



Es momento de actuar

**INFORME
ANUAL
2022**

**PROGRAMA DE
INVESTIGACIÓN,
DESARROLLO Y
DEMOSTRACIÓN**

“California lidera el planeta en la construcción de un futuro de energía limpia...



...y **SoCalGas**[®], la empresa de servicios públicos de distribución de gas natural más grande del país, colabora con grupos de interés para innovar...



...e implantar nuevas tecnologías de energía con el fin de que todo californiano tenga acceso a **energía limpia, segura y confiable.**”

—MARYAM BROWN
PRESIDENTA
SOCALGAS



Índice

Introducción	5
Visión, misión y valores	7
Beneficios del programa	8

2022 en revisión 9

Aspectos financieros a destacar.....	10
Hitos significativos en 2022	12
Actividades en favor de la equidad	
2022	16
La equidad en primer plano	17

Programa

Metas y estructura del programa	20
Colaboradores en la investigación	21
Áreas del programa	
Recursos Bajos en Carbono	22
Operaciones de Gas	25
Transporte Limpio	29
Generación Limpia	33
Aplicaciones de Uso Final por el Cliente	36

Apéndice

Atribuciones 2022	40
Notas finales	41

Introducción

Las emisiones atmosféricas de gases de efecto invernadero (GEI) de las actividades humanas están impulsando el cambio climático y ahora se encuentran en sus niveles más altos en la historia registrada.^{1,2} Estos GEI atrapan el calor, con lo cual se derriten los glaciares, se calientan los océanos de todo el mundo y aumenta el nivel del mar.³ Una Tierra más caliente también se asocia con eventos más extremos relacionados con el clima, como inundaciones, olas de calor, sequías y huracanes.⁴

Como resultado, algunos de los ecosistemas más sensibles del mundo, desde la tundra del Alto Ártico hasta las barreras de hielo de la Antártida, están experimentando cambios masivos y, a veces, irreversibles. El costo del cambio climático no se limita al mundo natural. Afecta a todos los países de la Tierra, y las personas más pobres y vulnerables a menudo son las más afectadas.

Es momento de actuar.

Para frenar el ritmo del cambio climático y evitar sus consecuencias más significativas, se requiere una acción agresiva para reducir y, en última instancia, eliminar las emisiones netas de GEI. Una de las formas más impactantes de hacerlo es a través de una transformación masiva en la forma en que el mundo produce y consume energía. Afortunadamente, nunca ha habido un momento en la historia de la humanidad en el que hayamos tenido más herramientas para hacer precisamente eso.

Guiados por políticas energéticas y ambientales con visión de futuro, los países de todo el mundo están desarrollando soluciones de energía y transporte limpios escalables, eficaces y cada vez más asequibles. Cada vez más personas, empresas y gobiernos están adoptando estas tecnologías, reduciendo los costos y aumentando la confianza en las nuevas tecnologías. Estos esfuerzos están dando sus frutos. En los últimos 10 años, el precio de la electricidad solar ha bajado un 89% y el precio de la electricidad eólica un 70%.⁵

Las empresas están de acuerdo. Casi la mitad de las compañías más grandes de Estados Unidos ahora reconocen que tienen la responsabilidad de combatir el cambio climático y ayudar a preservar el planeta para las generaciones futuras.⁶

“Ya hemos esperado demasiado tiempo para atender esta crisis climática. No podemos esperar más. Lo vemos con nuestros propios ojos, lo sentimos. Es algo de lo que estamos ciertos. Y es hora de actuar.”

—PRESIDENTE JOE BIDEN

SoCalGas es líder entre esas compañías.

El Programa RD&D de SoCalGas persigue la innovación y la descarbonización

Con más de 21 millones de clientes y uno de los sistemas de distribución de gas más grandes del país, que consta de instalaciones de tuberías y almacenamiento, SoCalGas está desempeñando un papel central en la descarbonización en curso de la industria energética.

A corto plazo, la red de distribución de gas existente se puede utilizar para transportar combustibles limpios, como el gas natural renovable (GNR) y, potencialmente, hidrógeno verde. Sin embargo, el progreso sustentable requerirá una cartera diversificada de fuentes, tecnologías y herramientas de energía limpia, así como eficiencia energética, para proporcionar resiliencia y reducir los riesgos de una dependencia excesiva de cualquier tecnología.

El programa Investigación, Desarrollo y Demostración (RD&D, por sus siglas en inglés) de SoCalGas –departamento al interior de SoCalGas– tiene la encomienda de identificar y respaldar proyectos y tecnologías con el potencial de ahorrar energía, reducir las emisiones de GEI, mejorar la calidad del aire y aumentar la seguridad, confiabilidad y asequibilidad de la energía.

