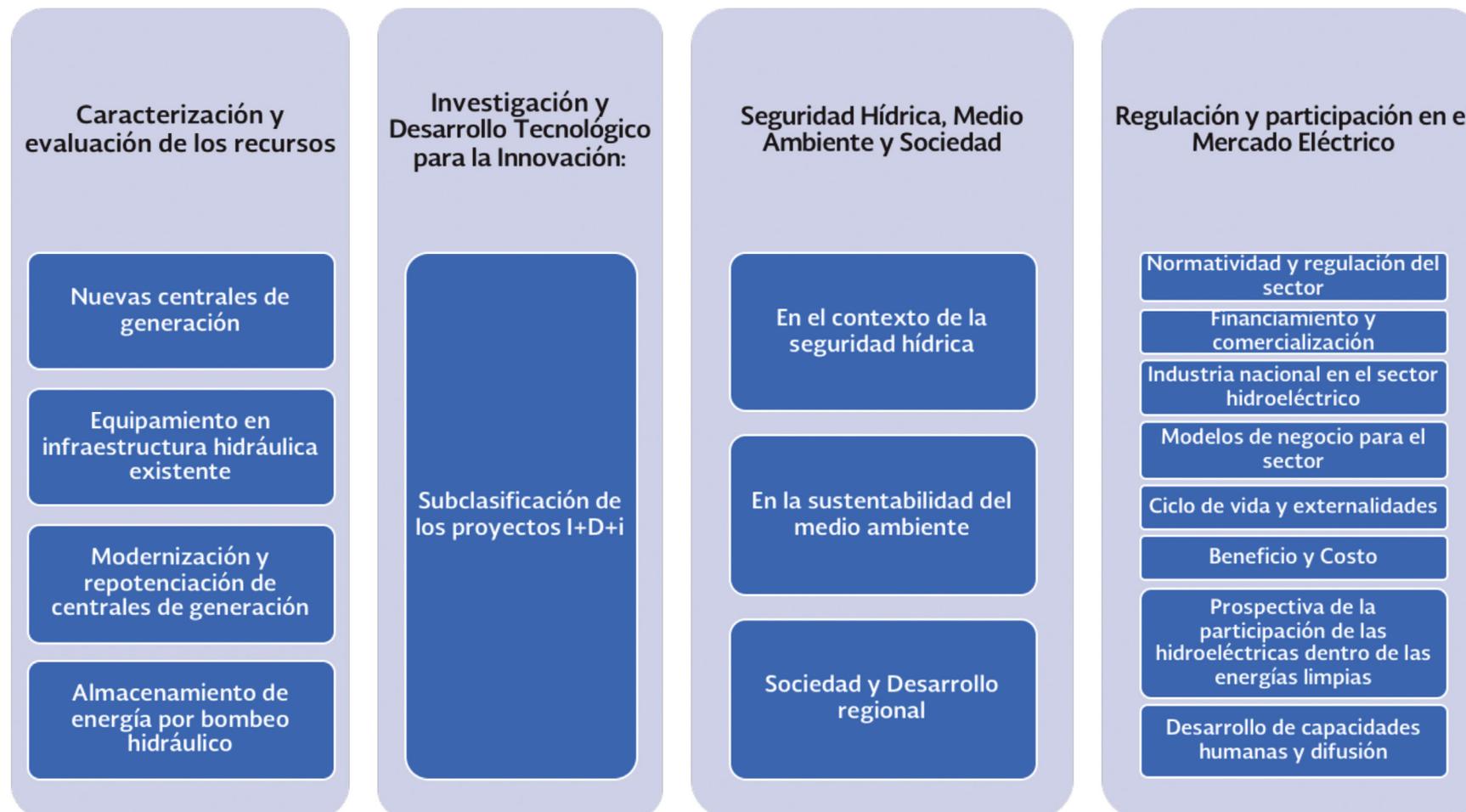


Figura 22. Oportunidades de desarrollo de la generación hidroeléctrica en México, a través del CEMIE-Hidro.

Uno de los retos más relevantes es en relación a las nuevas reglas del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), donde existe una baja competitividad frente a las nuevas tecnologías de generación como son la solar y eólica.

MODERNIZACIÓN

Y/O REPOTENCIACIÓN DE
CENTRALES EXISTENTES



Presas "El Novillo", Plutarco Elías Calle, 1964
Sonora

Modernización y/o repotenciación de centrales existentes

Este esquema de explotación hidroeléctrica puede resultar altamente competitivo, ya que la vida útil de muchas instalaciones puede superar los 100 años y es usual contar con equipos con bajas eficiencias de operación, ya sea por su diseño original o por las pérdidas acumuladas durante su vida de servicio, por lo cual se puede trabajar en la modernización de equipos e instalaciones auxiliares que permitan recuperar las eficiencias operativas originales y/o incrementar la capacidad de generación.

Capacidad instalada actual de generación hidroeléctrica

Actualmente se identifican 101 presas de generación actual tanto de CFE como de privados, entre grandes (mayores a 30 MW) y pequeñas (menores a 30 MW) de capacidad instalada y que van desde 1 unidad de generación hasta 8 unidades.⁹

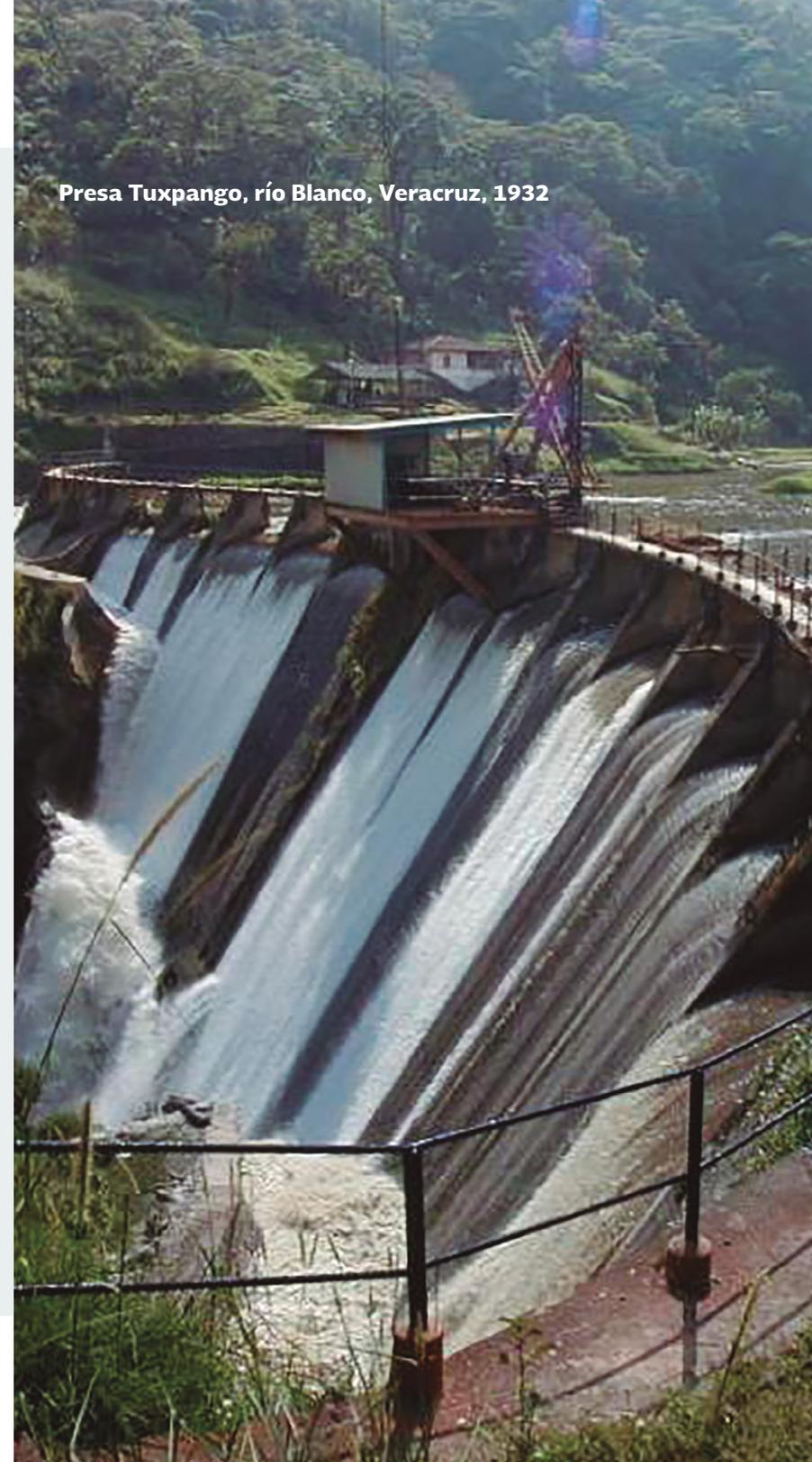
Las cuales se enlistan a continuación:

⁹ Inventario Nacional de Energías Renovables, INERE. SENER 2017. <https://dgel.energia.gob.mx/inere/>

Tabla 1. Presas de generación actual.

NO.	NOMBRE	ESTADO	CAP. INST (MW)
1	Ing. Manuel Moreno Torres (Chicoasén)	Chiapas	2400
2	Malpaso	Chiapas	1080
3	Belisario Dominguez (Angostura)	Chiapas	900
4	Angel Albino Corzo (Peñitas)	Chiapas	420
5	José Cecilio del Valle	Chiapas	21
6	Bombana	Chiapas	5.24
7	Schpoiná	Chiapas	2.24
8	Boquilla	Chihuahua	25
9	La Rosetilla	Chihuahua	10.3
10	Situriachi	Chihuahua	9.25
11	Ing. Andrew Weiss (Colina)	Chihuahua	3
12	La amistad	Coahuila	66
13	Primero Empresa Minera	Durango	19.73
14	Compañía Eléctrica Carolina, S. A. de C. V.	Guanajuato	2.49
15	Carlos Ramirez Ulloa (El caracol)	Guerrero	600
16	Ambrosio Figueroa (La Venta)	Guerrero	30
17	Mexicana de Hidroelectricidad Mexhidro	Guerrero	30
18	Colotlipa	Guerrero	8
19	Ing. Fernando Hiriart Balderrama (Zimapán)	Hidalgo	292
20	La Laguna	Hidalgo	5.4
21	Los Reyes	Hidalgo	5.4
22	Central La Yesca	Jalisco	750
23	Valentín Gómez Farías (Agua Prieta)	Jalisco	240
24	Manuel M. Diéguez (Santa Rosa)	Jalisco	70
25	Colimilla	Jalisco	51.2
26	Ramón Corona Madrigal General	Jalisco	20.11

Presas Tuxpango, río Blanco, Veracruz, 1932



NO.	NOMBRE	ESTADO	CAP. INST (MW)
27	Proveedora de Electricidad de Occidente	Jalisco	19
28	Hidroelectricidad del Pacífico	Jalisco	9.15
29	Der. Puente Grande	Jalisco	9
30	Hidroeléctrica Arco Iris	Jalisco	8.4
31	Luis M. Rojas (intermedia)	Jalisco	5.32
32	Tacotan	Jalisco	3.53
33	Hidroeléctrica Cajón de Peña	Jalisco	1.2
34	Ingenio Tamazula, Planta Santa Cruz	Jalisco	0.64
35	Central Tingambato	México	45
36	Central Santa Bárbara	México	22.53
37	Der. EL Durazno	México	18
38	Alameda	México	7
39	Central El Infiernillo	Michoacán	1200
40	José María Morelos (La Villita)	Michoacán	320
41	Cupatitzio	Michoacán	80
42	El Cóbano	Michoacán	60
43	Generadora Fénix, S. A. P. I. de C. V. Lerma	Michoacán	35
44	Botello	Michoacán	18
45	Platanal	Michoacán	12.6
46	Zumpimito	Michoacán	8.4
47	General Francisco J. Mugica	Michoacán	4.5
48	Gobierno del Estado de Michoacán	Michoacán	4.05
49	San Pedro Poruas	Michoacán	2.56
50	Tirio	Michoacán	1.1
51	Bartolinas	Michoacán	0.75
52	Itzicuario	Michoacán	0.62
53	Der. Tuxpan	Michoacán	0.3
54	Umecuario	Michoacán	0.1
55	Chapultepec	Morelos	0.04

NO.	NOMBRE	ESTADO	CAP. INST (MW)
56	Aguamilpa (Solidaridad)	Nayarit	960
57	Leonardo Rodríguez Alcaine (El cajón)	Nayarit	750
58	San Rafael	Nayarit	28.8
59	Jumatán	Nayarit	2.18
60	Temascal II	Oaxaca	354
61	Tamazulapan	Oaxaca	2.48
62	Mazatepec	Puebla	220
63	Compañía de Energía Mexicana	Puebla	36
64	Generadora Fénix, S. A. P. I. de C. V., Necaxa	Puebla	16
65	Generadora Fénix, S. A. P. I. de C. V., Patla	Puebla	15
66	Generadora Fénix, S. A. P. I. de C. V., Tepexic	Puebla	15
67	Der. Echeverría	Puebla	2.8
68	Central Portezuelos II	Puebla	2.12
69	Central Portezuelos I	Puebla	2
70	Energía EP	Puebla	0.41
71	Der. Atexcaco	Puebla	0.03
72	Camilo Arriaga (El Salto)	SLP	18
73	Electroquímica	SLP	1.44
74	Micos	SLP	0.69
75	Luis Donald Colosio (Huites)	Sinaloa	422
76	Raúl J. Marsal C. (Comedero)	Sinaloa	100
77	Bacurato	Sinaloa	92
78	Humaya	Sinaloa	90
79	Central 27 de Septiembre	Sinaloa	59.4
80	Salvador Alvarado (Sanalona)	Sinaloa	14
81	Plutarco Elías Calles (El novillo)	Sonora	135
82	Alvaro Obregón (Oviachic)	Sonora	19.2
83	Adolfo Ruiz Cortines (Mocuzari)	Sonora	9.6
84	Falcón	Tamaulipas	31.5

NO.	NOMBRE	ESTADO	CAP. INST (MW)
85	Tuxpango	Veracruz	36
86	Río Apatlahuaya (Electricidad del Golfo)	Veracruz	35
87	Chilapan	Veracruz	26
88	Canseco	Veracruz	26
89	Der. Tepetapan	Veracruz	26
90	Minas	Veracruz	15
91	Procesamiento Energético Mexicano	Veracruz	11.3
92	Encanto	Veracruz	10
93	Cervecería Cuauhtémoc-Moctezuma	Veracruz	10
94	Hidrorizaba II	Veracruz	4.44
95	Compañía Industrial Veracruzana	Veracruz	4
96	Hidroeléctricas Virita	Veracruz	2.6
97	Ixtaczoquitlan	Veracruz	1.6
98	Texolo	Veracruz	1.6
99	Hidrorizaba	Veracruz	1.6
100	Papelera Veracruzana	Veracruz	1.26
101	Loma Pedregosa	Veracruz	0.004
TOTAL			12,575

101 centrales actuales de generación.

12,575 MW de capacidad instalada.

Mapa 1. Centrales de generación hidroeléctrica actuales



Identificación de centrales para modernización y/o repotenciación

Se identifican 54 presas mayores a 50 años de operación, siendo la más antigua y sin rehabilitación la Central Portezuelos 1 en Atlixco, Puebla; La Laguna, en Tecojotal, Hidalgo construida en 1903 y Umécuaro en 1905, operadas actualmente por CFE; y la Generadora Fénix con la Central Necaxa, en Puebla, construida en 1905, ésta última con factor de planta de 32%.

