

Reduciendo el gas en California

El rol del gas natural en el futuro de la electricidad limpia en el estado

ASPECTOS DESTACADOS

California está invirtiendo en electricidad limpia y renovable, reduciendo su dependencia de los combustibles fósiles y afrontando el cambio climático, pero el estado todavía depende de la generación de gas natural para satisfacer un tercio de sus necesidades de energía. La Union of Concerned Scientists (UCS) analizó las operaciones de las plantas y la confiabilidad de la red de distribución para medir cuánta capacidad de generación de gas se podría retirar para el año 2030 y al mismo tiempo alcanzar la meta para reducir las emisiones de calentamiento global del estado. Varias plantas podrían cerrarse y muchas otras operarían mucho menos. Sin embargo, muchas se apagarían y encenderían con más frecuencia, probablemente emitiendo mucha más contaminación del aire, aún cuando las emisiones totales de carbono declinaran.

Para cumplir sus metas de cambio climático y evitar el incremento de la contaminación del aire proveniente de las plantas a gas natural, California debe implementar soluciones limpias para administrar la red, que puedan reducir su dependencia en la generación de gas natural para brindar energía y confiabilidad de la red.

California es líder global en energía limpia. Alcanzó este status impulsando nuevas tecnologías y puestos de trabajo en “tecnología limpia” y a la vez reduciendo las emisiones de calentamiento global, diversificando su mezcla de combustibles y haciendo crecer su economía para convertirla en la quinta más grande del mundo. Para impulsar estos esfuerzos está la ley de California (Legislatura de California 2016) que busca que para el 2030 se hayan reducido en toda su economía el 40 por ciento de las emisiones por debajo de los niveles de 1990, y a más largo plazo que para 2050 se hayan reducido 80 por ciento de las emisiones por debajo de los niveles de 1990 (Schwarzenegger 2005).

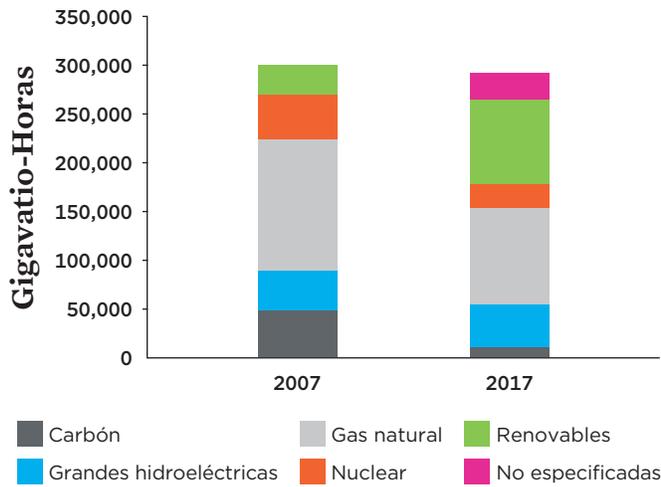
Para efectuar la transición hacia un sistema con energía eléctrica más limpia y segura y cumplir con las ambiciosas metas climáticas de California, el estado debe usar menos combustible fósil y apoyarse en fuentes de energía más limpias que no emitan gases de calentamiento global. En el sector eléctrico esto significa usar menos electricidad producida por plantas a gas natural y más electricidad producida por fuentes de energía renovable tales como solar, eólica, geotérmica, biomasa de bajo carbono y biogás. Reemplazar los vehículos que en el presente emplean gasolina y diésel por vehículos que operen con electricidad renovable reducirá considerablemente los contaminantes del aire tales como óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono y partículas en suspensión que causan cáncer y enfermedades respiratorias crónicas, incluyendo asma. Adicionalmente, el estado ahora depende del gas natural para la calefacción de la mayoría de los hogares y edificios. La electricidad renovable económicamente asequible también proporcionará una fuente de combustible más limpio para estas necesidades.

En la década pasada California invirtió considerablemente en la generación de electricidad renovable. En 2017, las energías renovables conformaron



La estación generadora Montainview de Southern California Edison, es una de las casi 200 plantas alimentadas a gas natural conectadas a la red eléctrica en California.

FIGURA 1. Mezcla de electricidad en California, 2007 y 2017



La generación de energía renovable en California ha incrementado significativamente desde 2007, pero el gas natural permanece como componente clave en el abastecimiento de electricidad para el estado.

Nota: Las fuentes de energía "no especificadas" incluyen compras en el *spot market* (mercado instantáneo), compras de energía al mayoreo y compras de electricidad de concentraciones donde la fuente original no pudo determinarse.

FUENTE: CEC 2018.