Solo en 2022, personal de RD&D invirtió \$13,430,264 en cientos de proyectos de tecnología de energía y combustibles limpios, desde tecnología que convierte dióxido de carbono (CO₂) de fuentes industriales en productos de consumo hasta generadores de energía flexibles en combustible o innovadores camiones de patio de maniobras con celdas de combustible de hidrógeno para demandantes operaciones portuarias.

Impulsado por la investigación científica y la colaboración con expertos en la materia pertenecientes a universidades, laboratorios nacionales, dependencias públicas, industria privada y consorcios de investigación, el personal de RD&D tiene el compromiso de acelerar la transición energética hacia combustibles limpios y de educar a los responsables de la formulación de políticas, la industria y el público acerca de las muchas oportunidades y vías tecnológicas para lograr ese objetivo.

“Estamos viendo un emocionante progreso para lograr que el hidrógeno sea más limpio, más asequible y esté más disponible para su uso en distintos sectores de la economía.”

—FATIH BIROL
DIRECTOR EJECUTIVO
AGENCIA INTERNACIONAL DE
LA ENERGÍA

Visión, misión y valores

La visión, misión y valores del Programa RD&D de SoCalGas guardan consonancia con la misión de SoCalGas de construir la compañía de infraestructura de energía más limpia, segura e innovadora de Estados Unidos.

VISIÓN RD&D

Promover tecnologías innovadoras en favor de energía más segura, limpia y confiable.

MISIÓN RD&D

Identificar soluciones energéticas transformadoras. Desarrollarlas. Compartirlas con el mundo.

RD&D

Ciencia

Nuestros expertos en ciencia, ingeniería, sistemas energéticos y políticas ambientales buscan respuestas a algunas de las cuestiones de la actualidad.

Sinergia

Trabajamos con los mejores investigadores del mundo pertenecientes a universidades, laboratorios nacionales y la industria para desarrollar tecnologías transformadoras que apuntalan la descarbonización, la seguridad energética y el desarrollo económico.

Equidad

Impulsamos tecnologías que respaldan el acceso asequible a energía limpia, segura y confiable para todos los californianos.

Beneficios del programa

Cada año, el Programa RD&D de SoCalGas respalda cientos de proyectos a lo largo de la ruta de comercialización, con los objetivos finales de ahorrar energía, reducir las emisiones de GEI, mejorar la calidad del aire y aumentar la seguridad, la confiabilidad y la asequibilidad de la energía.



2022

EN REVISIÓN

“Desarrollar una fuente de hidrógeno verde seguro y asequible es clave para alcanzar nuestro futuro de energía limpia para 2035, al tiempo que se garantiza la confiabilidad que todos necesitamos y de la que dependemos.”