Asimismo, de las presas mayores a 50 años y menor a 30 MW se identificaron 43 centrales: destaca la derivadora Echeverría en Puebla construida en 1880 y una capacidad instalada de 2.80 MW.¹⁰

De las presas menores a 50 años y menor a 30 MW se identificaron 27 centrales: destaca la central Loma Pedregosa en Veracruz, construida 1976 y una capacidad de 0.004 MW; la pequeña hidroeléctrica de la Cervecería Cuauhtémoc en Orizaba, Veracruz, construida en 1992 con 10 MW; y la Central Trigomil en Jalisco, con 20.11 MW y construida en 1993, ésta última con un factor de planta de planta de 0.17%.

En la siguiente gráfica se muestran todas las presas de generación actual y el año de construcción, así como su capacidad instalada.

¹⁰ Sistema de Seguridad de Presas, SISP de la CONAGUA.

Es recomendable que antes de hacer un estudio de rehabilitación y repotenciación de centrales hidroeléctricas existentes, se analice la factibilidad, tomando en cuenta aspectos económicos, ambientales y de ingeniería, lo cual puede ser realizado mediante la metodología de Prefactibilidad de cualquier proyecto hidroeléctrico¹¹.

Se debe poner énfasis en los estudios topográficos y topobatimétricos, para definir las curvas elevaciones-

¹¹ Repotenciación de centrales hidroeléctricas: una alternativa para aumentar la capacidad de generación de energía eléctrica. Estudio de caso. Alcaraz, A., Misael. 2011. Tesis de Maestría.

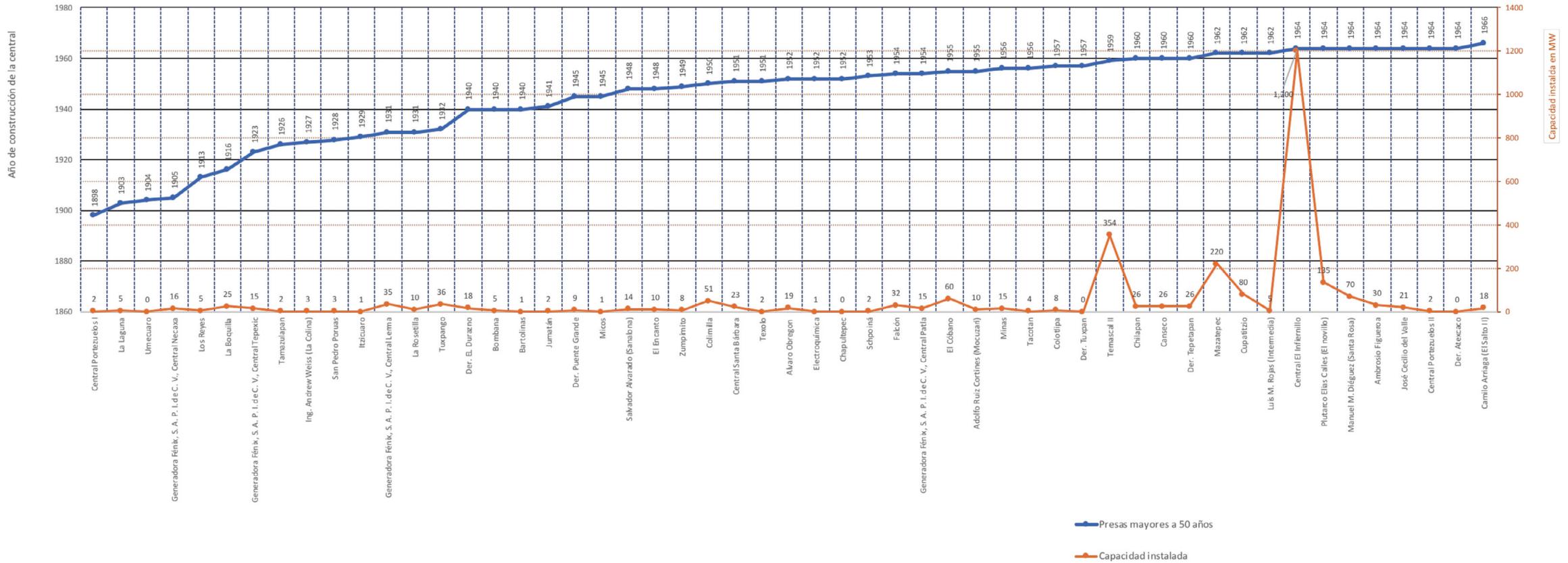
áreas-capacidades del vaso para el nuevo estudio hidrológico. Y definir nuevamente los niveles de operación de la central y el nuevo volumen de almacenamiento.

Una vez obtenido lo anterior se procede a hacer una evaluación de los componentes mecánicos que requiere, así como los existentes; el estudio hidroenergético para obtener los nuevos parámetros de generación real en un horizonte de 30 a 50 años y se revisan costos y beneficios para obtener una serie de alternativas.



Derivadora "Echeverría", 1880. Puebla

Figura 23. Centrales actuales mayores a 50 años.



54 centrales actuales de generación con vida útil mayor a 50 años.

Mapa 2. Centrales actuales con más de 50 años y menores a 30 MW.



Tabla 2. Presas de generación actual mayores a 50 años y menores a 30 MW.

NOMBRE OFICIAL	NOMBRE COMÚN	ESTADO	AÑO DE CONST	UNIDADES DE GENERACIÓN	CAP. INST. (MW)	FACTOR DE PLANTA
Der. Echeverria	Der. Echeverria	Puebla	1880		2.80	0.41
Central Portezuelos I		Puebla	1898	2	2.00	0.70
La Laguna	Tejocotal	Hidalgo	1903		5.40	0.41
Umecuario	Umecuario	Michoacán	1904		0.10	0.41
Generadora Fénix, S. A. P. I. de C. V., Central Necaxa		Puebla	1905	1	16.00	0.82
Los Reyes	Omiltepec	Hidalgo	1913		5.40	0.41
La Boquilla	Lago Toronto	Chihuahua	1916	4	25.00	0.38
Generadora Fénix, S. A. P. I. de C. V., Central Tepexic		Puebla	1923	1	15.00	0.32
Tamazulapan	Derivadora C.H Tamazulapam	Oaxaca	1926	2	2.48	0.34
Ing. Andrew Weiss	La Colina	Chihuahua	1927	1	3.00	0.34
San Pedro Poruas		Michoacán	1928	2	2.56	0.20
Itzicuario		Michoacán	1929	2	0.62	0.46
La Rosetilla	La Rosetilla	Chihuahua	1931		10.30	0.41
Der. EL Durazno	Der. de la Ch El Durazno	Edo México	1940		18.00	0.41
Bombana	Bombana I	Chiapas	1940	4	5.24	0.49
Bartolinas		Michoacán	1940	2	0.75	0.36
Jumatán		Nayarit	1941	4	2.18	0.64
Der. Puente Grande	Der. Puente Grande	Jalisco	1945	1	9.00	0.43
Micos		San Luis Potosí	1945	2	0.69	0.47
Salvador Alvarado (Sanalona)	Sanalona	Sinaloa	1948	2	14.00	0.57
El Encanto	Derivadora El Encanto	Veracruz	1948	2	10.00	0.05

NOMBRE OFICIAL	NOMBRE COMÚN	ESTADO	AÑO DE CONST	UNIDADES DE GENERACIÓN	CAP. INST. (MW)	FACTOR DE PLANTA
Zumpimito		Michoacán	1949	2	8.40	0.69
Central Santa Bárbara		Edo México	1951	1	22.53	0.16
Texolo		Veracruz	1951	2	1.60	0.81
Alvaro Obregon	El Oviachic	Sonora	1952	2	19.20	0.70
Electroquímica		San Luis Potosí	1952	1	1.44	0.80
Chapultepec	Chapultepec	Morelos	1952		0.04	0.41
Schpoiná	Schpoina	Chiapas	1953	3	2.24	0.38
Generadora Fénix, S. A. P. I. de C. V., Central Patla		Puebla	1954	1	15.00	0.39
Adolfo Ruiz Cortines (Mocuzari)	Mocuzari	Sonora	1955	1	9.60	0.58
Minas	Las Minas	Veracruz	1956	3	15.00	0.65
Tacotan	Tacotan	Jalisco	1956		3.53	0.41
Colotlipa	Derivadora Colotlipa	Guerrero	1957	4	8.00	0.47
Der. Tuxpan	Derivadora Tuxpan	Michoacán	1957		0.30	0.41
Chilapan	Reguladora Chilapan	Veracruz	1960	4	26.00	0.46
Canseco	Laguna de Catemaco	Veracruz	1960		26.00	0.41
Der. Tepetapan	Derivadora Tepetapan	Veracruz	1960		26.00	0.41
Luis M. Rojas (Intermedia)	Intermedia	Jalisco	1962	1	5.32	0.27
Ambrosio Figueroa	La Venta	Guerrero	1964	5	30.00	0.43
José Cecilio del Valle	Der. El Retiro	Chiapas	1964	3	21.00	0.49
Central Portezuelos II		Puebla	1964	2	2.12	0.28
Der. Atexcaco	Derivadora Atexcaco	Puebla	1964		0.03	0.41
Camilo Arriaga	El Salto II	San Luis Potosí	1966	2	18.00	0.50
TOTAL					411.87 MW	

411.87 MW de capacidad instalada.

43 centrales actuales de generación con más de 50 años y menores a 30 MW

Mapa 3. Centrales actuales con menos de 50 años y menores a 30 MW.



Tabla 3. Presas de generación actual menores a 50 años y menores a 30 MW.

NOMBRE OFICIAL	NOMBRE COMÚN	ESTADO	AÑO DE CONST	UNIDADES DE GENERACIÓN	CAP. INST. (MW)	FACTOR DE PLANTA
Loma Pedregosa	Loma Pedregosa	Veracruz	1976		0.004	0.41
Cervecería Cuauhtémoc Moctezuma		Veracruz	1992	3	10.00	0.17
Ramón Corona Madrigal General	Trigomil	Jalisco	1993		20.11	0.41
San Rafael	San Rafael	Nayarit	1994	3	28.80	0.41
Mexicana de Hidroelectricidad Mexhidro		Guerrero	1998	1	30.00	0.52
Papelera Veracruzana		Veracruz	1998	2	1.26	0.50
Compañía Industrial Veracruzana		Veracruz	1999		4.00	0.41
Hidroeléctricas Vрита		Veracruz	1999		2.60	0.41
Platanal		Michoacán	2003	2	12.60	0.38
Hidroelectricidad del Pacífico		Jalisco	2003	1	9.15	0.41
Situriachi	San Juanito	Chihuahua	2004		9.25	0.41
Proveedora de Electricidad de Occidente		Jalisco	2005	1	19.00	0.35
Ixtaczoquitlan		Veracruz	2005	1	1.60	0.92
Tirio		Michoacán	2005	3	1.10	0.28
Procesamiento Energético Mexicano		Veracruz	2007	3	11.30	0.49
Primero Empresa Minera		Durango	2008	5	19.73	0.21
Hidrorizaba II		Veracruz	2008	5	4.44	0.49
Hidrorizaba		Veracruz	2008	1	1.60	0.62
Hidroeléctrica Cajón de Peña		Jalisco	2008	2	1.20	0.62
Botello		Michoacán	2010	2	18.00	0.44
Compañía Eléctrica Carolina, S. A. de C. V.		Guanajuato	2010	1	2.49	0.20
Ingenio Tamazula, Planta Santa Cruz		Jalisco	2010	2	0.64	0.25
Energía EP		Puebla	2010	1	0.41	0.41
General Francisco J. Múgica	Centenario De La Revolución	Michoacán	2011		4.50	0.41
Gobierno del Estado de Michoacán		Michoacán	2012	1	4.05	0.48
Hidroeléctrica Arco Iris		Jalisco	2014	2	8.40	0.46
Alameda		Estado de México	2016		7.00	0.41
TOTAL					233.23 MW	

233.23 MW de capacidad instalada.

27 centrales actuales de generación con menos de 50 años y menores a 30 MW

Figura 24. Estudios necesarios previos a las Rehabilitación y Repotenciación de centrales.



Presa Adolfo Ruíz Cortínez, "Mocuzari", Álamos, Sonora, 1955



EQUIPAMIENTO

EN EMBALSES EXISTENTES



Presas Ignacio Allende, "La Begoña", Guanajuato, 1968

Equipamiento en embalses existentes

Otro de los esquemas de aprovechamiento hidroeléctrico actual que puede ofrecer grandes ventajas consiste en el equipamiento de instalaciones no concebidas originalmente para la generación de energía eléctrica. Tal es el caso de los embalses construidos con propósitos de control de avenidas, riego agrícola o consumo humano, canales en distritos de riego o ductos de conducción de agua.

Se aprovecha la infraestructura hidráulica existente en el país utilizando obras que no tienen aprovechamiento de energía eléctrica, pero son susceptibles de llegar

Con el equipamiento de instalaciones no concebidas originalmente para la generación de energía eléctrica, se dispondría de una cartera de posibles proyectos, en los cuales el costo sería menor, al no requerir una obra civil.

a esto, considerando algunas condicionantes, como son: aspectos técnicos, sociales, económicos y ambientales, entre los cuales se pueden mencionar presas de almacenamiento, derivadoras, canales de riego, acueductos, plantas de tratamiento, obras de regulación, entre otros, con la intención de que puedan ser utilizadas para la generación de energía eléctrica, respetando las necesidades actuales en los usos del agua y sin afectar el entorno económico, social y ambiental. Es importante mencionar que existen casos donde ya se previó el equipamiento hidroeléctrico y no se llevó a cabo, y que en su mayoría están en un entorno de zonas productivas, como son los distritos de riego.

Infraestructura hidráulica existente

El Sistema de Seguridad de Presas, SISP, de la Dirección Técnica de la CONAGUA, cuenta con información de 5,828 estructuras hidráulicas, entre presas, bordos, derivadoras, centrales de generación, para uso de riego, agua potable, entre otros. Asimismo, el Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales, BANDAS, y la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos, GASIR, también de la CONAGUA, identifican 3,562 estructuras hidráulicas, de las cuales 822 corresponden a presas de control de avenidas y 2,740 a presas de almacenamiento y derivadoras. El Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED, conjunta la información de ambas bases de datos de forma accesible y contabiliza un total de 4,903 estructuras hidráulicas existentes.

2,916 estructuras hidráulicas susceptibles de generación

Las infraestructuras hidráulicas existentes susceptibles de generación hidroeléctrica contabilizan 2917 y son aquellas que tienen como uso, lo siguiente (Tabla 4):

Tabla 4. Usos de agua de las presas.

Agua potable.
Agua potable y abrevadero.
Agua potable y recreativo.
Agua potable, abrevadero, acuacultura y pesca.
Agua potable, acuacultura y pesca.
Agua potable, acuacultura, pesca y recreativo.
Riego.
Riego y abrevadero.
Riego y agua potable.
Riego y recreativo.
Riego, abrevadero y recreativo.
Riego, abrevadero, acuacultura y pesca.
Riego, abrevadero, acuacultura, pesca y recreativo.
Riego, acuacultura y pesca.
Riego, acuacultura, pesca y abrevadero.
Riego, agua potable y abrevadero.
Riego, agua potable, abrevadero e infiltración.
Riego, agua potable, abrevadero y recreativo.
Riego, agua potable, acuacultura y pesca.
Riego, agua potable, acuacultura, pesca y recreativo.