29 por ciento de la mezcla de electricidad del estado (Figura 1) (CEC 2018). La mayoría de las proveedoras de servicios públicos del estado avanzan según lo previsto para cumplir, y aún exceder, el requisito actual de surtir el 50 por ciento de la demanda de electricidad con renovables para 2030 (Legislatura de California 2015). Pero California todavía depende de la generación de gas natural para cubrir una parte sustancial de sus necesidades de electricidad. En 2017, el gas natural representó el 33 por ciento de la mezcla de electricidad del estado (CEC 2018).

El rol del gas natural en el sistema eléctrico de California en el presente

En California existen casi 200 plantas termoeléctricas de gran escala alimentadas a gas natural; en conjunto, proporcionan a la red aproximadamente 39 gigavatios de capacidad de generación (S&P Global 2018). Casi todas estas son plantas de ciclo único que operan cuando hay "pico de demanda" o son plantas de turbinas a gas de ciclo combinado (CCGT, por sus siglas en inglés). Las de "pico de demanda" son más flexibles, pero menos eficientes que las de CCGT.

La flexibilidad de las plantas a gas natural ha sido útil para los operadores de la red de energía eléctrica en California quienes siempre deben igualar oferta y demanda eléctrica. El gas natural puede almacenarse, lo que significa que los operadores de plantas eléctricas pueden controlar cuando genera electricidad una planta. En cambio, los patrones climáticos determinan la generación eólica y solar, así que la electricidad que ellos ofrecen varía con el curso del día y la estación. En un tiempo relativamente corto, los operadores pueden aumentar o disminuir las operaciones tanto de plantas de "pico de demanda" como de las de CCGT, lo que ayuda a igualar la oferta con la demanda, mientras fluctúa la generación eólica y solar. Adicionalmente, las plantas a gas natural históricamente han brindado muchos servicios de confiabilidad a la red. Estos servicios incluyen la respuesta rápida ante la señal de un operador de la red, lo mismo que la "capacidad local" o la generación para proporcionar energía en ubicaciones específicas en emergencias, como cuando falla una planta eléctrica y no puede importarse electricidad desde fuera del área local.¹

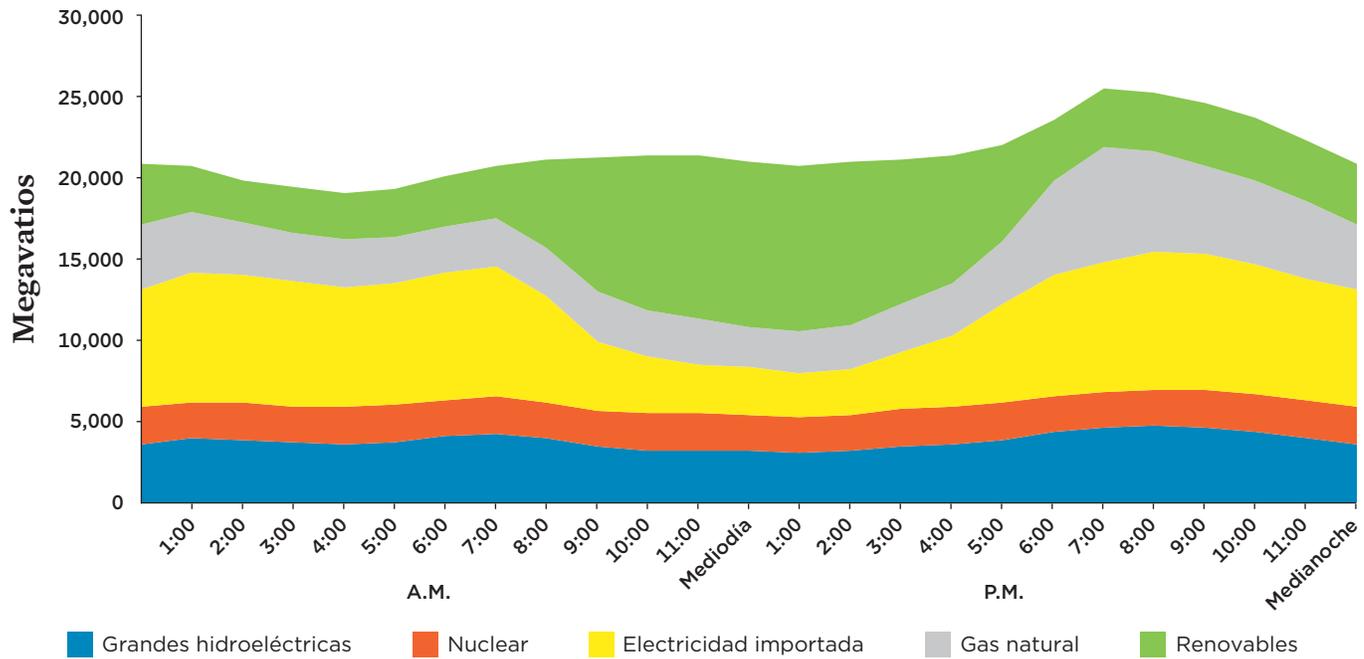
El rol cambiante del gas natural

Debido a que las plantas alimentadas a gas natural surten una parte sustancial de la demanda eléctrica actual en California y apoyan la confiabilidad de la red, una porción de la generación de gas natural será aún necesaria cuando menos hasta 2030, cuando entren en marcha las fuentes de energía más limpia y otras tecnologías para dar confiabilidad a la red. Pero para que California disfrute los beneficios de su transición a la energía limpia y alcance sus metas de emisiones de calentamiento global, necesita reducir significativamente su dependencia de la generación eléctrica alimentada a gas natural. Esta transición debe dar prioridad a la reducción de generación a gas natural en las comunidades más afectadas