—MARTY ADAMS

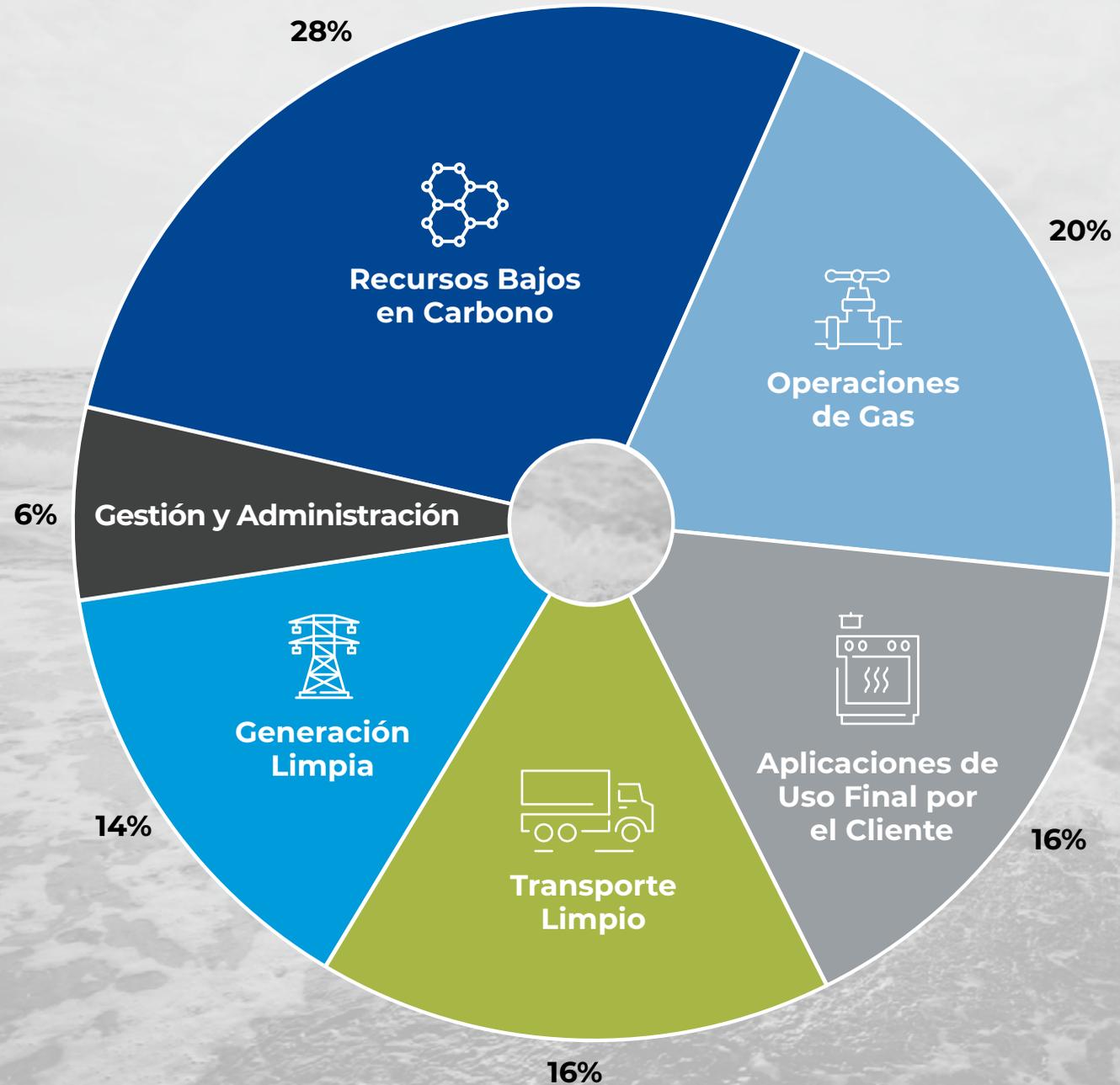
INGENIERO EN JEFE Y GERENTE
GENERAL, DEPARTAMENTO DE
AGUA Y ENERGÍA DE LOS ÁNGELES



Aspectos financieros a destacar

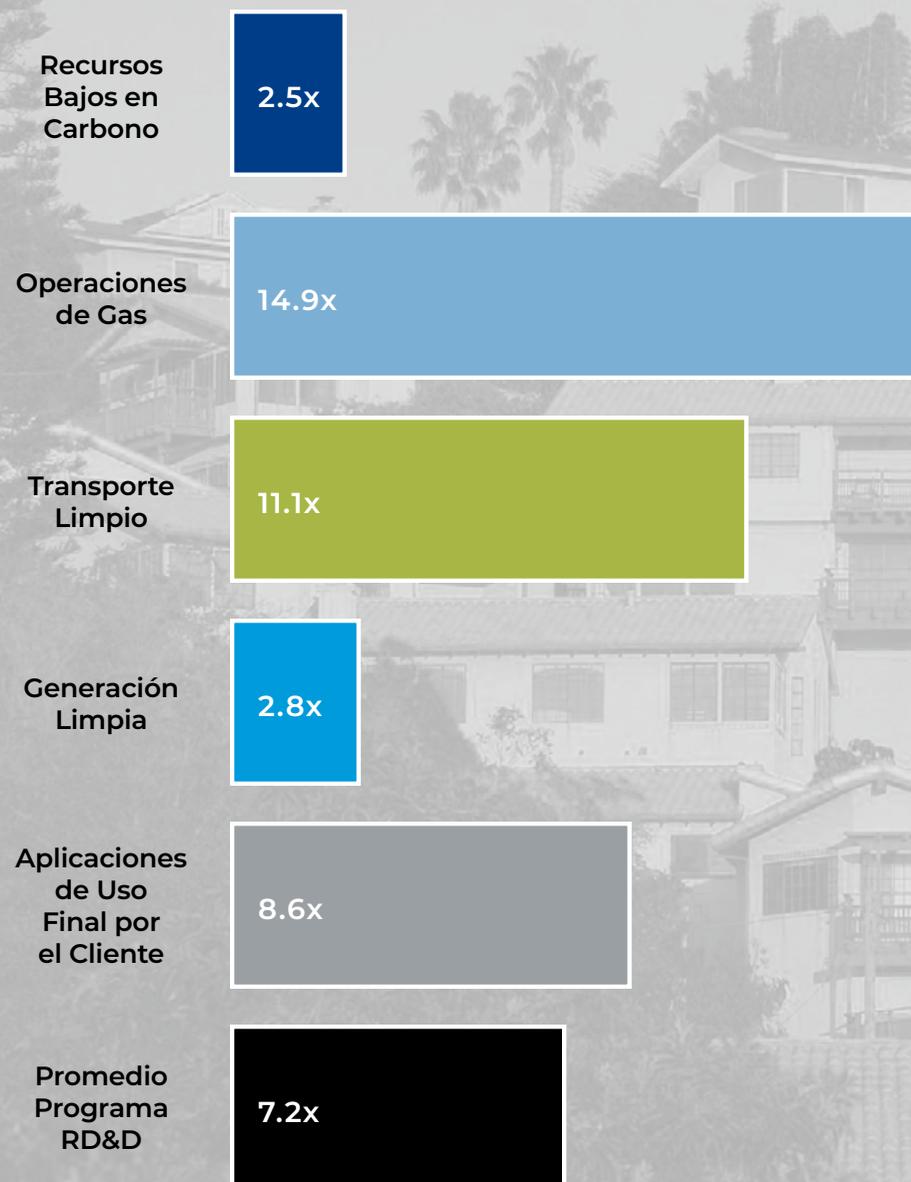
En 2022, el Programa RD&D de SoCalGas apoyó 339 proyectos de RD&D y distribuyó \$13,430,264 a proyectos en toda la cadena de valor de gas en California. En la ejecución de estos proyectos, SoCalGas colaboró con muchos de los consorcios de investigación más progresistas, universidades, laboratorios nacionales, dependencias públicas y empresarios de todo el país y el mundo. En conjunto, estas organizaciones proporcionaron cuantiosos fondos de apalancamiento, así como invaluable orientación, revisión, experiencia técnica y acceso a recursos e infraestructura.