Mapa 4. Infraestructura hidráulica existente.



4,903 estructuras hidráulicas existentes (CENAPRED)

Mapa 5. Infraestructura hidráulica existente con uso para riego y derivadoras.



Potencial y volumen de almacenamiento

Partiendo de la hipótesis que el potencial mayor está en función del volumen mayor de almacenamiento (volumen NAMO, hm³), se encuentra que, de las 2,917 estructuras susceptibles de generación: 49 tienen un volumen entre 3,900 y 100 hm³; 115 estructuras tienen un volumen entre 100 y 15 hm³, y 706 contienen un volumen entre 1 y 100 hm³, y el resto, es decir, 2,046 estructuras, tienen un volumen menor a 1 hm³.

Haciendo un ajuste logarítmico entre el almacenamiento y la potencia esperada de las centrales, se identifica que para los rangos de volumen entre 3,400 y 1,800 hm³, se encontró una correspondencia solo en el 63% de los datos y en un rango del 96% de ajuste. Para los rangos entre 1,300 y 300 hm³, se identifica una correspondencia de solo el 30% de los datos y aquellos menores a 355 hm³ para una curva de ajuste exponencial en un rango del 84.6% de precisión. En los rangos entre 300 y 15 hm³ también existe una correspondencia solo en el 30% de los valores, de esos el 80% son menores a 100 hm³. Los volúmenes menores a 15 hm³, ya no muestran ninguna correspondencia entre el volumen y el potencial, además representan un valor mínimo de 0.001 MW.

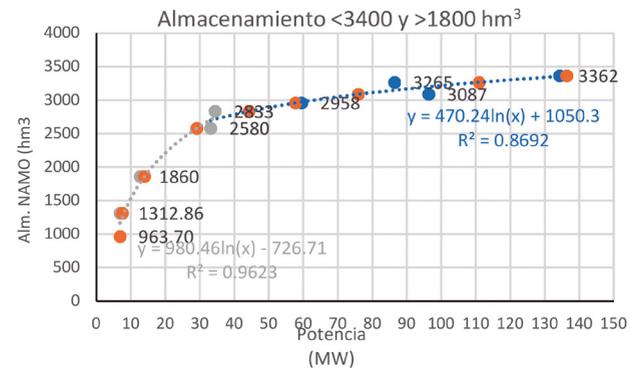


Figura 25. Ajuste Potencia y Vol. Almacenamiento (<3400 y >1800 hm³).

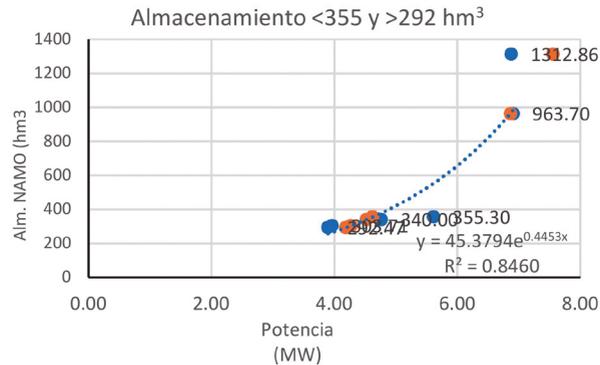


Figura 26. Ajuste Potencia y Vol. Almacenamiento (<355 y >292 hm³).

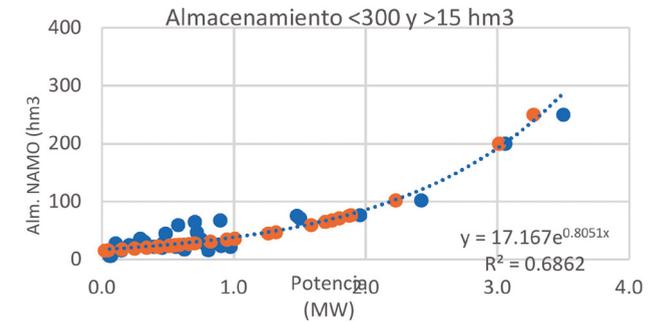
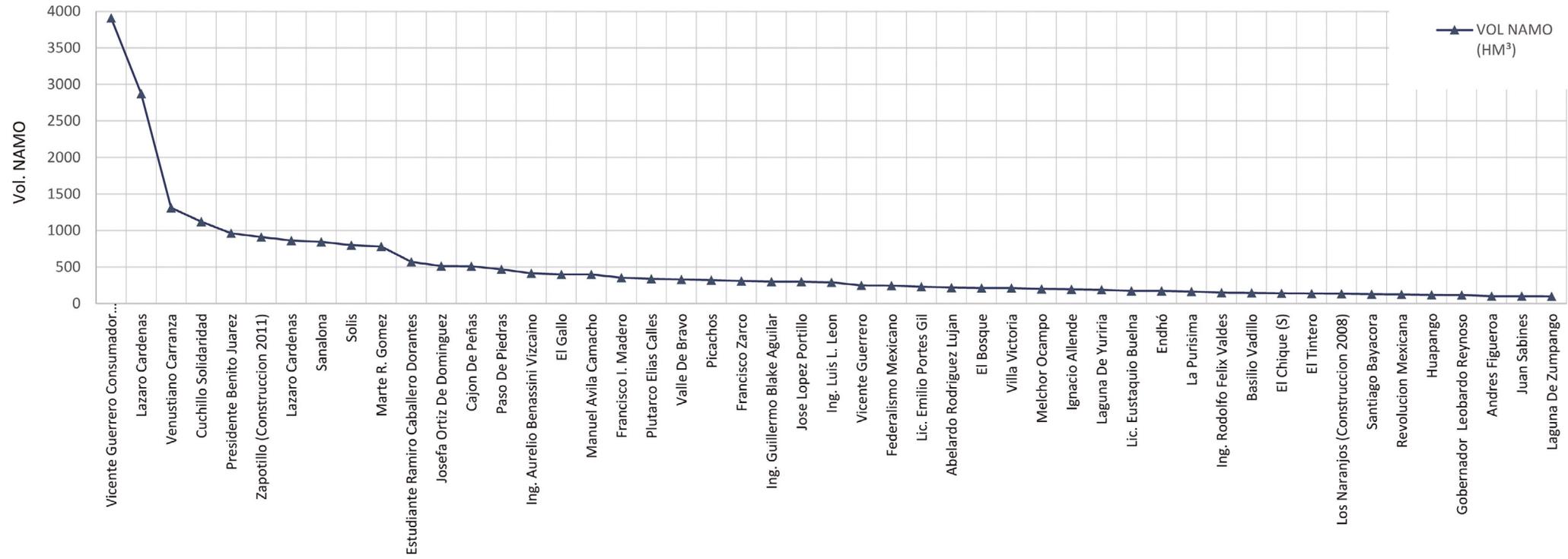


Figura 27. Ajuste Potencia y Vol. Almacenamiento (<300 y >15 hm³).

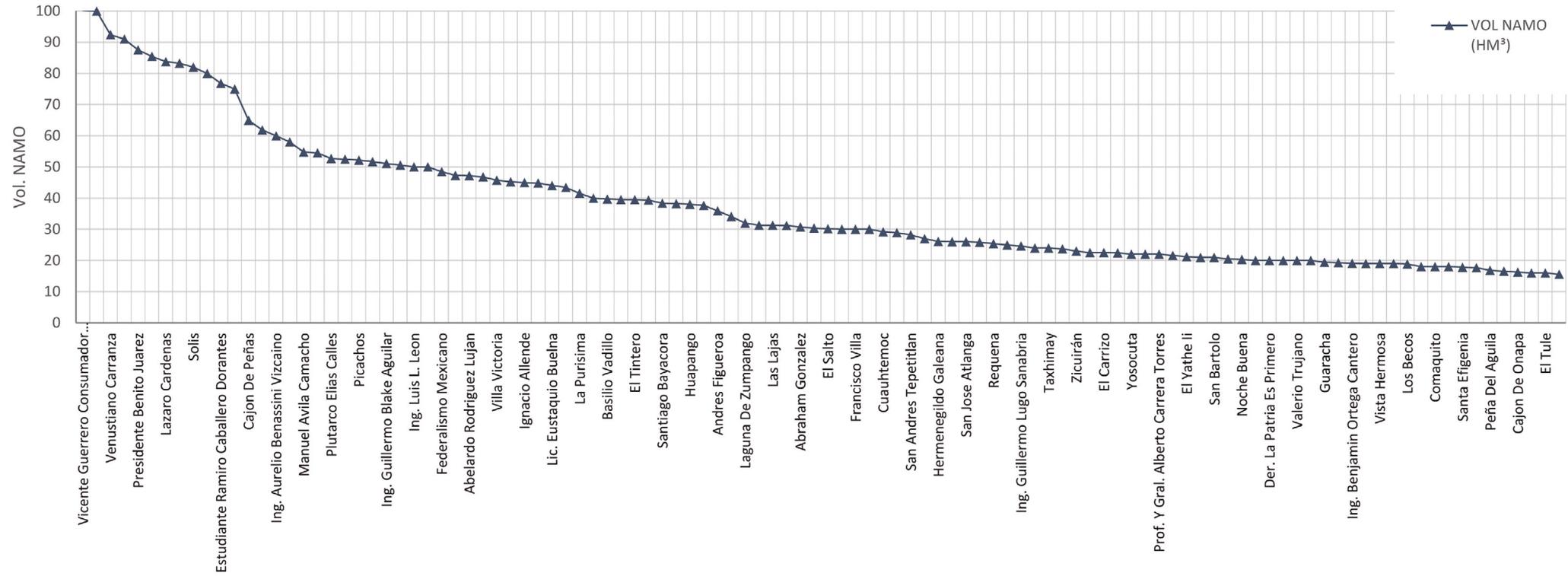
A partir de los resultados mencionados se recomienda analizar el potencial para las estructuras hidráulicas mayores a 15 hm³, cuando éste es estimado a partir de la relación de volumen y potencial.

Figura 28. Presas de riego entre 3900 hm³ y 100 hm³ (49 presas).



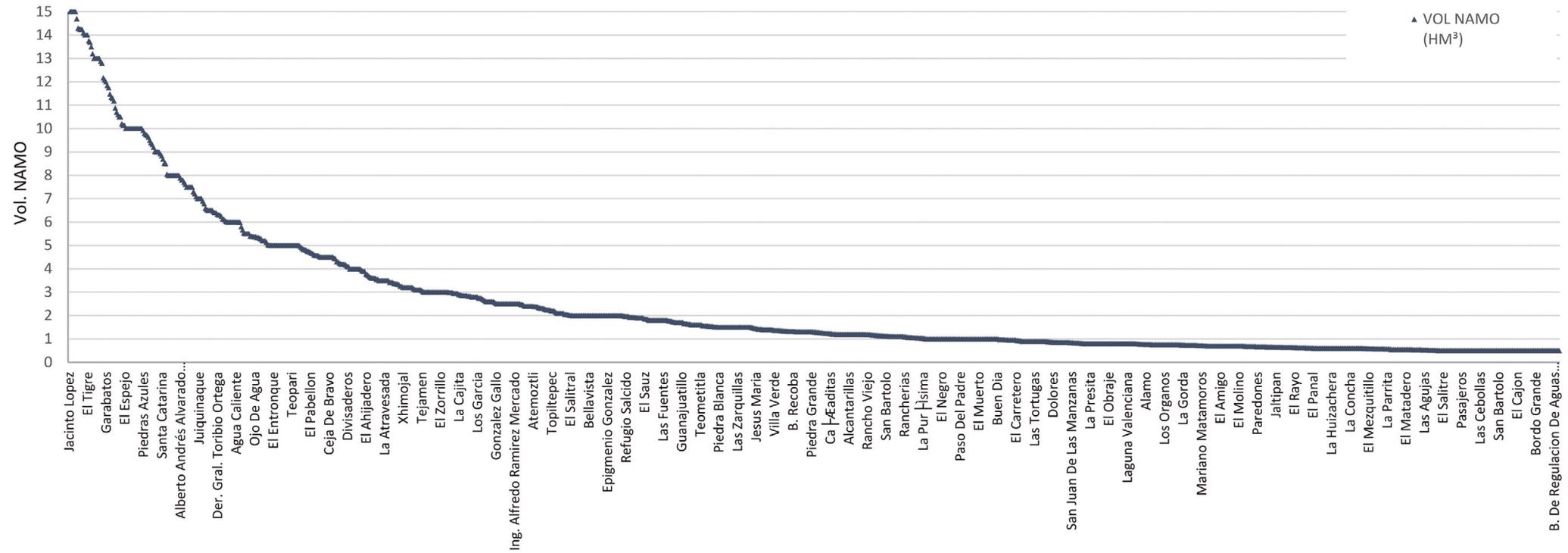
49 presas entre 3900 y 100 hm³

Figura 29. Presas de riego entre 100 hm³ y 15 hm³ (115 presas).



115 presas entre 100 y 15 hm³

Figura 30. Presas de riego entre 15 hm³ y 1 hm³ (1,125 presas).



1,125 presas entre 15 y 1 hm³

Potencial de pequeña, mini y micro generación

Las estructuras hidráulicas existentes y consideradas con potencial de generación, son aquellas con uso principalmente en riego, y por lo tanto cuentan con una obra de toma y su viabilidad técnica y económica de cada uno de los sitios de infraestructura hidráulica existente seleccionados, depende directamente de la capacidad de a instalar (MW) y la generación media anual que pueda producir (GWh).

Partiendo de lo anterior, se identifican 362 estructuras hidráulicas que tienen esas características y en los rangos de pequeña (menor a 30 MW), mini (1 a 5 MW) y micro (menor a 1 MW).

La suma del potencial identificado es de 484.41 MW y 1,697 GWh de generación anual.

En pequeña generación se identifican 25 presas que suman 279.85 MW, de acuerdo con datos del SISP¹², y una generación media anual de 981.10 GWh.

En mini generación, se identifican 81 estructuras que suman 162.25 MW y una generación de 568.52 GWh. El resto son microgeneración.

¹² Sistema de Seguridad de Presas, SISP, CONAGUA, 2017.

362 estructuras hidráulicas para riego con potencial de generación para pequeña, mini y micro generación.

484.41 MW de capacidad y 1,697 GWh de generación anual esperada.



Presas Juan Sabines, Chiapas, 1982

279.85 MW de capacidad y 981.1 GWh de generación
25 estructuras potenciales de 5 a 30 MW

Mapa 6. Infraestructura existente con potencial de 5 a 30 MW (Pequeñas centrales).



Mapa 7. Infraestructura existente con potencial de 1 a 5 MW (Mini centrales).



162.25 MW de capacidad y 568.52 GWh de generación
81 estructuras potenciales 1 a 5 MW (mini generación)

Figura 31. Lista de nombres del Mapa 7.