En el centro de control de operaciones del California Independent System Operator (CAISO) el suministro y demanda de electricidad están constantemente equilibrados para mantener la confiabilidad.

FIGURA 2. Generación de electricidad por hora en California Independent System Operator (CAISO), por combustible (4 de marzo de 2018)



La generación de energía renovable, primordialmente solar, puede surtir muchas de las necesidades de electricidad en California durante las horas del día, permitiendo menor uso de gas natural.

Nota: Las cifras de generación representan generación en tiempo real de CAISO.

FUENTE: CAISO 2018.

negativamente por la contaminación resultante del uso de combustibles fósiles y de la carga social, económica y de salud asociada al calentamiento global.

El bajo costo y la disponibilidad de energía solar fotovoltaica significan que representarán un porcentaje significativo de los nuevos recursos de energía renovable en California. Conforme la generación solar brinde a la demanda

más electricidad diurna, el gas natural brindará menos. En muchos casos, las plantas a gas se apagarán durante el día. Este cambio proporcionará beneficios sustanciales en la reducción de emisiones de calentamiento global.

Sin embargo, cuando se pone el sol, disminuye la generación solar (Figura 2) (CEC 2018). Salvo que se sustituyan por alternativas más limpias, tales como otras tecnologías de generación renovable, almacenamiento de energía y desplazamiento de carga o mayor eficiencia energética que reduzca la demanda nocturna de electricidad, las plantas a gas que ahora operan aumentarán la generación y otras plantas a gas se encenderán nuevamente. El arranque de una planta a gas natural puede producir hasta 30 veces más emisiones de NO_x que lo que produciría operando por varias horas (Birdsall et al. 2016; Lew et al. 2013). Este aumento debido al arranque de plantas a gas natural podría tener efecto negativo en la calidad del aire y en las comunidades que viven cerca de esas plantas. Además, las plantas a gas en ciertos lugares de la red eléctrica deben permanecer disponibles para encenderlas a fin de suplir los requisitos de capacidad local (LCR, por sus

Para que California se dé cuenta de los beneficios de su transición a la energía limpia, necesita reducir su dependencia de la electricidad generada con gas natural.

UCS descubrió que casi el 24 por ciento de la capacidad tanto de plantas de CCGT como de las de “pico de demanda” podrían entrar en desuso sin afectar negativamente la confiabilidad de la red.

siglas en inglés) para mantener la red confiable durante fallas en las plantas de energía o en las líneas de transmisión, a menos que puedan cubrir esta necesidad recursos más limpios o mejoras en la transmisión.

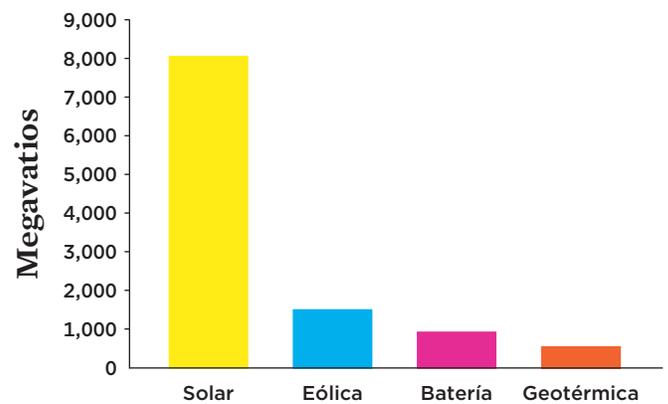
¿Cuánto gas podría retirar California para 2030?

Para entender cómo se vería una transición ordenada y equitativa para alejarse de la generación a gas natural en California, UCS analizó las operaciones de 89 plantas de CCGT y de “pico de demanda” ubicadas en el territorio del California Independent System Operator (CAISO), el operador de red que administra el flujo de electricidad en alrededor del 80 por ciento del estado. UCS empleó un modelo de optimización de inversiones llamado GridPath² para identificar cuánta capacidad de generación a gas podría retirarse económicamente entre 2018 y 2030, cumpliendo a su vez con la meta de reducción de emisiones de calentamiento global que el estado ordena para el 2030 y conservando la confiabilidad de la red.³ Este análisis fijó la meta de reducción de emisiones para 2030 en el sector de electricidad en 42 millones de toneladas métricas (tm) de dióxido de carbono (CO₂) equivalente.⁴ Además, UCS efectuó escenarios imponiendo los requisitos de capacidad local y escenarios sin imponer los requisitos de capacidad local a fin de comprender su importancia en la generación a gas natural y el desuso del gas.⁵

Según el análisis de UCS, California no necesita construir plantas a gas adicionales para generar en el territorio de CAISO a fin de cumplir con las necesidades de energía o confiabilidad de la red en 2030 (Figura 3).