Infraestructura hidráulica existente (Mini centrales)				
Aguascalientes	Guerrero	México	Puebla	72, Prof. Y Gral. Alberto Carrera Torres
1, Plutarco Elias Calles	19, Revolucion Mexicana	38, Madin	55, Cacaloapan	73, Pedro Jose Mendez
2, Der. Pabellon	20, Vicente Guerrero	39, Villa Victoria	Queretaro	74, Republica Española
3, Abelardo L. Rodriguez	21, El Gallo	40, Ñadó	56, San Ildefonso	75, Caballeros
4, El Carrizo	22, Andres Figueroa	41, Taxhimay	57, Alfredo Vladimir Bonfil	76, Der. La Patria Es Primero
5, 50 Aniversario	23, Hermenegildo Galeana	42, San Andres Tepetitlan	58, La Llave	77, Santa Engracia
Chihuahua	24, Valerio Trujano	43, Jose Antonio Alzate	59, Constitucion De 1917	Zacatecas
6, El Rejon	Guanajuato	Michoacán	Sinaloa	78, El Chique (S)
7, El Tintero	25, Ignacio Allende	44, Melchor Ocampo	60, Der. Andrew Weiss	79, El Cazadero
8, Pico Del Aguila	26, El Aguacate	45, Cointzio	61, Lic. Eustaquio Buelna	80, Ing. Julian Adame Alatorre
9, Abraham Gonzalez	27, Mision De Arnedo	46, Urepetiro	62, Ing. Guillermo Blake Aguilar	81, Ramon Lopez Velarde
10, Las Lajas	28, Santa Efigenia	47, Malpais	San luis potosi	
Chiapas	29, El Realito	Morelos	63, La Golondrina	
11, Juan Sabines	30, El Barrial	48, Ing. Manuel Pastor	64, Ponciano Arriaga	
Coahuila	31, La Chirimoya	49, Tierra y Libertad	Sonora	
12, Noche Buena	Hidalgo	Nuevo León	65, Comaquito	
13, La Fragua	32, El Yathe II	50, Cuchillo Solidaridad	66, El Tapiro	
Durango	Jalisco	51, Jose Lopez Portillo	67, Cajon De Onapa	
14, Los Naranjos	33, Los Naranjos (Construccion 2008)	52, Rodrigo Gomez	Tamaulipas	
15, Federalismo Mexicano	34, Los Sauces	53, Salinillas	68, Marte R. Gomez	
16, Francisco Villa	35, Ing. Guillermo Lugo Sanabria	Oaxaca	69, Estudiante Ramiro Caballero Dorantes	
17, Santiago Bayacora	36, El Carrizo	54, Yosocuta	70, Der Las Blancas	
18, Ing. Benjamin Ortega Cantero	37, El Cuarenta		71, Lic. Emilio Portes Gil	

Mapa 8. Infraestructura existente con potencial menor a 1 MW (Micro centrales).



42.30 MW de capacidad y 148.24 GWh de generación.
256 estructuras potenciales menor a 1 MW (micro generación)

Figura 32. Lista de nombres del Mapa 8.

Infraestructura hidráulica existente (Micro centrales)							
Aguascalientes	32, La Quemada	Guerrero	96, Ing. Elias Gonzalez Chavez	131, La Tinaja	165, Tunguitiro	194, Ing. Valentin Gama	Veracruz
1, La Codorniz	33, El Salto	64, Laguna De Tuxpan	97, Texcalame	132, La Arcina	Morelos	195, Bocas	227, Paso De Piedras
2, Rodriguez	Chiapas	65, Der. La Comunidad	98, Pajaritos	133, B. Nuevo	166, Felipe Ruiz De Velazco	196, El Refugio	228, Santa Sofia
3, Media Luna	34, Rosendo Salazar	66, Juan Catalan Bervera	99, La Duquesa	134, San Jose De La Saucedá	167, La Poza	197, Alvaro Obregon	Zacatecas
4, Presa Mesillas	Coahuila	67, Topiltepec	100, Elizondo	México	Nuevo León	198, El Potosino	229, Lic. Jose Lopez Portillo
5, Peña Blanca	35, Santo Domingo	68, Cerrito Rico	101, Lic. Ignacio L. Vallarta	135, Francisco Jose Trinidad Fabela	168, Gral. Marciano Gonzalez Villarreal	199, Cañada Del Lobo	230, Ing. Adolfo Orive De Alba
6, Las Mercedes	36, Palo Blanco	69, El Apache	102, El Pasaman	136, Macua	169, La Estrella	200, Gonzalo N. Santos	231, Independencia Nacional
7, Malpaso	37, Tanque Genty	70, Ing. Fernando Galicia Islas	103, Santa Cruz De La Soledad	137, Paso Real	170, El Cinco	201, Colonia El Naranjo	232, Gral. Panfilo Natera
8, La Colorada	38, La Lagunilla	Guanajuato	104, Alcaparrosa	Michoacán	Oaxaca	202, Ing. Mariano Moctezuma Barragán	233, Los Coronel
9, El Saucillo	39, El Chivo	71, Potrerillos	105, El Pochote	138, La Noria	171, El Encino	203, San Miguel	234, Jose Maria Morelos
10, Emilio Lopez Zamora	40, Las Esperanzas	72, La Soledad	106, Gral. Ramon Corona	139, La Cofradia	172, Lic. Matias Romero	204, Dolores Ventilla	235, Lic. Adolfo Lopez Mateos
11, Ordeña Vieja	41, Nacapa	73, La Golondrina	107, Juiquinaque	140, Los Olivos	173, Jose Maria Armenta	Sonora	236, Miguel Auza
12, San Jeronimo I	42, El Tulillo	74, San Juan De Otates	108, Achimec	141, Las Alazanas	174, El Boqueron li	205, Bacanora	237, Santiago
13, Los Conos	43, La Azufrosa	75, Duarte	109, El Guayabo	142, El Cueramal	Puebla	206, El Veranito	238, Julio Ruelas
14, Natillas De Arriba	44, San Antonio Del Jaral	76, Jalpa	110, La Cantera	143, El Tecolote	175, Huachinantla	207, Teopari	239, Francisco Gonzalez Bocanegra
Baja California	Colima	77, San Juan De Llanos	111, La Guaracha	144, El Bosque	176, Boqueronitos	208, Adolfo De La Huerta	240, Victor Rosales
15, Las Auras	45, Cienega Grande	78, Ing. Isidro G. Orozco Portugal	112, Ojo De Agua	145, El Pejo	177, Cleotilde Sosa	209, El Plomo	241, San Antonio De Padua
Baja California Sur	46, Laguna De Alcazahue	79, Cebolletas	113, San Onofre	146, Rondanilla	Querétaro	210, Divisaderos	242, Manuel Felgueres
16, San Lazaro	Durango	80, El Tigre	114, Los Sabinos	147, Las Fuentes	178, Santa Catarina	211, Gral. Ignacio Pesqueira	243, Santa Rosa
17, Alberto Andrés Alvarado Arámburo	47, Villa Hermosa	81, El Espejo	115, Tenasco	148, Zirahuato	179, Jalpan	212, Agua Caliente	244, El Ahijadero
Chihuahua	48, El Baluarte	82, La Quemada	116, Huejotitlan	149, Sabaneta	180, El Batán	213, La Hacienda	245, Ing. Antonio Campuzano Duarte
18, Casa De Janos	49, Lic. Francisco Gonzalez De La Vega	83, El Palote	117, San Miguel	150, Santa Teresa	181, El Zorrillo	Tamaulipas	246, San Pedro Piedra Gorda
19, Junta De Los Arroyos	50, Cimarrones	84, Paso De Vaqueros	118, Rancho Viejo	151, Jaripo	182, Paso De Tablas	214, La Escondida	247, Jose Balderas Garcia
20, Manuel M. Prieto	51, Jose Jeronimo Hernandez	85, Jaral De Berrio	119, El Saucillo	152, El Arco	183, Corregidor Miguel Dominguez	215, El Venadito	248, Susticacan
21, Piedras Azules	52, El Tigre	86, La Laborcita	120, Peñas De Leon	153, Ing. Antonio Rodriguez Langone	184, Colon	216, La Cajita	249, Palomas
22, Independencia	53, Veinte Amigos	Hidalgo	121, Los Mezquites	154, Pucuatedo	185, Ceja De Bravo	217, Maria Soto La Marina	250, Artículo 115 Constitucion
23, San Marcos	54, Rancho Viejo	87, La Esperanza	122, Tambor I	155, El Rey	186, El Tecolote	218, Jose Bernardo Gutierrez De Lara	251, Ing. Alfredo Ramirez Mercado
24, La Retirada	55, San Jose	88, Comallillo	123, Valerio	156, Laguna Verde	187, La Venta	219, La Lajilla	252, Revolucion Mexicana
25, Parral	56, Cinco De Mayo	89, Peña Alta	124, La Merced	157, Moreno De Bravo	188, San Rafael	220, Der. La Escondida	253, Arroyo De Enmedio
26, Casas Coloradas	57, Garabitos	90, Insurgente Jose Francisco Osorno	125, Heraclio Quezada	158, El Tablon	Sinaloa	221, Los Corazones	254, General Enrique Estrada
27, Torreoncillos	58, Granaderos	91, Arroyo Colorado	126, Mexiticacan	159, De Gonzalo	189, La Campana	Tlaxcala	255, Santa Cruz I
28, Texcoco	59, Nicolas Romero	Jalisco	127, Guadalupe Matancillas	160, Jose Antonio Torres	190, Agustina Ramirez	222, Mariano Matamoros	256, Tepezala
29, San Francisco	60, Las Mercedes	92, Garabatos	128, El Cuervo	161, Ignacio Lopez Rayon	191, Las Higueras	223, El Muerto	
30, El Aguajito	61, Las Lajas	93, Der Ing. Blas Balcarcel	129, Santa Isabel	162, Caballerías	San Luis Potosí	224, Guridi Y Alcocer	
31, Centenario De Juarez	62, La Rosilla II	94, Cuacuala	130, Santa Rosa	163, Laguna Honda	192, Santa Genoveva	225, Tenexac	
	63, Laguna Grande	95, El Salto		164, La Luz	193, San Jose	226, B. Recoba	

Parámetros para el cálculo de Potencial

i. Potencia o capacidad a instalar

La potencia instalada en cualquier central hidroeléctrica se mide en MW y está dada por la siguiente expresión:

$$\bar{P} = \gamma * \bar{Q} * Hb * \eta_s * 9.81 \quad (1)$$

Donde:

\bar{P} = Potencia media, en kW

\bar{Q} = Gasto medio aprovechable, en m³/s

γ = peso específico del agua

Hb = carga hidráulica disponible en m

η_s = eficiencia total de la planta (75 al 90%)

9.81 = aceleración de la gravedad en m/s

ii. Carga Hidráulica

Es el diferencial entre el nivel del embalse y el nivel de la obra de toma (disponibles en la base de datos del SISP de la CONAGUA).

$Hb = \text{Elev. NAMO} - \text{Elev. Obra de toma} = m$

iii. Gasto aprovechable

El gasto está sujeto a diversos factores, como la hidrometría, la climatología, la naturaleza del terreno, la cubierta vegetal. Para infraestructura existente se deberá considerar el caudal de operación para riego y los tiempos que se calendarizan en esa actividad.

iv. Generación Media Anual

Es la potencia por el número de horas de operación en un año, y está definida por el Factor de Planta, F.P., el cual cuando es cercano a uno, se considera que la central trabaja en base o firme, es decir, las 24 h del día los 365 días del año, también se puede estimar en función del valor regional de las centrales hidroeléctricas actuales de 40.1%¹³.

La Generación Media Anual, G.M.A., se expresa en GWh/año:

$$GMA = \bar{P} * 8640 * F.P./1000 \quad (2)$$

13 An Assessment of Energy Potential at Non-Powered Dams in the United States. U.S. Department of Energy. Energy Efficiency & Renewable Energy. Wind & Water Power Program. Boualem Hadjerioua, Principal Investigator, Yaxing Wei and Shih-Chieh Kao. April 2012. Pag. 9.



Caudal de operación para generación en infraestructura existente

Para infraestructura existente se deberá considerar el caudal de operación para riego y los tiempos que se calendarizan en esa actividad y en función de eso programar la generación hidroeléctrica.

Dicho caudal o gasto se calcula en función de la “Superficie Física Regada”, en ha, y el “Volumen Distribuido” en miles de m³. Dicha información se puede consultar en el sistema de “Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego” de la CONAGUA, y que proporciona información de los 108 Distritos de Riego, DR, que existen en el país: <http://www.edistritos.com/DR/estadisticaAgricola/distrito.php>.

Las estadísticas de los años 2011 a 2015 de la superficie regada y el volumen distribuido para todos los cultivos y reportado por CONAGUA son:

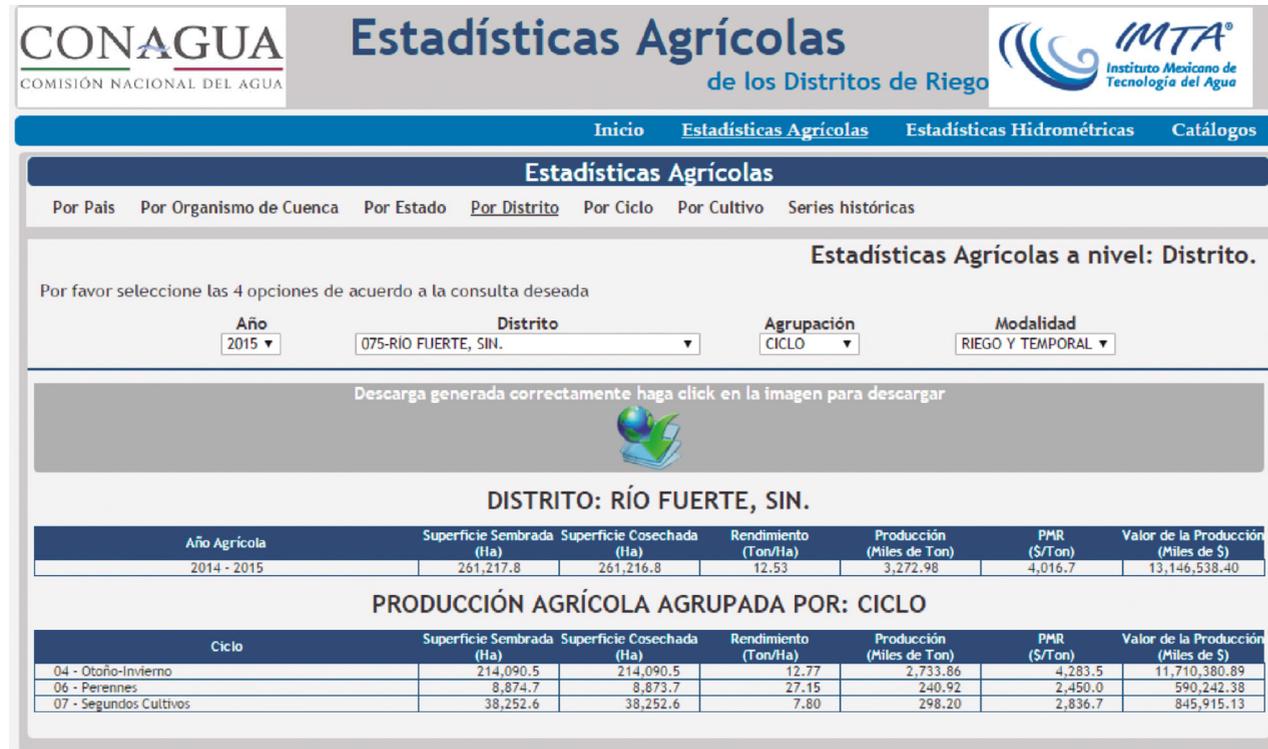


Figura 33. Estadísticas Agrícolas de la CONAGUA



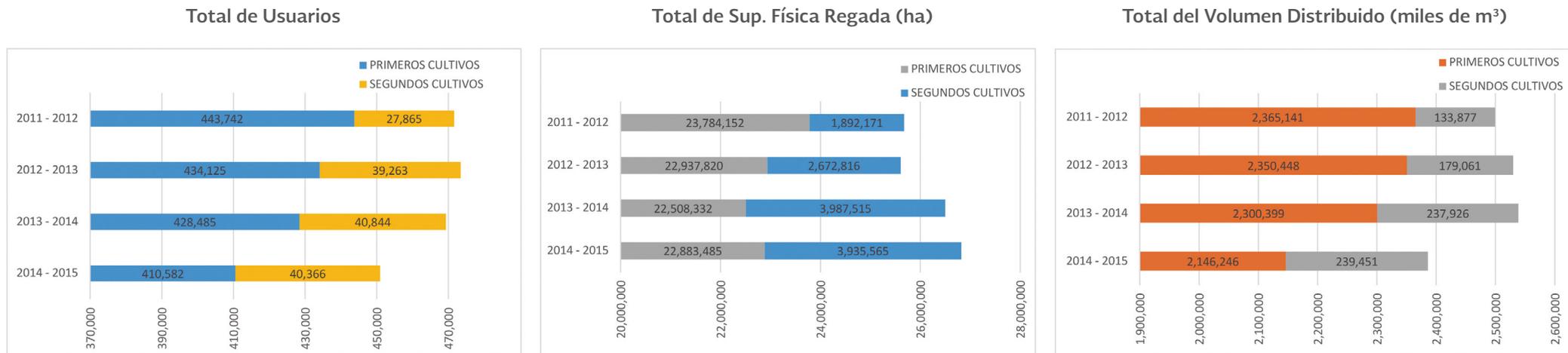


Figura 34. Superficie regada en todo el país 2011-2015.