Asimismo, UCS encontró que el 23 por ciento de la capacidad de generación de CCGT y el 24 por ciento de la capacidad de “pico de demanda”, un total de 28 de las 89 plantas que actualmente operan en el territorio de CAISO, podrían

FIGURA 3. Inversiones en nueva capacidad instalada a 2030, escenario de 42 millones de tm



Nuestro análisis indica que, bajo el escenario para reducción de emisiones de 42 millones de tm, no es necesaria nueva capacidad de gas natural para cubrir las necesidades de energía o confiabilidad en la red en 2030.

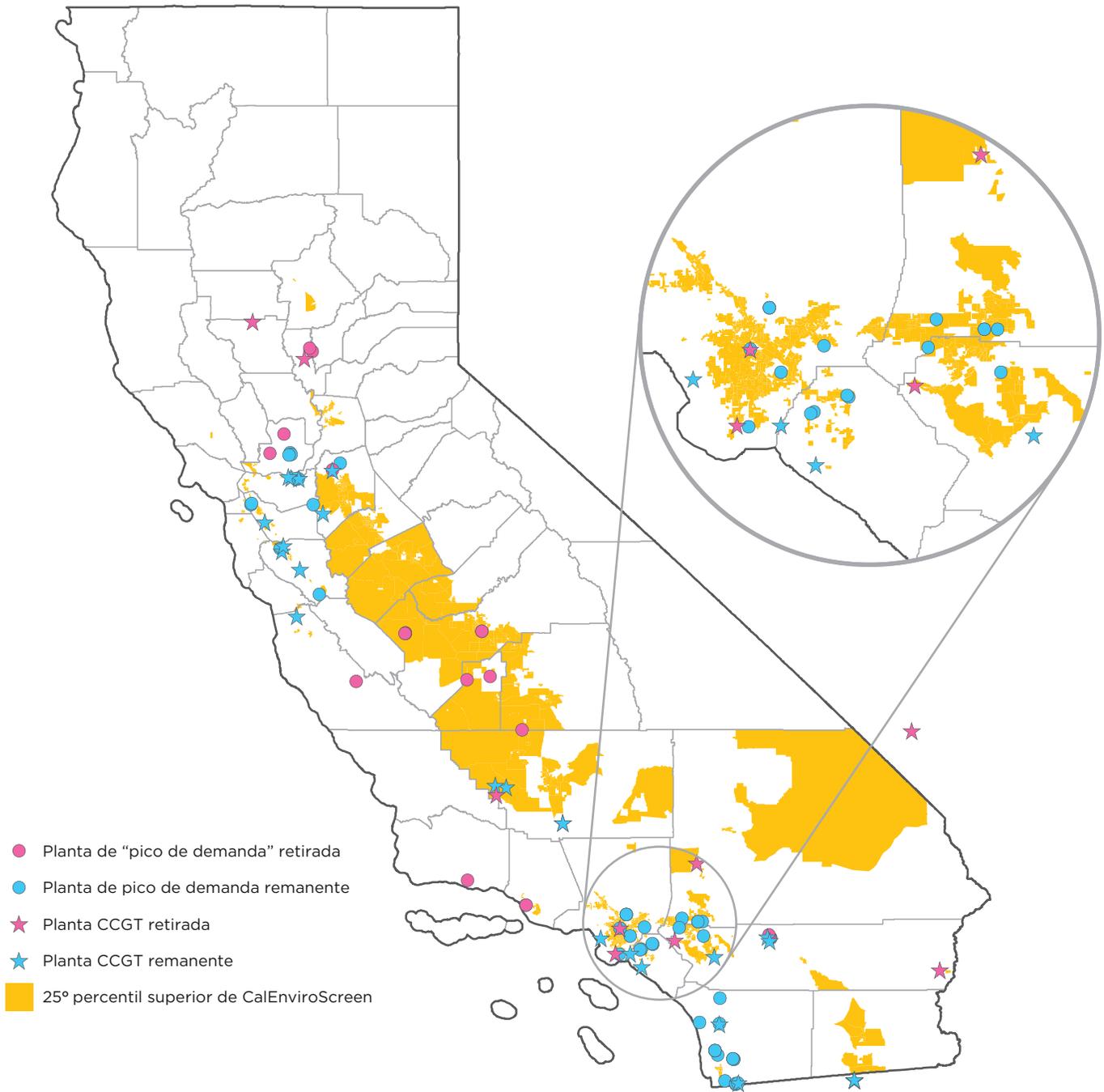
Nota: Las capacidades de biomasa, plantas hidráulicas de bombeo, CCGT y “pico de demanda” también estaban disponibles en el modelo como opciones para inversión. Sin embargo, no se encontró que en alguna de ellas fuera necesario hacer inversiones bajo este escenario.