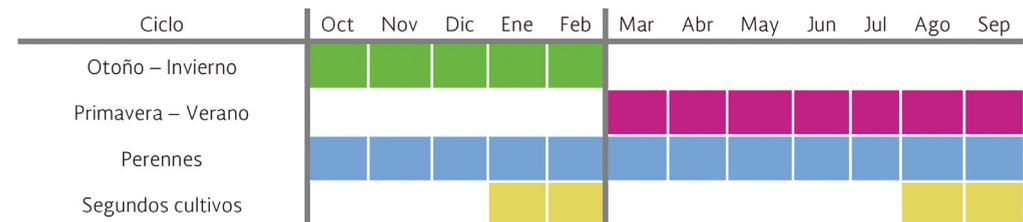


Figura 35. Ciclos de cultivo de los DR.

Los ciclos de cultivo se programan en los siguientes meses del año:
A cada DR le corresponde una o varias presas como se muestra en la tabla y el mapa siguiente.

Tabla 5. Número de Distrito de Riego, DR y la Presa que lo abastece.

Distrito de Riego	No. DR	Región Hidrol	OC	PRESA	ESTADO	MUNICIPIO
Rio Yaqui, Son.	41	2		Alvaro Obregon	Sonora	Cajeme
Rio San Lorenzo, Sin.	109	3	Pacífico Norte	José López Portillo	Sinaloa	Cosala
Pabellon, Ags.	001	8	Lerma-Santiago-Pacífico	Plutarco Elías Calles	Aguascalientes	San José De Gracia
Tula, Hgo.	003	13		Endhó	Hidalgo	Tula
Tula, Hgo.	003	13		Requena	Hidalgo	Tepexi Del Río
Tula, Hgo.	003	13		Taxhimay	Hidalgo	San Luis
Don Martin, N. L.	004	6		Salinillas	Coahuila	Anáhuac
Don Martin, N. L.	004	6	Río Bravo	Venustiano Carranza	Coahuila	Juárez
Delicias, Chih.	005	6	Río Bravo	Francisco I. Madero	Chihuahua	Rosales
Delicias, Chih.	005	6	Río Bravo	La Boquilla	Chihuahua	San Francisco De Conchos
Palestina, Coah.	006	6		Centenario	Coahuila	Jiménez
Palestina, Coah.	006	6		San Miguel	Coahuila	Jiménez
Culiacan-Humaya, Sin.	010	3	Pacífico Norte	Adolfo López Mateos	Sinaloa	Culiacán
Culiacan-Humaya, Sin.	010	3		Juan Guerrero Alcocer	Sinaloa	Culiacán
Culiacan-Humaya, Sin.	010	3	Pacífico Norte	Sanalona	Sinaloa	Culiacán
Alto Rio Lerma, Gto.	011	8		La Purisima	Guanajuato	Guanajuato
Alto Rio Lerma, Gto.	011	8		Laguna De Yuriria	Guanajuato	Yuriria
Alto Rio Lerma, Gto.	011	8	Lerma-Santiago-Pacífico	Solís	Guanajuato	Acámbaro
Alto Rio Lerma, Gto.	011	8	Lerma-Santiago-Pacífico	Tepuxtepec	Michoacán	Contepec
Estado De Jalisco	013	8		Cajititlan	Jalisco	Etzatlán
Estado De Jalisco	013	8		Chila	Jalisco	Zapotlán Del Rey
Estado De Jalisco	013	8		Coatepec	Jalisco	Etzatlán
Estado De Jalisco	013	8		El Cuarenta	Jalisco	Lagos De Moreno
Estado De Jalisco	013	8		El Trigo	Jalisco	Magdalena
Estado De Jalisco	013	8		Estribon	Jalisco	Yahualica
Estado De Jalisco	013	8		Ing. Lugo S. Sanabria (Pólvora)	Jalisco	Degollado
Estado De Jalisco	013	8		La Colonia	Jalisco	Zapotlán Del Rey
Estado De Jalisco	013	8		La Quemada	Jalisco	Magdalena

Distrito de Riego	No. DR	Región Hidrol	OC	PRESA	ESTADO	MUNICIPIO
Estado De Jalisco	013	8		Laguna Colorada	Jalisco	San Juanito De Escobedo
Estado De Jalisco	013	8		Lic. S. Camarena (La Vega)	Jalisco	Tehuchitlán
Estado De Jalisco	013	8		Mexticacan	Jalisco	Mexticacán
Estado De Jalisco	013	8		Palo Verde	Jalisco	Etzatlán
Estado De Jalisco	013	8		San Andres	Jalisco	San Juanito De Escobedo
Estado De Jalisco	013	8		San Miguel	Jalisco	San Miguel El Alto
Estado De Jalisco	013	8		Santa Rosalia	Jalisco	Etzatlán
Estado De Jalisco	013	8		Tenasco	Jalisco	Santa María De Los Ángeles
Estado De Jalisco	013	8		Vicente C.villaseñor	Jalisco	Valle De Juárez
Estado De Jalisco	013	8		Villa Guerrero	Jalisco	Totatiche
Estado De Jalisco	013	8		Volantin	Jalisco	Tizapán El Alto
Region Lagunera	017	7	Cuencas Centrales Del Norte	Francisco Zarco	Durango	Nazas
Region Lagunera	017	7	Cuencas Centrales Del Norte	Lázaro Cárdenas	Durango	Indé
Colonias Yaquis Y	018	2	Noroeste	Lázaro Cárdenas	Sonora	Nacoziari
Tehuantepec, Oax.	019	5	Pacífico Sur	Benito Juárez	Oaxaca	Jalapa Del Marqués
Morelia, Mich.	020	8		Cointzio	Michoacán	Morelia
Morelia, Mich.	020	8		Malpais	Michoacán	Queréndaro
San Juan Del Rio, Qro.	023	9		Constitucion De 1917	Querétaro	San Juan Del Río
San Juan Del Rio, Qro.	023	9		San Ildefonso	Querétaro	Amealco
Cienega De Chapala, Mich.	024	8		Guaracha	Michoacán	Villamar
Cienega De Chapala, Mich.	024	8		Jaripo	Michoacán	Villamar
Cienega De Chapala, Mich.	024	8		Tarecuato	Michoacán	Tangamandapio
Bajo Rio Bravo, Tam.	025	6		Falcon	Tamaulipas	Nuevo Guerrero
Bajo Rio San Juan, Tam.	026	6		Las Blancas	Tamaulipas	Mier
Bajo Rio San Juan, Tam.	026	6	Río Bravo	Marte R. Gómez	Tamaulipas	Camargo
Tulancingo, Hgo.	028	9		La Esperanza	Hidalgo	Cuatepec

Distrito de Riego	No. DR	Región Hidrol	OC	PRESA	ESTADO	MUNICIPIO
Xicotencatl, Tam.	029	9		Emilio Portes Gil (San Lorenzo)	Tamaulipas	Xicoténcatl
Valsequillo, Pue.	030	4	Balsas	Manuel Ávila Camacho	Puebla	Puebla
Las Lajas, N. L.	031	6	Río Bravo	Cuchillo-Solidaridad	Nuevo León	China
Estado De Mexico	033	8		Ignacio Ramirez	México	Almoloya De Juárez
Estado De Mexico	033	8		J. F. Trinidad Fabela	México	Atacomulco
Estado De Mexico	033	8		Jose Antonio Alzate	México	Temoaya
Estado De Zacatecas	034	7		El Cazadero	Zacatecas	Río Grande
Estado De Zacatecas	034	7		Leobardo Reynoso	Zacatecas	Fresnillo
Estado De Zacatecas	034	7		Santa Rosa	Zacatecas	Fresnillo
Estado De Zacatecas	034	8		El Chique	Zacatecas	Tabasco
Estado De Zacatecas	034	8		Julian Adame Alatorre	Zacatecas	Villanueva
Estado De Zacatecas	034	8		Miguel Aleman	Zacatecas	Tepechtitlán
Estado De Zacatecas	034	8		Moraleños	Zacatecas	Huanusco
Altar-Pitiquito, Son.	037	2		Cuauhtemoc	Sonora	Tubutama
Río Mayo, Son	038	2	Noroeste	Adolfo Ruiz Cortines	Sonora	Álamos
Río Yaqui, Son.	041	2	Noroeste	Plutarco Elías Calles	Sonora	Soyopa
Buenaventura, Chih.	042	6		El Tintero	Chihuahua	Buenaventura
Jilotepec, Mex.	044	13		Danxho	México	Jilotepec
Tuxpan, Mich.	045	8		Laguna Del Fresno	Michoacán	Maravatío
Tuxpan, Mich.	045	8		Tercer Mundo	Michoacán	Senguio
Acuña-Falcon, Tam.	050	6		La Amistad	Coahuila	Acuña
Estado De Durango	052	3		Caboraca	Durango	Conatlán
Estado De Durango	052	3		Francisco Villa	Durango	Poanas
Estado De Durango	052	3		General Guadalupe Victoria	Durango	Victoria
Estado De Durango	052	3		Peña Del Aguila	Durango	Durango
Estado De Durango	052	3		Santiago Bayacora	Durango	Durango

Distrito de Riego	No. DR	Región Hidrol	OC	PRESA	ESTADO	MUNICIPIO
Estado De Colima	053	8		Laguna De Amela	Colima	Tecomán
Estado De Colima	053	8		Trojes	Colima	Pihuamo
Estado De Colima	053	8		Basilio Badillo	Jalisco	Ejutla
Atoyac-Zahuapan, Tlax.	056	4		Atlanga	Tlaxcala	Atlangatepec
Amuco-Cutzamala, Gro.	057	4		Andres Figueroa	Guerrero	Ajuchitlán Del Progreso
Amuco-Cutzamala, Gro.	057	4	Balsas	El Gallo	Guerrero	Cutzamala De Pinzón
Amuco-Cutzamala, Gro.	057	4		La Calera	Guerrero	Zirándaro
Amuco-Cutzamala, Gro.	057	4	Balsas	Vicente Guerrero	Guerrero	Arcelia
Zamora, Mich.	061	8		Urepetiro	Michoacán	Urepetiro
Guasave, Sin.	063	3	Pacífico Norte	Guillermo Blake Aguilar	Sinaloa	Sinaloa
Guasave, Sin.	063	3	Pacífico Norte	Gustavo Díaz Ordaz	Sinaloa	Sinaloa De Leyva
Tepecoacuilco, Gro.	068	4		Valerio Trujano	Guerrero	Tepecoacuilco
Tepecoacuilco, Gro.	068	4		Agostitlan	Michoacán	Hidalgo
Tepecoacuilco, Gro.	068	4		Pucuatto	Michoacán	Hidalgo
Tepecoacuilco, Gro.	068	4		Sabaneta	Michoacán	Hidalgo
La Concepcion, Mex.	073	13		La Concepcion	México	Tepotzotlán
Mocorito, Sin.	074	3		Eustaquio Buelna	Sinaloa	Salvador Alvarado
Rio Fuerte, Sin.	075	3	Pacífico Norte	Luis Donald Colosio	Sinaloa	Choix
Rio Fuerte, Sin.	075	3	Pacífico Norte	Miguel Hidalgo Y Costilla	Sinaloa	El Fuerte
Valle Del Carrizo-Fuerte Mayo	076	3	Pacífico Norte	Josefa Ortiz De Domínguez	Sinaloa	El Fuerte
Papigochic, Chih.	083	2		Abraham Gonzalez	Chihuahua	Guerrero
La Begoña, Gto.	085	8		Ignacio Allende	Guanajuato	San Miguel De Allende
La Begoña, Gto.	085	8		Isidro Orozco (Neutla)	Guanajuato	Comonfort
Soto La Marina, Tam.	086	9	Golfo Norte	Vicente Guerrero	Tamaulipas	Padilla
Rosario-Mezquite, Mich.	087	8		Copandaro	Michoacán	Jiménez
Rosario-Mezquite, Mich.	087	8		De Gonzalo	Michoacán	Vista Hermosa

Distrito de Riego	No. DR	Región Hidrol	OC	PRESA	ESTADO	MUNICIPIO
Rosario-Mezquite, Mich.	087	8		Melchor Ocampo	Michoacán	Angamacutiro
El Carmen, Chih.	089	6		Las Lajas	Chihuahua	San Buenaventura
Bajo Rio Conchos, Chih.	090	6	Río Bravo	Luis L. León	Chihuahua	Aldama
Rio Panuco (U Las Animas), Tam.	092	9	Golfo Norte	Ramiro Caballero	Tamaulipas	González
Rio Panuco (U Chicayan), Ver.	092	9	Golfo Norte	Chicayán	Veracruz	Pánuco
Tomatlan, Jal.	093	8		Cajon De Peña	Jalisco	Tomatlán
Jalisco Sur	094	8		Hurtado	Jalisco	Acatlán De Juárez
Jalisco Sur	094	8	Lerma-Santiago-Pacífico	General Ramón Corona Madrigal	Jalisco	Unión De Tula
Jalisco Sur	094	8		Tacotan	Jalisco	Unión De Tula
Arroyozarco, Mex.	096	13		El Molino	México	Aculco
Arroyozarco, Mex.	096	13		Huapango	México	Aculco
Arroyozarco, Mex.	096	13		Ñadó	México	Aculco
Lazaro Cardenas, Mich.	097	4	Balsas	Constitución De Apatzingán	Jalisco	Jilotlán De Dolores
Lazaro Cardenas, Mich.	097	4		Los Olivos	Michoacán	Tepalcatepec
Lazaro Cardenas, Mich.	097	4		Zicuiran	Michoacán	La Huacana
Jose Maria Morelos, Mich.	098	4		Jose Ma. Morelos (La Villita)	Michoacán	Melchor Ocampo Del Balsas
La Magdalena, Mich.	099	4		San Juanico	Michoacán	Cotija
Alfajayucan, Hgo.	100	13		Rojo Gomez	Hidalgo	Alfajayucan
Alfajayucan, Hgo.	100	13		Vicente Aguirre	Hidalgo	Alfajayucan
Cuxtepeques, Chis.	101	11		Juan Sabines Gutierrez	Chiapas	La Concordia
Rio Florido, Chih.	103	6		Pico De Aguila	Chihuahua	Coronado
Rio Florido, Chih.	103	6	Río Bravo	San Gabriel	Durango	Ocampo
Nexpa, Gro.	105	5		Revolución Mexicana	Guerrero	Ayutla De Los Libres
Elota-Piactla, Sin.	108	3	Pacífico Norte	Aurelio Benassini Viscaíno	Sinaloa	Tlaxiaco

Mapa 9. Infraestructura existente y los Distritos de riego.