retirarse a partir del año 2018 sin afectar negativamente la confiabilidad de la red eléctrica. Doce de las plantas que podrían desusarse se encuentran en comunidades en desventaja en el Valle Central, un área afectada por la contaminación del aire todo el año (Figura 4).⁶

California podría retirar más plantas a gas si alternativas más limpias suplen las necesidades locales de energía y confiabilidad

Los escenarios con “requisitos de capacidad local obligatorios” mostraron que los LCR, que son críticos para asegurar la confiabilidad de la red, podrían evitar el retiro eficaz en función de costos de muchas plantas de “pico de demanda” en el territorio de CAISO. Para medir el efecto de la obligatoriedad de los LCR para el retiro potencial de plantas a gas, UCS comparó los resultados de los escenarios de los “LCR obligatorios” con los escenarios de los “LCR no obligatorios”. En un escenario de 42 millones de tm con “LCR obligatorios”, el 23 por ciento de las CCGT y 24 por ciento de las de “pico de demanda” podrían retirarse para 2030. Pero en un escenario equivalente con “LCR no obligatorios”, más del doble de la cantidad la capacidad de “pico de demanda” podría retirarse; la cantidad de capacidad de las CCGT que podrían retirarse permanecieron aproximadamente igual. Permitir nuevo

FIGURA 4. Retiro de plantas a gas natural a 2030, escenario de 42 millones de tm



En el territorio CAISO 28 plantas a gas natural podrían ser retiradas cumpliendo aún con los requisitos de energía y confiabilidad. Doce de las plantas que podrían ser retiradas se ubican en las comunidades que se muestran en anaranjado, que están desproporcionadamente abrumadas por contaminación del aire.

Nota: La cifra asume un escenario de 42 millones de tm con LCR obligatorios y baterías de cuatro horas permitidas para los LCR. El sombreado en anaranjado indica los tramos en el 25° percentil del censo de California que están desproporcionadamente abrumados por, y son vulnerables a, múltiples fuentes de contaminación de acuerdo con CalEnviroScreen, una herramienta para mapeo ambiental, de salud y socioeconómico. Las plantas que se muestran fuera de los límites estatales son plantas que surten de electricidad a la red CAISO.

FUENTES: OEHHA 2017 (CALENVIROSCREEN 3.0); ANÁLISIS DE UCS.

Aunque las plantas a gas natural en el estado operen menos tiempo en general, muchas pueden encender y apagarse más frecuentemente en 2030 de lo que lo hacían en 2018, dando un resultado potencial de más emisiones de NO_x.

almacenamiento de energía en forma de baterías que pudieran descargar electricidad cuando menos durante cuatro horas para suplir los LCR no cambió los resultados de retiros.

UCS también realizó escenarios para comprender cuántas plantas más a gas natural podrían retirarse si el sector eléctrico de California alcanzara la meta más agresiva de reducción de emisiones: 30 millones de tm de CO₂ equivalente en 2030, en lugar de 42 millones de tm. En el escenario de 30 millones de tm, se requieren más baterías porque se necesita una mayor generación de electricidad libre de carbón para reemplazar la generación a gas natural durante los comienzos de la noche. Cuando a las baterías no se les permitió satisfacer los LCR, el retiro de la capacidad de plantas a gas fue similar a los resultados en el caso de 42 millones de tm: se retiró el 25 por ciento de capacidad de las CCGT y 24 por ciento de la capacidad de “pico de demanda”. Sin embargo, cuando se les permitió a las nuevas baterías construidas para el escenario de 30 millones de tm satisfacer los LCR, se retiró ligeramente más capacidad de CCGT y más del triple de capacidad de “pico de demanda”. Hay más detalles sobre el escenario y sus hallazgos en el apéndice técnico en línea en: www.ucsusa.org/turning-down-CA-gas.

Estos resultados muestran que cuando se ubica estratégicamente el almacenamiento de energía o algún otro recurso

de energía limpia para ofrecer energía y también cumplir con los LCR, se puede acelerar el retiro de las plantas de “pico de demanda”.

La cambiante dinámica de las operaciones de plantas a gas

En el escenario de 42 millones de tm para 2030 (cuando se imponen los LCR y se permiten nuevas baterías para los LCR), el análisis de UCS indica que con la instalación de mayor capacidad de generación renovable entre 2018 y 2030, la generación a gas natural disminuirá 4.2 millones de gigavatio-horas, o el 8 por ciento, dando como resultado una reducción en las emisiones de calentamiento global.