113 Distritos de Riego, 2014.
256 estructuras potenciales

Figura 36. Lista de nombres del Mapa 9.

Districtos de Riego 2014			
1, Pabellón	29, Xicoténcatl	59, Río Blanco	93, Tomatlán
2, Mante	30, Valsequillo	60, El Higo	94, Jalisco Sur
3, Tula	31, Las Lajas	61, Zamora	95, Atoyac
4, Don Martín	33, Estado de México	63, Guasave	96, Arroyozarco
5, Delicias	34, Estado de Zacatecas	66, Santo Domingo	97, Lázaro Cárdenas
6, Palestina	35, La Antigua	68, Tepecoacuilco-Quechultenango	98, José Ma Morelos
8, Metztlán	37, Altar-Pitiquito-Caborca	73, La Concepción	99, Quitupan-La Magdalena
9, Valle de Juárez	38, Río Mayo	74, Mocerito	100, Alfajayucan
10, Culiacán-Humaya	41, Río Yaqui	75, Río Fuerte	101, Cuxtepeques
11, Alto Río Lerma	42, Buenaventura	76, Valle del Carrizo y Fuerte-Mayo	102, Río Hondo
13, Estado de Jalisco	43, Estado de Nayarit	82, Río Blanco	103, Río Florido
14, Río Colorado	44, Jilotepec	83, Papigochic	104, Cuajinicuilapa (Ometepec)
16, Estado de Morelos	45, Tuxpan	84, Guaymas	105, Nexpa
17, Región Lagunera	46, Cacahoatán-Suchiate	85, La Begoña	107, San Gregorio
18, Colonias Yaquis	48, Ticul	86, Río Soto La Marina	108, Elota-Piactla
19, Tehuantepec	49, Río Verde	87, Rosario-Mezquite	109, Río San Lorenzo
20, Morelia-Querendaro	50, Acuña-Falcón	88, Chiconautla	110, Río Verde-Progreso
23, San Juan del Río	51, Costa de Hermosillo	89, El Carmen	111, Baluarte-Presidio
24, Ciénega de Chapala	52, Estado de Durango	90, Bajo Río Conchos	112, Ajacuba
25, Bajo Río Bravo	53, Estado de Colima	92, Río Pánuco (Pujal Coy)	113, Alto Río Conchos
26, Bajo Río San Juan	56, Atoyac-Zahuapan	92, Río Pánuco (Las Animas)	
28, Tulancingo	57, Amuco Cutzamala	92, Río Pánuco (Chicayán)	

Tabla 6. Presas potenciales de pequeña generación (menor a 30 MW y mayor a 5 MW).

No.	NOMBRE OFICIAL	ESTADO	VOL NAMO (hm ³)	NAMO (msnm)	Q (m ³ /s)	Elevación Obra de Toma (m)	P (MW)	E (GWh)
1	Cajón De Peñas	JAL	510.56	130.97	120	104.1	27.49	96.33
2	Francisco Zarco	DGO	309.24	1208.2	150	1184.2	26.49	92.81
3	Lázaro Cárdenas	SON	703.36	830.7	80	788.7	24.72	86.62
4	Solís	GTO	785.54	1892.3	90	1862.5	19.73	69.14
5	Amata	SIN	8.04	132.70	160	117.00	18.48	64.76
6	Josefa Ortiz De Domínguez	SIN	513.86	109.5	100	90	15.67	54.91
7	Corazón de María	QRO	1.56	2340.30	100	2325.00	11.26	39.44
8	Internacional Anzalduas	TAMPS	9.63	30.48	250	24.80	10.45	36.61
9	Ing. Aurelio Benassini Vizcaino	SIN	415.00	154.54	60	131	10.39	36.41
10	Francisco I. Madero	CHIH	355.30	1239.3	52.5	1210.75	10.17	35.63
11	Presidente Benito Juárez	OAX	963.70	124.25	30	79.8	9.81	34.38
12	Venustiano Carranza	COAH	1312.86	261.75	64	241	9.77	34.24
13	Laguna Colorada	CHIH	8.00	1328.30	1.00	94.00	9.08	31.82
14	Picachos	SIN	322.00	124.7	40	95.2	8.68	30.42
15	Basilio Vadillo	JAL	145.72	974.35	22	925.9	7.84	27.48
16	Valle De Bravo	MEX	330.00	1829.55	30	1798.5	6.85	24.01
17	Javier Rojo Gómez	HGO	46.00	1974	50	1948.5	6.60	23.14
18	Guadalupe	MEX	56.70	2305.2	44	2283.87	6.49	22.74
19	Ing. Rodolfo Félix Valdés	SON	130.20	289.36	45	270	6.41	22.46
20	Villa Hidalgo	DGO	26.09	1726.23	35.6	1703	6.19	21.70
21	Manuel Ávila Camacho	PUE	303.71	2059	50	2043.71	5.62	19.71
22	El Centenario	QRO	13.76	1896.70	74.52	1886.50	5.59	20.09
23	Ing. Luis L. León	CHIH	292.46	1034.8	40	1016	5.53	19.39
24	Der. Jocoqui	AGS	10.60	1942.40	35.67	1908.60	5.32	18.63
25	Endhó	HGO	182.00	2018	35	1997.8	5.20	18.23

Tabla 7. Presas potenciales de mini generación (de 1 a 5 MW).

No.	NOMBRE OFICIAL	ESTADO	VOL NAMO (hm ³)	NAMO (msnm)	Q (m ³ /s)	Elevación Obra de Toma (m)	P (MW)	E (GWh)
1	Revolución Mexicana	GRO	126.69	94.4	23	65	4.98	17.43
2	Vicente Guerrero	GRO	250.00	425	26	399	4.97	17.43
3	Marte R. Gómez	TAMPS	781.70	76.3	84	65.08	4.88	17.11
4	Plutarco Elías Calles	AGS	340.00	2020	20	1974	4.52	15.85
5	Estudiante Ramiro Caballero Dorantes	TAMPS	571.07	51.7	60	41.73	4.40	15.42
6	Melchor Ocampo	MICH	200.00	1711.9	25	1688.28	4.34	15.22
7	El Rejón	CHIH	6.53	1477.00	35.00	1462.00	3.86	13.53
8	El Gallo	GRO	400.00	362.78	35	348.3	3.73	13.07
9	Madin	MEX	18.90	2336.25	21.5	2326.13	3.65	12.79
10	Der. Andrew Weiss	SIN	3.00	77.50	110.00	73.00	3.64	12.76
11	Lic. Eustaquio Buelna	SIN	174.56	66.75	40	54.4	3.63	12.74
12	Andrés Figueroa	GRO	102.50	377	16.32	348.35	3.44	12.05
13	Der Las Blancas	TAMPS	83.78	89.92	90.7	80.2	3.33	11.67
14	Ing. Guillermo Blake Aguilar	SIN	300.60	188.45	15	159	3.25	11.39
15	Villa Victoria	MEX	214.00	2558.96	40	1016	3.09	10.83
16	Comaquito	SON	31.20	970.7	34.18	953.5	3.05	10.67
17	La Golondrina	SLP	22.46	1189	20.5	1169.1	2.98	10.44
18	San Ildefonso	QRO	52.70	2256.45	10	2200.82	2.88	10.10
19	Cointzio	MICH	76.80	1993.5	12	1962	2.78	9.75
20	Alfredo Vladimir Bonfil	QRO	6.12	1792.00	41.00	1783.00	2.71	9.51
21	Lic. Emilio Portes Gil	TAMPS	230.78	122.95	24	108	2.64	9.25
22	Ñadó	MEX	16.80	2474	22.9	2452.75	2.52	8.83
23	Ing. Manuel Pastor	MOR	10.00	1142.00	19.65	1125.05	2.45	8.59
24	La Llave	QRO	10.88	1894.50	92.99	1891.00	2.39	8.39
25	Urepetiro	MICH	12.80	1747.90	20.00	1732.00	2.34	8.20
26	Der. Pabellón	AGS	2.03	2099.56	22.27	2071.38	2.26	7.91
27	Ignacio Allende	GTO	150.00	1830.5	18	1819.5	2.23	7.81
28	El Tintero	CHIH	138.48	1703	10	1675	2.06	7.22

No.	NOMBRE OFICIAL	ESTADO	VOL NAMO (hm³)	NAMO (msnm)	Q (m³/s)	Elevación Obra de Toma (m)	P (MW)	E (GWh)
29	El Aguacate	GTO	1.57	1839.50	12.62	1817.47	2.05	7.17
30	Taxhimay	MEX	42.80	2208	14	2180	2.03	7.11
31	Los Naranjos	DGO	26.00	1658.4	10.52	1633.2	1.95	6.83
32	El Chique (S)	ZAC	140.00	1580.18	7.17	1547	1.75	6.13
33	Los Naranjos (Construcción 2008)	JAL	135.00	113	8	83.35	1.75	6.12
34	Misión de Arnedo	GTO	4.09	1809.70	22.15	1799.00	1.74	6.11
35	Cuchillo Solidaridad	NL	1123.14	162.35	15.2	147.64	1.65	5.76
36	Los Sauces	JAL	11.48	1696.60	13.00	1680.00	1.59	5.56
37	Hermenegildo Galeana	GRO	58.00	296.5	25	292	1.56	5.46
38	Cacaloapan	PUE	20.00	1864.5	20	1854	1.55	5.41
39	Santa Efigenia	GTO	30.40	1762.06	22.407	1753.19	1.46	5.12
40	Federalismo Mexicano	DGO	245.43	1777.9	7.95	1753.2	1.44	5.06
41	Ing. Guillermo Lugo Sanabria	JAL	51.70	1663.46	4.2	1620	1.42	4.99
42	Juan Sabines	CHIS	100.20	612.12	15	599.4	1.40	4.92
43	El Realito	GTO	50.00	1137.6	2	1097	1.38	4.85
44	El Cazadero	ZAC	22.18	1916	20	1906.6	1.38	4.85
45	Ing. Julián Adame Alatorre	ZAC	38.00	1696.01	13.4	1676.41	1.36	4.77
46	Pico del Águila	CHIH	51.21	1616.9	11	1600.2	1.35	4.74
47	El Barrial	GTO	48.50	1780.9	41.5	1770.55	1.35	4.72
48	Abraham González	CHIH	85.44	2047.8	7.5	2023.5	1.34	4.70
49	El Carrizo	JAL	47.27	1265	3.5	1227	1.32	4.62
50	San Andrés Tepetitlan	MEX	67.92	2592	10	2574.7	1.27	4.46
51	Prof. Y Gral. Alberto Carrera Torres	TAMPS	45.22	386.7	6.8	362.7	1.27	4.44
52	El Cuarenta	JAL	30.17	1998.75	10	1974.35	1.26	4.43
53	El Yathe II	HGO	44.80	1950	5.87	1897	1.25	4.40
54	El Tapiro	SON	18.00	526.1	10.984	510.6	1.25	4.39

No.	NOMBRE OFICIAL	ESTADO	VOL NAMO (hm ³)	NAMO (msnm)	Q (m ³ /s)	Elevación Obra de Toma (m)	P (MW)	E (GWh)
55	Malpaís	MICH	23.74	1828.85	45.07	1824.98	1.25	4.38
56	Pedro José Méndez	TAMPS	31.26	447.22	17.125	433.25	1.24	4.34
57	Las Lajas	CHIH	91.00	1558.7	7	1535	1.22	4.28
58	República Española	TAMPS	54.78	83	27.7	74.55	1.21	4.25
59	José López Portillo	NL	300.00	282.52	9	264.55	1.20	4.20
60	Francisco Villa	DGO	73.26	1993	10	1970	1.19	4.17
61	Santiago Bayacora	DGO	130.05	1959.01	4	1918.6	1.19	4.17
62	Ponciano Arriaga	SLP	41.50	208	3	198	1.17	4.08
63	Abelardo L. Rodríguez	AGS	16.00	1888.88	6.902	1866.35	1.14	4.01
64	Ramon López Velarde	ZAC	27.00	2096	12.28	2083.7	1.14	4.00
65	Caballeros	TAMPS	1.35	255.20	22.06	248.18	1.14	3.99
66	Noche Buena	COAH	40.00	1217.7	2.54	1202.2	1.12	3.93
67	La Chirimoya	GTO	2.87	1944.45	7.64	1924.50	1.12	3.93
68	El Carrizo	AGS	39.70	1265	3.5	1227	1.11	3.90
69	Der. La Patria Es Primero	TAMPS	39.51	95	105	89.4	1.11	3.88
70	Rodrigo Gómez	NL	39.49	448.54	4.25	427.5	1.11	3.88
71	50 aniversario	AGS	5.20	86.00	9.43	70.30	1.09	3.82
72	José Antonio Álzate	MEX	34.50	2565.56	20	2558.3	1.07	3.74
73	Yosocuta	OAX	46.80	1509.7	8	1484	1.06	3.73
74	Salinillas	NL	19.11	232	40	226.89	1.06	3.71
75	Ing. Benjamín Ortega Cantero	DGO	37.70	1430.15	5	1416.4	1.05	3.69
76	Valerio Trujano	GRO	39.39	840	20	829.93	1.04	3.66
77	Cajón De Onapa	SON	30.00	110.73	7.1	91	1.03	3.61
78	La Fragua	COAH	47.30	300.3	19	293	1.02	3.58
79	Tierra Y Libertad	MOR	13.00	1113.25	6.00	1090.50	1.00	3.52
80	Santa Engracia	TAMPS	4.92	253.29	17.82	245.65	1.00	3.51
81	Constitución de 1917	QRO	65.00	1927.06	10	1913.48	1.00	3.50

Tabla 8. Presas con potencial micro generación (menor de 1 MW).

No.	NOMBRE OFICIAL	ESTADO	VOL NAMO (hm ³)	NAMO (msnm)	Q (m ³ /s)	Elevación Obra de Toma (m)	P (MW)	E (GWh)
1	Huachinantla	PUE	4.6	870.30	10.00	857.50	0.94	3.30
2	Garabatos	JAL	12.0	1722.80	6.98	1706.00	0.86	3.02
3	La Noria	MICH	8.0	1728.50	12.30	1720.20	0.75	2.63
4	La Cofradía	MICH	8.7	1920.48	11.00	1911.20	0.75	2.63
5	Rosendo Salazar	CHIS	13.0	587.20	8.25	575.00	0.74	2.59
6	Bacanora	SON	14.3	84.67	6.06	68.20	0.73	2.57
7	Potrerrillos	GTO	13.7	1816.00	5.40	1797.60	0.73	2.56
8	Der Ing. Blas Balcarcel	JAL	1.0	1561.40	25.00	1557.50	0.72	2.51
9	Los Olivos	MICH	10.3	418.00	5.40	400.14	0.71	2.49
10	Villa Hermosa	DGO	7.5	2100.45	4.34	2078.70	0.69	2.43
11	El Veranito	SON	9.0	232.00	9.66	222.30	0.69	2.42
12	Casa de Janos	CHIH	11.8	1535.00	6.00	1519.50	0.68	2.40
13	Lic. José López Portillo	ZAC	15.0	1913.70	4.20	1891.70	0.68	2.38
14	Ing. Adolfo Orive De Alba	ZAC	6.0	98.20	2.50	61.52	0.67	2.36
15	Mariano Matamoros	TLAX	4.9	2413.35	4.00	2391.50	0.64	2.25
16	Independencia Nacional	ZAC	10.0	1946.00	8.50	1935.90	0.63	2.21
17	La Codorniz	AGS	5.4	1836.00	6.13	1822.40	0.61	2.15
18	Junta De Los Arroyos	CHIH	8.0	2073.50	5.00	2058.30	0.56	1.96
19	Cuacuala	JAL	6.5	1830.60	6.00	1818.10	0.55	1.93
20	Las Alazanas	MICH	5.2	1904.00	11.00	1897.40	0.53	1.87
21	Santa Genoveva	SLP	6.0	2000.00	3.90	1981.40	0.53	1.87
22	El Baluarte	DGO	14.0	2070.00	2.23	2038.00	0.53	1.84
23	El Cueramal	MICH	11.9	365.40	4.65	350.15	0.52	1.83
24	La Soledad	GTO	2.4	2207.00	2.00	2172.67	0.51	1.77
25	La Golondrina	GTO	5.4	1835.20	2.60	1810.80	0.47	1.64
26	El Salto	JAL	83.30	1810.16	3	1790.1	0.44	1.55
27	San Juan De Otates	GTO	1.8	1985.00	3.65	1968.50	0.44	1.55
28	Duarte	GTO	3.5	1929.20	3.60	1913.20	0.42	1.48
29	Ing. Elías González Chávez	JAL	82.00	1618	3	1601	0.38	1.31

No.	NOMBRE OFICIAL	ESTADO	VOL NAMO (hm ³)	NAMO (msnm)	Q (m ³ /s)	Elevación Obra de Toma (m)	P (MW)	E (GWh)
30	Gral. Pánfilo Natera	ZAC	5.4	180.00	3.40	165.10	0.37	1.31
31	Los coronel	ZAC	5.0	2276.60	3.75	2263.80	0.35	1.24
32	Rodríguez	AGS	92.37	115.86	1.5	84.1	0.35	1.23
33	Jalpa	GTO	6.0	2008.67	4.28	1997.73	0.34	1.21
34	San Juan De Llanos	GTO	9.0	2149.45	3.45	2136.21	0.34	1.18
35	Lic. Francisco González De La Vega	DGO	6.0	1527.00	2.33	1507.50	0.33	1.17
36	Laguna De Tuxpan	GRO	9.2	742.70	10.00	738.20	0.33	1.16
37	El Tecolote	MICH	4.2	98.50	2.95	83.30	0.33	1.16
38	Texcalame	JAL	2.5	1435.20	3.07	1420.60	0.33	1.16
39	Santa Catarina	QRO	8.8	1998.11	4.00	1986.98	0.33	1.15
40	Pajaritos	JAL	1.8	1545.20	14.00	1539.00	0.32	1.12
41	San José	SLP	5.1	1953.78	3.78	1943.91	0.32	1.11
42	El Bosque	MICH	214.30	1741	2.3	1722.85	0.31	1.08
43	Der. La Comunidad	GRO	1.5	306.50	12.30	300.95	0.31	1.07
44	Ing. Isidro G. Orozco Portugal	GTO	5.0	1808.15	3.40	1796.00	0.30	1.06
45	Cimarrones	DGO	4.2	1906.42	0.92	1862.00	0.30	1.05
46	Media Luna	AGS	15.0	1619.10	4.00	1609.30	0.29	1.01
47	José María Morelos	ZAC	10.0	1829.69	2.50	1814.40	0.28	0.99
48	Paso De Piedras	VER	180.05	22.18	24	20.6	0.28	0.98
49	José Jerónimo Hernández	DGO	15.0	1999.80	3.00	1987.30	0.28	0.97
50	Presa Mesillas	AGS	1.0	2027.15	3.18	2015.35	0.28	0.97
51	Jalpan	QRO	8.0	781.00	1.76	734.00	0.27	0.96
52	El Pejo	MICH	7.2	375.50	2.73	362.00	0.27	0.95
53	Lic. Adolfo López Mateos	ZAC	4.5	2184.40	5.25	2177.40	0.27	0.95
54	La Duquesa	JAL	6.3	2071.00	4.66	2063.24	0.27	0.93
55	Rondanilla	MICH	1.0	2339.20	2.94	2327.00	0.26	0.92
56	El Batán	QRO	6.5	1902.10	1.20	1873.00	0.26	0.90
57	Las Fuentes	MICH	1.8	2034.00	4.70	2026.70	0.25	0.88
58	Ing. Valentín Gama	SLP	10.0	1783.80	4.00	1775.50	0.24	0.86

No.	NOMBRE OFICIAL	ESTADO	VOL NAMO (hm ³)	NAMO (msnm)	Q (m ³ /s)	Elevación Obra de Toma (m)	P (MW)	E (GWh)
59	Elizondo	JAL	5.0	1482.00	4.40	1474.50	0.24	0.85
60	La Campana	SIN	6.3	29.81	3.38	20.05	0.24	0.85
61	Zirahuato	MICH	1.1	2160.00	3.94	2151.65	0.24	0.85
62	Juan Catalán Bervera	GRO	2.5	1677.80	1.50	1656.00	0.24	0.84
63	Bocas	SLP	1.2	1716.40	3.10	1696.60	0.23	0.80
64	La Escondida	TAMPS	10.0	275.61	3.90	259.65	0.23	0.80
65	Sabaneta	MICH	5.0	2508.00	4.00	2492.60	0.23	0.79
66	El Zorrillo	QRO	3.0	120.35	2.18	106.30	0.23	0.79
67	El Tigre	DGO	14.0	1576.92	2.40	1564.62	0.22	0.76
68	El Refugio	SLP	1.0	1975.90	4.90	1970.00	0.21	0.75
69	Paso De Tablas	QRO	4.6	1878.79	1.50	1860.00	0.21	0.73
70	Miguel Auza	ZAC	3.5	2290.06	2.04	2276.50	0.20	0.71
71	Veinte Amigos	DGO	1.9	1998.20	3.50	1990.30	0.20	0.71
72	Lic. Ignacio L. Vallarta	JAL	5.7	1355.00	2.00	1341.90	0.19	0.68
73	El Venadito	TAMPS	1.6	85.00	14.61	78.70	0.19	0.67
74	La Cajita	TAMPS	2.9	299.62	4.50	288.20	0.19	0.66
75	Agustina Ramírez	SIN	6.6	78.20	1.85	64.40	0.19	0.66
76	Las Higueras	SIN	13.0	50.85	2.90	42.20	0.18	0.65
77	Santiago	ZAC	8.0	1997.26	3.39	1989.90	0.18	0.64
78	Julio Ruelas	ZAC	3.0	1889.50	1.30	1870.40	0.18	0.64
79	Teopari	SON	5.0	2502.87	2.75	2494.00	0.18	0.63
80	Santo Domingo	COAH	1.1	1219.50	3.58	1212.76	0.18	0.62
81	Santa Teresa	MICH	5.5	2311.90	5.20	2307.30	0.18	0.62
82	Adolfo De La Huerta	SON	2.9	104.94	1.60	90.00	0.18	0.62
83	El Encino	OAX	1.8	1249.00	1.67	1235.00	0.17	0.60
84	Cebolletas	GTO	6.1	98.20	3.55	91.70	0.17	0.59
85	El Tigre	GTO	1.4	1820.08	0.96	1797.11	0.16	0.57
86	Jaripo	MICH	10.2	1545.00	3.00	1537.68	0.16	0.57
87	Francisco González Bocanegra	ZAC	3.4	3315.50	2.00	3304.60	0.16	0.56
88	El Pasaman	JAL	3.2	664.00	3.00	656.75	0.16	0.56

No.	NOMBRE OFICIAL	ESTADO	VOL NAMO (hm ³)	NAMO (msnm)	Q (m ³ /s)	Elevación Obra de Toma (m)	P (MW)	E (GWh)
89	Santa Cruz De La Soledad	JAL	1.2	1550.00	3.00	1542.75	0.16	0.56
90	María Soto La Marina	TAMPS	7.6	253.30	2.50	244.90	0.15	0.54
91	Álvaro Obregón	SLP	4.0	1211.02	1.00	1190.10	0.15	0.54
92	Víctor Rosales	ZAC	5.0	2097.20	1.80	2086.00	0.15	0.52
93	Rancho Viejo	DGO	1.2	1911.85	1.00	1892.00	0.15	0.51
94	Lic. Matías Romero	OAX	3.0	1771.50	1.00	1752.40	0.14	0.49
95	San Antonio De Padua	ZAC	3.0	1903.95	2.00	1894.40	0.14	0.49
96	Alcaparrosa	JAL	4.7	1406.80	1.70	1395.60	0.14	0.49
97	Corregidor Miguel Domínguez	QRO	5.0	2385.75	2.10	2376.85	0.14	0.48
98	El Pochote	JAL	7.0	1166.40	1.00	1147.97	0.14	0.48
99	Manuel Felgueres	ZAC	7.5	2077.88	1.04	2060.50	0.13	0.46
100	Peña Blanca	AGS	4.5	104.00	1.00	86.00	0.13	0.46
101	La Esperanza	HGO	3.9	2208.50	1.20	2193.50	0.13	0.46
102	Gral. Ramon Corona	JAL	6.0	1774.20	1.00	1756.40	0.13	0.46
103	Las Mercedes	AGS	1.2	99.80	2.00	90.96	0.13	0.46
104	El Espejo	GTO	10.1	1935.00	5.00	1931.59	0.13	0.44
105	El Plomo	SON	13.2	696.00	1.71	686.70	0.12	0.41
106	El Potosino	SLP	3.5	1996.80	1.05	1981.90	0.12	0.40
107	Comalillo	HGO	5.0	1790.30	0.65	1766.40	0.11	0.40
108	Santa Rosa	ZAC	10.5	2248.50	2.30	2237.00	0.10	0.36
109	Malpaso	AGS	5.5	1739.32	1.14	1726.95	0.10	0.36
110	Juiquinaque	JAL	7.0	1816.80	1.50	1807.45	0.10	0.36
111	El Ahijadero	ZAC	3.8	99.00	3.50	95.00	0.10	0.36
112	La Colorada	AGS	6.4	2024.48	6.44	2022.32	0.10	0.37
113	Ing. Antonio Campuzano Duarte	ZAC	8.0	1989.05	1.00	1975.19	0.10	0.36
114	Achimec	JAL	9.0	1841.50	1.33	1831.10	0.10	0.36
115	Topiltepec	GRO	2.2	544.80	1.03	531.40	0.10	0.35
116	San Pedro Piedra Gorda	ZAC	5.0	2080.80	0.83	2064.50	0.10	0.35
117	Palo Blanco	COAH	1.3	1375.25	1.00	1361.74	0.10	0.35

No.	NOMBRE OFICIAL	ESTADO	VOL NAMO (hm ³)	NAMO (msnm)	Q (m ³ /s)	Elevación Obra de Toma (m)	P (MW)	E (GWh)
118	Manuel M. Prieto	CHIH	7.0	2055.50	1.00	2042.00	0.10	0.35
119	San José	DGO	3.0	2101.50	2.00	2088.10	0.10	0.35
120	José Bernardo Gutiérrez De Lara	TAMPS	10.0	94.00	1.37	84.25	0.10	0.34
121	Boqueroncitos	PUE	5.0	1192.85	0.90	1178.20	0.10	0.34
122	Colon	QRO	6.5	1843.50	0.85	1828.00	0.10	0.34
123	El Arco	MICH	5.3	1697.54	5.14	1695.00	0.10	0.34
124	Cinco De Mayo	DGO	4.2	1672.42	1.20	1661.57	0.10	0.34
125	El Saucillo	AGS	3.6	1858.00	0.99	1844.82	0.10	0.33
126	Piedras Azules	CHIH	9.9	1996.50	1.32	1986.90	0.09	0.33
127	Ceja De Bravo	QRO	4.5	2099.55	2.50	2094.60	0.09	0.32
128	Independencia	CHIH	4.6	2330.50	1.50	2322.30	0.09	0.32
129	Ing. Antonio Rodríguez Langone	MICH	7.5	1714.90	2.00	1708.80	0.09	0.31
130	El Guayabo	JAL	1.8	98.66	5.34	96.39	0.09	0.31
131	El Tecolote	QRO	1.5	2388.86	1.20	2378.83	0.09	0.31
132	El Muerto	TLAX	1.0	2529.54	4.45	2524.48	0.09	0.30
133	José Balderas García	ZAC	4.7	2134.40	2.00	2128.60	0.09	0.30
134	Susticacan	ZAC	4.5	109.80	1.00	98.20	0.09	0.30
135	Emilio López Zamora	AGS	3.3	19.86	2.50	15.25	0.08	0.30
136	La Lajilla	TAMPS	5.0	184.35	6.10	179.06	0.08	0.30
137	San Marcos	CHIH	4.5	1226.60	0.64	1209.00	0.08	0.29
138	Cañada Del Lobo	SLP	1.0	1958.80	1.94	1953.00	0.08	0.29
139	Francisco José Trinidad Fabela	MEX	6.5	2694.75	1.80	2688.70	0.08	0.28
140	Tanque Genty	COAH	8.9	1482.40	1.30	1474.36	0.08	0.27
141	Cleotilde Sosa	PUE	5.0	1149.70	0.70	1134.80	0.08	0.27
142	Ordeña Vieja	AGS	4.0	46.70	0.65	30.75	0.08	0.27
143	Pucuat	MICH	9.6	2480.50	1.24	2472.25	0.08	0.26
144	Divisaderos	SON	4.1	927.48	0.81	915.00	0.07	0.26
145	Gral. Ignacio Pesqueira	SON	4.0	102.80	1.00	92.70	0.07	0.26
146	Palomas	ZAC	8.0	1904.25	1.00	1894.30	0.07	0.26