Pero, aún cuando las plantas a gas natural en el estado operaran menos tiempo en general, muchas podrían encender y apagarse más frecuentemente en 2030 de lo que lo hacen en 2018, posiblemente resultando en más emisiones de NO_x, aunque las emisiones generales de carbono declinaran. En nuestro análisis del escenario de 42 millones de tm para 2030 (donde los LCR son obligatorios y se permiten nuevas baterías para los LCR), 16 de las 23 CCGTs modeladas restantes estarían arrancando y deteniéndose desde cerca de cero veces en 2018 hasta por lo menos 200 veces por año en 2030 (Figura 5).

Nuestro análisis sugiere que para 2030, a fin de cumplir con la meta de emisiones de calentamiento global de 42 millones de tm, las CCGTs tendrán que encenderse con más frecuencia que las de “pico de demanda” porque son más eficientes y, por lo tanto, producen menos emisiones de calentamiento global. Las plantas de “pico de demanda” que no puedan retirarse para 2030 se conservarán en la red eléctrica para cumplir con las necesidades de los requisitos de capacidad local, pero operarán de manera muy infrecuente.

Existen repercusiones entre la flexibilidad de la planta de energía, los costos y las emisiones de calentamiento global que afectarán cuándo se usen las plantas a gas natural de “pico de demanda” o las CCGT. Salvo que se invierta en recursos de energía limpia para reducir y satisfacer el crecimiento en la demanda de electricidad los comienzos



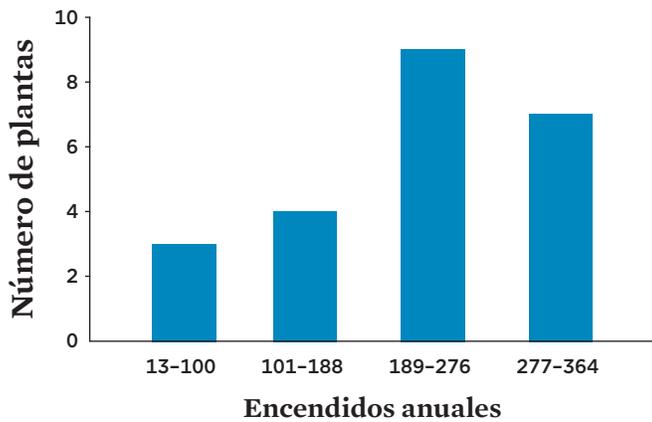
La ubicación estratégica del almacenamiento de energía u otros recursos de energía limpia, para cubrir los requisitos de capacidad local, podría acelerar el retiro de las plantas de “pico de demanda”.



Sarah Swenty/USFWS

Debe desplazarse una mayor demanda de electricidad a las horas diurnas para aprovechar la abundante generación solar del estado.

FIGURA 5. La frecuencia de CCGT inicia en 2030



Comparado con el presente y bajo un escenario de 42 millones de tm, muchas de las plantas a gas natural de ciclo combinado encenderán y se apagarán con mucha mayor frecuencia en 2030. Algunas plantas irán de cerca de cero encendidas hoy (esto es, generación ininterrumpida) a una encendida casi todos los días del año. Esto puede impactar significativamente la calidad del aire en las comunidades cercanas a estas plantas.

Nota: Las cifras suponen un escenario de 42 millones de tm con LCR obligatorios y baterías de cuatro horas permitidas para los LCR.

de la noche, la flota de plantas a gas de California seguirá encendiendo y parando mucho más frecuentemente que en el presente. Mientras que la generación a gas en general declinará conforme se instale más energía renovable en la red eléctrica, apagar y encender las plantas a gas natural con más frecuencia puede resultar en aumentos de emisiones de NO_x. Se requiere un mayor análisis para entender como el apagado y el encendido más frecuente de las plantas a gas natural afectarán la calidad del aire y la salud pública de las comunidades que viven cerca de esas plantas. Un análisis futuro también

El análisis de UCS descubrió que para 2030 no se necesitará una capacidad adicional de generación de energía a gas natural para conservar la confiabilidad de la red CAISO.

debe considerar cómo los cambios en la contaminación del aire asociados a la generación de energía pueden compensarse con la reducción de esta contaminación asociada a la electrificación de los vehículos.

Soluciones en la red eléctrica para reducir la generación a gas natural

California avanza según lo previsto para abastecer sustancialmente más necesidades de electricidad con la generación de energía renovable, lo cual reducirá las emisiones de calentamiento global y ofrecerá nuevos recursos limpios para abastecer el creciente mercado de vehículos eléctricos del estado. Nuestro análisis encuentra que no se necesita capacidad adicional de generación a gas natural para conservar la confiabilidad de la red CAISO, aún cuando California agregue cantidades significativas de energías renovables a su matriz energética para cumplir la meta de emisiones de calentamiento global para 2030. En efecto, hasta un cuarto de la capacidad actual de generación a gas natural que existe en el estado podría desconectarse hoy, dependiendo de cómo se cumplan los requisitos de capacidad local futuros.

Sin embargo, mientras que la generación a gas natural disminuye en general, la falta de inversiones adicionales en tecnologías basadas en recursos no fósiles para confiabilidad de la red puede llevar a que las plantas de energía alimentadas a gas natural se enciendan y apaguen más frecuentemente para satisfacer las necesidades de energía por los comienzos de la noche, lo que puede dar como resultado un aumento de las emisiones de NO_x proveniente de estas plantas. Además, la necesidad de cumplir con los LCRs podría evitar el retiro de algunas plantas a gas. Por estas razones, California debe implementar varias estrategias que estén específicamente enfocadas en reducir dicha dependencia en la generación de energía con gas natural.

- Desplazar más demanda de electricidad nocturna a las horas del día y enfocarse en la eficiencia energética para disminuir la demanda nocturna.
- Invertir más en almacenamiento de energía que conserve el exceso de energía solar generada para usarse después del ocaso.
- Invertir en un portafolio más diverso de tecnologías de generación renovable para distribuir la generación de energía limpia de forma uniforme a lo largo de todas las horas del día, reduciendo así el aumento de las necesidades nocturnas y la necesidad de escalonar el uso de las plantas a gas dentro del estado.

- Permitir a los operadores de la red de California un mayor acceso a los recursos de generación limpia fuera del estado para ayudar a reducir aún más la necesidad de poner en funcionamiento las plantas a gas dentro del estado.
- Enfocar inversiones en energía limpia en ubicaciones específicas para que los nuevos recursos de generación de energía puedan cumplir con los LCRs, lo que puede acelerar el retiro de las plantas a gas natural.

El cambio climático global es una de las mayores amenazas para la economía de California y salud y bienestar de sus residentes. Reducir las emisiones que atrapan el calor y la contaminación del aire mediante una transición que se aleje del uso de combustibles fósiles es una de las acciones más necesarias que nuestro estado, país y mundo pueden tomar para mejorar la salud pública y evitar las peores consecuencias del cambio climático. California es un líder mundial en inversiones para reducción del cambio climático y en energías renovables. Es el momento para que los legisladores estatales y quienes proveen electricidad amplíen sus esfuerzos para poner en funcionamiento recursos de energía limpia que ayuden a reducir la dependencia en gas natural que tiene el estado. Las inversiones en energía limpia y las decisiones en las políticas que tome California para conseguir una red de electricidad limpia y confiable marcarán el rumbo que puedan seguir otros estados y países para cumplir nuestra meta compartida de un futuro saludable, próspero y resistente al cambio climático.

Laura Wisland es directora general de energía de los estados occidentales de EE.UU., del programa de Clima y Energía de la UCS.

NOTAS FINALES

1. Para mayor información sobre requisitos de capacidad local, ver: www.caiso.com/informed/Pages/StakeholderProcesses/LocalCapacityRequirementsProcess.aspx.
2. GridPath es una plataforma analítica de la red capaz de modelar enfoques de varios tipos de sistemas de energía, incluyendo la simulación multi-etapa de producción-costo, expansión de capacidad a largo plazo y valoración de activos basada en precios. Aquí usamos GridPath en modo de expansión de capacidad para identificar el despliegue con efectividad de costo de recursos de sistemas nuevos y el retiro de infraestructura existente para cumplir con metas de carga, confiabilidad y políticas para el sistema de energía de CAISO. Para mayor información sobre GridPath, ver: <https://gridpath.io>.
3. Para este estudio, GridPath permitió el retiro económico de plantas de “pico de demanda” y las CCGTs en cada período de estudio. Mantener una planta disponible requiere incurrir en costos fijos anuales de operaciones y mantenimiento (O&M, por sus siglas en inglés); GridPath retirará una planta cuando el valor total de la misma (esto es, beneficios del sistema de todos los flujos de valor, incluyendo energía, servicios auxiliares, capacidad del sistema, capacidad local, etc.) sea inferior al costo para cubrir los costos fijos de O&M. Para este análisis, suponemos que el costo fijo de O&M es de \$10 por kilovatio por año (kW-año) para plantas

clasificadas como las CCGT y \$6 por kW-año para plantas clasificadas como de “pico de demanda”. Para más información sobre insumos, supuestos y metodología GridPath, ver nuestro apéndice técnico en: www.ucsusa.org/turning-down-CA-gas.