No.	NOMBRE OFICIAL	ESTADO	VOL NAMO (hm ³)	NAMO (msnm)	Q (m ³ /s)	Elevación Obra de Toma (m)	P (MW)	E (GWh)
147	La Retirada	CHIH	2.1	98.00	2.19	93.50	0.07	0.25
148	La Cantera	JAL	1.4	1866.25	2.06	1861.55	0.07	0.25
149	Parral	CHIH	5.5	1791.00	0.80	1779.00	0.07	0.25
150	Felipe Ruiz De Velazco	MOR	2.3	951.00	0.44	929.20	0.07	0.25
151	La Guaracha	JAL	5.0	1534.25	4.00	1531.89	0.07	0.24
152	Gral. Marciano González Villarreal	NL	9.2	84.00	1.10	75.50	0.07	0.24
153	Articulo 115 Constitución	ZAC	4.2	2108.25	1.85	2103.20	0.07	0.24
154	Ojo De Agua	JAL	5.4	1303.65	1.00	1294.49	0.07	0.24
155	San Onofre	JAL	2.0	1550.70	1.49	1544.60	0.07	0.23
156	Casas Coloradas	CHIH	1.3	67.50	1.00	58.60	0.07	0.23
157	Gonzalo N. Santos	SLP	6.8	2044.85	0.80	2033.75	0.07	0.23
158	Garabitos	DGO	4.5	1885.40	1.00	1876.80	0.06	0.22
159	Granaderos	DGO	1.7	2095.52	1.00	2087.00	0.06	0.22
160	Macua	MEX	5.2	2318.68	0.85	2308.70	0.06	0.22
161	Cerrito Rico	GRO	4.6	1292.40	1.00	1284.00	0.06	0.22
162	Nicolás Romero	DGO	1.0	2116.80	1.00	2108.50	0.06	0.21
163	Las Auras	BC	5.0	820.00	0.35	796.76	0.06	0.21
164	Los Sabinos	JAL	1.4	1528.35	2.00	1524.38	0.06	0.20
165	Tenasco	JAL	6.1	1774.10	0.50	1758.60	0.06	0.20
166	El Rey	MICH	1.2	1892.00	1.88	1888.00	0.06	0.19
167	Huejotitlan	JAL	7.1	1687.40	1.00	1680.10	0.05	0.19
168	Laguna Verde	MICH	2.0	2265.00	1.45	2260.00	0.05	0.19
169	La Quemada	GTO	1.5	2010.62	0.94	2003.13	0.05	0.18
170	San Miguel	JAL	2.9	1860.50	1.00	1853.46	0.05	0.18
171	La Lagunilla	COAH	5.8	1437.00	1.00	1430.00	0.05	0.18
172	Colonia El Naranjo	SLP	1.0	96.77	1.15	84.57	0.05	0.18
173	Peña Alta	HGO	3.0	2177.30	0.55	2164.91	0.05	0.18
174	San Jerónimo I	AGS	1.1	1844.30	0.97	1837.49	0.05	0.17
175	Torreoncillos	CHIH	6.0	1192.80	1.50	1188.60	0.05	0.16

No.	NOMBRE OFICIAL	ESTADO	VOL NAMO (hm ³)	NAMO (msnm)	Q (m ³ /s)	Elevación Obra de Toma (m)	P (MW)	E (GWh)
176	Ciénega Grande	COL	1.0	830.80	1.18	825.57	0.05	0.16
177	Rancho Viejo	JAL	1.1	2154.45	0.80	2146.96	0.04	0.15
178	Ing. Alfredo Ramírez Mercado	ZAC	2.5	1616.05	0.65	1607.22	0.04	0.15
179	San Lázaro	BCS	5.0	299.10	1.00	293.40	0.04	0.15
180	El Saucillo	JAL	1.0	2085.16	0.60	2075.74	0.04	0.15
181	Paso Real	MEX	1.5	1002.30	0.54	991.90	0.04	0.14
182	Peñas de León	JAL	3.0	1904.00	0.93	1898.10	0.04	0.14
183	Der. La Escondida	TAMPS	3.6	204.57	1.64	201.40	0.04	0.13
184	El Palote	GTO	10.0	1836.15	1.00	1831.00	0.04	0.13
185	Paso De Vaqueros	GTO	11.3	1959.82	0.25	1939.80	0.04	0.13
186	Los Mezquites	JAL	5.5	1736.15	0.84	1730.20	0.04	0.13
187	El Apache	GRO	1.9	1677.08	0.23	1655.38	0.04	0.13
188	Moreno De Bravo	MICH	2.5	1844.80	0.85	1838.93	0.04	0.13
189	Tambor I	JAL	1.0	98.50	9.60	98.00	0.04	0.12
190	Valerio	JAL	9.5	2073.00	0.50	2054.20	0.03	0.12
191	La Merced	JAL	2.0	1960.00	0.25	1942.00	0.03	0.12
192	Revolución Mexicana	ZAC	2.5	2109.30	0.50	2100.35	0.03	0.12
193	Las Mercedes	DGO	10.1	1600.00	0.50	1591.21	0.03	0.11
194	José María Armenta	OAX	2.8	1506.25	0.50	1497.55	0.03	0.11
195	Arroyo De Enmedio	ZAC	3.2	119.00	0.62	112.20	0.03	0.11
196	Heraclio Quezada	JAL	3.0	1743.70	0.60	1736.70	0.03	0.11
197	La Estrella	NL	3.0	518.90	0.60	512.00	0.03	0.11
198	Ing. Mariano Moctezuma Barragán	SLP	3.2	2200.50	0.44	2191.30	0.03	0.10
199	El Tablón	MICH	2.7	1917.73	0.60	1905.73	0.03	0.09
200	Ing. Fernando Galicia Islas	GRO	2.7	85.85	0.28	73.30	0.03	0.09
201	Agua Caliente	SON	6.0	98.11	1.20	95.35	0.02	0.09
202	Mexitacac	JAL	1.6	1706.35	0.32	1696.31	0.02	0.08
203	Los Corazones	TAMPS	1.4	283.25	1.09	280.27	0.02	0.08
204	Guridi Y Alcocer	TLAX	1.3	2558.80	0.40	2550.70	0.02	0.08

No.	NOMBRE OFICIAL	ESTADO	VOL NAMO (hm ³)	NAMO (msnm)	Q (m ³ /s)	Elevación Obra de Toma (m)	P (MW)	E (GWh)
205	La Haciendita	SON	6.9	707.85	0.25	695.37	0.02	0.08
206	Tenexac	TLAX	1.3	2582.85	0.30	2572.64	0.02	0.08
207	De Gonzalo	MICH	8.8	1533.88	1.58	1530.20	0.02	0.07
208	Los Conos	AGS	1.8	2003.94	0.80	1997.09	0.02	0.07
209	Jaral De Berrio	GTO	8.0	2300.50	0.76	2297.00	0.02	0.07
210	San Miguel	SLP	2.1	2163.70	0.44	2158.00	0.02	0.06
211	General Enrique Estrada	ZAC	1.6	103.80	0.25	94.00	0.02	0.06
212	Dolores Ventilla	SLP	2.0	1876.75	0.50	1872.00	0.02	0.06
213	Natillas De Arriba	AGS	1.1	2033.50	0.22	2022.83	0.02	0.06
214	Texcoco	CHIH	2.2	111.50	0.30	103.70	0.02	0.06
215	El Boqueron II	OAX	1.0	2123.40	0.26	2114.60	0.02	0.06
216	La Poza	MOR	1.1	1118.40	0.32	1111.33	0.02	0.06
217	San Francisco	CHIH	3.0	1394.50	0.60	1390.80	0.02	0.06
218	El Aguajito	CHIH	2.9	100.40	0.45	95.50	0.02	0.06
219	El Chivo	COAH	3.0	556.80	0.45	552.20	0.02	0.05
220	Las Lajas	DGO	1.1	1979.50	0.20	1969.00	0.02	0.05
221	José Antonio Torres	MICH	1.5	1679.90	0.38	1674.50	0.01	0.05
222	Insurgente José Francisco Osorno	HGO	1.0	2108.15	0.25	2100.06	0.01	0.05
223	Santa Cruz I	ZAC	1.2	2116.30	0.14	2102.00	0.01	0.05
224	La Laborcita	GTO	3.1	1967.13	1.16	1965.46	0.01	0.05
225	B. Recoba	TLAX	1.3	98.50	0.30	92.20	0.01	0.05
226	Centenario de Juárez	CHIH	2.8	84.00	0.22	75.50	0.01	0.05
227	Guadalupe Matancillas	JAL	1.3	99.00	0.24	91.30	0.01	0.05
228	Arroyo Colorado	HGO	1.2	1956.62	0.20	1947.43	0.01	0.05
229	El Cuervo	JAL	3.3	1536.00	0.30	1530.14	0.01	0.05
230	Alberto Andrés Alvarado Arámburo	BCS	7.9	181.00	0.20	172.40	0.01	0.04
231	Santa Isabel	JAL	1.3	1988.45	0.25	1981.58	0.01	0.04
232	Las Esperanzas	COAH	3.4	888.50	0.43	884.62	0.01	0.04
233	Ignacio López Rayón	MICH	3.2	1836.90	0.32	1832.00	0.01	0.04

No.	NOMBRE OFICIAL	ESTADO	VOL NAMO (hm ³)	NAMO (msnm)	Q (m ³ /s)	Elevación Obra de Toma (m)	P (MW)	E (GWh)
234	La Quemada	CHIH	3.0	2036.88	0.20	2029.23	0.01	0.04
235	Nacapa	COAH	1.7	97.65	0.26	92.30	0.01	0.04
236	Santa Rosa	JAL	1.0	1803.49	0.25	1798.10	0.01	0.03
237	Laguna de Alcu zahue	COL	2.5	23.70	6.38	23.50	0.01	0.03
238	La Tinaja	JAL	2.4	1638.20	0.30	1634.09	0.01	0.03
239	La Venta	QRO	2.5	1894.20	0.80	1892.80	0.01	0.03
240	San Rafael	QRO	3.0	2101.90	0.31	2098.40	0.01	0.03
241	La Arcina	JAL	7.7	1532.50	0.40	1527.50	0.01	0.03
242	B. Nuevo	JAL	1.5	2222.00	0.40	2219.50	0.01	0.03
243	Caballerias	MICH	1.9	2243.30	0.18	2239.00	0.01	0.02
244	El Salto	CHIH	1.0	94.87	0.16	90.13	0.01	0.02
245	Laguna Honda	MICH	1.4	1541.92	0.25	1536.38	0.01	0.02
246	El Cinco	NL	2.1	301.30	0.53	300.00	0.01	0.02
247	San José De La Sauced a	JAL	3.6	1468.00	0.25	1465.40	0.005	0.02
248	La Rosilla II	DGO	1.4	2682.75	0.05	2670.00	0.005	0.02
249	El Tulillo	COAH	8.5	1121.14	0.15	1117.00	0.004	0.02
250	Tepezala	ZAC	1.0	1486.22	0.03	1466.92	0.004	0.01
251	La Luz	MICH	2.0	1685.75	0.30	1683.85	0.004	0.01
252	Santa Sofia	VER	2.5	36.00	0.13	32.00	0.004	0.01
253	Laguna Grande	DGO	2.0	1985.30	0.64	1984.50	0.004	0.01
254	Tunguitiro	MICH	2.3	2035.20	0.27	2033.38	0.004	0.01
255	La Azufrosa	COAH	2.2	405.50	0.40	404.50	0.003	0.01
256	San Antonio Del Jaral	COAH	2.6	1159.50	0.07	1155.30	0.002	0.01



Presa El Realito, Guanajuato, 2012

CONCLUSIONES



Presas "La Angostura", Chiapas, 1976

Con casi 140 años de desarrollo, la generación hidroeléctrica es una de las opciones más atractivas para la producción de energía. Sin estar exenta de afectaciones sociales y medioambientales relacionadas con su uso, principalmente en los proyectos con alta capacidad instalada. Asimismo, constituye una forma de generación de energía limpia con alta flexibilidad de operación, bajos costos de operación y mantenimiento, amplio ciclo de vida y con capacidad de dar soporte a la participación de otras fuentes de generación de energía

Para incentivar las energías limpias se cuenta con 24 mecanismos legales obligatorios, entre ellos la Ley General de Cambio Climático (LGCC), la Ley de la Industria Eléctrica (LIE), la Ley de la CFE (LCFE), la de Transición Energética (LTE); el Plan Nacional de Desarrollo (PND); la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC); los Programas Sectorial de Energía (PSE), y el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN); entre otros, así como una serie de lineamientos y normas derivados de los anteriores.



Actualmente el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) y el Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (INEEL), suman esfuerzos para impulsar el desarrollo de este sector. Recientemente se llevó a cabo el 1er Simposio “Barreras y oportunidades para el desarrollo de la Generación Hidroeléctrica”. A partir de ahí se han identificado algunos de los retos más relevantes, como son los que se refieren a las nuevas reglas del MEM, donde existe una baja competitividad frente a las nuevas tecnologías de generación (solar y eólica), por varias razones, como son: los financiamientos, los precios futuros y los costos de inversión entre otros temas. Asimismo, es importante atender los aspectos socioambientales desde la sustentabilidad y el desarrollo social: existe una gran expectativa de desarrollo social, el cual no llega regularmente a realizarse. Y en la parte medioambiental es importante estudiar los efectos medioambientales adversos.

En este sentido, se están impulsando “Oportunidades de Desarrollo de la Generación Hidroeléctrica” a través de tres grandes temas:

1. Caracterización y evaluación de los recursos.
2. Desarrollo de Tecnología.
3. Participación en el mercado.

Y de cuatro esquemas de explotación hidroeléctrica para ser competitivos en el Mercado Eléctrico:

1. Nuevas centrales de generación.
2. Infraestructura hidráulica existente.

3. Modernización y/o repotenciación.
4. Almacenamiento por bombeo hidráulico.

Para atender lo anterior se está impulsando la creación de un Centro Mexicano en Innovación en Energía Hidroeléctrica (CEMIE-Hidro). Cuyo objetivo es permitir al sector abatir las barreras y aprovechar los retos científicos y tecnológicos que enfrenta el país para el aprovechamiento sustentable de la energía.

En el presente estudio se analiza la situación actual de los dos primeros esquemas de aprovechamiento: la Modernización y/o Repotenciación de Centrales y el Uso de Infraestructura Existente.

El primer esquema se refiere a aquellas centrales que la vida útil de puede superar los 100 años y es usual contar con equipos con bajas eficiencias de operación, ya sea por su diseño original o por las pérdidas acumuladas durante su vida de servicio, por lo cual se puede trabajar en la modernización de equipos e instalaciones auxiliares que permitan recuperar las eficiencias operativas originales y/o incrementar la capacidad de generación. De las 101 presas de generación actual tanto de CFE como de privados se identifican 54 mayores a 50 años de operación, y de las cuales 43 tienen una capacidad instalada menor a 30 MW.

El segundo esquema, se refiere al equipamiento de instalaciones no concebidas originalmente para la generación de energía eléctrica, pero que son

susceptibles de llegar a esto, como son las presas de almacenamiento, derivadoras, canales de riego, acueductos, plantas de tratamiento, obras de regulación, etc., respetando las necesidades actuales en los usos del agua, el entorno económico, social y ambiental. De esta manera se dispondría de una cartera de posibles proyectos, donde la componente que se requiere agregar es, sólo la obra hidroeléctrica y la de transmisión eléctrica, lo que redundaría en un costo menor.

Se identificaron 2,916 estructuras hidráulicas existentes susceptibles de generación hidroeléctrica, lo que equivale a un potencial total de 484.41 MW y 1,697 GWh. Clasificándolas de la siguiente manera:

- 25 presas entre 30 y 5 MW suman 279.85 MW de capacidad instalada y generación de 981.10 GWh
- 81 presas entre 1 y 5 MW que suman 162.25 MW o 568.52 GWh.
- 256 presas de microgeneración, es decir, menores a 1 MW de capacidad suman 42.30 MW o 148.24 GWh.

Este documento sienta las bases para la conformación de un CEMIE-Hidro, necesario para complementar el binomio agua-energía que contribuirá en las políticas energéticas, ambientales e hídricas del país mediante el desarrollo de tecnología y de nuevos procesos, asimismo mejorando las condiciones del mercado eléctrico.

COLOFÓN

El documento Bases para un Centro Mexicano en Innovación de Energía Hidroeléctrica, CEMIE-Hidro. 1era Parte: Infraestructura Hidroeléctrica Actual, se terminó de imprimir el mes de febrero de 2018. El tiraje consta de 50 impresiones.

MÉXICO
GOBIERNO DE LA REPÚBLICA



SEMARNAT
SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES

 **IMTA**
INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA
DEL AGUA