- UCS utilizó 42 millones de tm como la meta planificada para emisiones de calentamiento global en 2030 porque esta es la meta adoptada por California Public Utilities Commission (CPUC) para los proveedores de electricidad para el proceso *Integrated Resource Planning* (IRP). Puede encontrarse más información sobre el IRP y la meta planeada de calentamiento global de CPUC en la Decisión 18-02-018, emitida el 8 de febrero de 2018, que está disponible en: <http://docs.cpuc.ca.gov/SearchRes.aspx?DocFormat=ALL&DocID=209771632>.
- Basamos los LCR para 2018 en el *Local Capacity Technical Report de 2018* de CAISO, que está disponible en: www.aiso.com/Documents/Final2018LocalCapacityTechnicalReport.pdf; ver la página 2. Calculamos los LCR para 2022, 2026 y 2030 en el *2016-2017 Transmission Plan, Appendix D*, de CAISO que está disponible en: www.aiso.com/Documents/AppendixD_BoardApproved_2016-2017TransmissionPlan.pdf. Para mayor información sobre insumos, supuestos y metodología de GridPath, vea nuestro apéndice técnico en: www.ucsusa.org/turning-down-CA-gas.
- CPUC consideró que las “comunidades en desventaja” son aquellas que se encuentran en el 25° percentil superior de CalEnviroScreen 3.0 (OEHHA 2017).

REFERENCIAS

Birdsall, B., S. Lee, E. Capello, F. Golden, H. Blair, T. Popiel, S. Debauche y N. Vahidi. 2016. *Senate bill 350 study: The impacts of a regional ISO-operated power market on California*. Volumen IX: Environmental study. San Francisco, CA: Aspen Environmental Group. Está en línea en: www.aiso.com/Documents/SB350Study-Volume9EnvironmentalStudy.pdf, consultado el 22 de mayo de 2018.

California Energy Commission (CEC). 2018. Generación total de electricidad del sistema en gigavatio horas. Está en línea en: www.energy.ca.gov/almanac/electricity_data/total_system_power.html, consultado el 22 de mayo de 2018.

California Independent System Operator (CAISO). 2018. Desglose por hora de la producción total por tipo de recurso (MW). Folsom, CA. Está en línea en: www.aiso.com/market/Pages/ReportsBulletins/RenewablesReporting.aspx, consultado el 22 de mayo de 2018.

Legislatura de California. 2016. *California Global Warming Solutions Act of 2006: Emissions limit*. Proyecto de Ley del Senado No. 32. Está en línea en: https://leginfo.legislature.ca.gov/faces/billNavClient.xhtml?bill_id=201520160SB32, consultado el 6 de junio de 2018.

Legislatura de California. 2015. *Clean Energy and Pollution Reduction Act of 2015*. Proyecto de Ley del Senado No. 350. Está en línea en: https://leginfo.legislature.ca.gov/faces/billNavClient.xhtml?bill_id=201520160SB350, consultado el 2 de julio de 2018.

Lew, D., G. Brinkman, E. Ibanez, A. Florita, M. Heaney, B.-M. Hodge, M. Hummon y G. Stark. 2013. *The western wind and solar integration study phase 2*. NREL/TP-5500-55588. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. Está en línea en: www.nrel.gov/docs/fy13osti/55588.pdf, consultado el 22 de mayo de 2018.

Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA). 2017. CalEnviroScreen 3.0: California Communities Environmental Health Screening Tool. January 30. Está en línea en: <https://oehha.ca.gov/calenviroscreen/report/calenviroscreen-30>, consultado el 21 de junio de 2018.

S&P Global Market Intelligence (S&P Global). 2018. Está en línea en: <https://platform.mi.spglobal.com/web/client?auth=inherit#office/screener> (es necesario suscribirse), consultado el 22 de mayo de 2018.

Schwarzenegger, A. 2005. California Executive Order S-03-05. Está en línea en: www.climatechange.ca.gov/state/executive_orders.html, consultado el 22 de mayo de 2018.

Union of Concerned Scientists

ENCUENTRE ESTE DOCUMENTO Y EL ANEXO TÉCNICO (AMBOS EN INGLÉS) EN LÍNEA:
www.ucsusa.org/turning-down-CA-gas

La Union of Concerned Scientists (Unión de Científicos Comprometidos) aplica ciencia independiente y rigurosa para solucionar los problemas más urgentes de nuestro planeta. Actuando conjuntamente con personas de todo el país, combinamos análisis técnico y campañas efectivas para crear soluciones prácticas e innovadoras para un futuro saludable, seguro y sostenible.

OFICINA PRINCIPAL

Two Brattle Square
Cambridge, MA 02138-3780
Tel: (617) 547-5552
Fax: (617) 864-9405

OFICINA EN WASHINGTON, DC

1825 K St. NW, Suite 800
Washington, DC 20006-1232
Tel: (202) 223-6133
Fax: (202) 223-6162

OFICINA OCCIDENTAL, EE.UU.

500 12th St., Suite 340
Oakland, CA 94607-4087
Tel: (510) 843-1872
Fax: (510) 451-3785

OFICINA DEL MEDIO OESTE, EE.UU.

One N. LaSalle St., Suite 1904
Chicago, IL 60602-4064
Tel: (312) 578-1750
Fax: (312) 578-1751