FINANCIAMIENTO REAL POR ÁREA DE PROGRAMA Y COSTOS ADMINISTRATIVOS 2022



Divididos en cinco áreas programáticas –Recursos Bajos en Carbono, Operaciones de Gas, Transporte Limpio, Generación Limpia y Aplicaciones de Uso Final por el Cliente–, estos proyectos abarcaron todo: desde investigaciones fundamentales y pruebas en laboratorio hasta demostraciones y pruebas piloto en condiciones reales. Cabe destacar que se lograron avances sustanciales hacia la comercialización de nuevos productos y tecnologías de energía limpia segura, confiable y asequible.

RELACIÓN ENTRE FINANCIAMIENTO EXTERNO Y FINANCIAMIENTO DE SOCALGAS



Fondos 2022 gastados

En 2022, el Programa RD&D de SoCalGas invirtió \$13,430,264 en cientos de proyectos en toda la cadena de valor de gas, con \$1,567,990 adicionales destinados a la gestión y administración del programa. El Programa RD&D de SoCalGas asignó fondos a las cinco áreas programáticas y múltiples subprogramas. En conjunto, estos proyectos aprovecharon un cuantioso cofinanciamiento de empresas, consorcios de investigación, la Comisión de Energía de California (CEC), el Departamento de Energía de Estados Unidos (DOE, por sus siglas en inglés) y otras organizaciones participantes. En promedio, en 2022 cada dólar gastado de los fondos RD&D se igualó en aproximadamente \$7.20 de financiamiento de otras fuentes.

PROGRAMA	VALORES REALES 2022
Recursos Bajos en Carbono	\$4,952,553
Operaciones de Gas	\$3,228,435
Transporte Limpio	\$1,778,809
Generación Limpia	\$1,697,347
Aplicaciones de Uso Final por el Cliente	\$1,773,120
SUBTOTAL	\$13,430,264
Gestión y Administración	\$1,567,990
TOTAL	\$14,998,254

Hitos significativos en 2022

402

ASISTENTES AL TALLER ANUAL CON GRUPOS DE INTERÉS 2022

612

ASISTENTES A LOS WEBINARIOS DE INVESTIGACIÓN DE RD&D DE SOCALGAS EN 2022

TALLER ANUAL CON GRUPOS DE INTERÉS 2022

El 27 de abril de 2022, el Programa RD&D de SoCalGas organizó un taller en línea en el que participaron 402 personas provenientes de una diversidad de organizaciones, entre las que destacan el Instituto de Investigaciones de Energía Eléctrica (Electric Power Research Institute, EPRI), el Laboratorio Nacional del Noroeste del Pacífico (Pacific Northwest National Laboratory), Southern California Edison, el Laboratorio Nacional de Energías Renovables (National Renewable Energy Laboratory), la Regional CAL Black Chamber SFV, la Hermandad Mexicana Nacional, el Instituto de Tecnología de California (California Institute of Technology) y la Universidad de California. Personal del RD&D incorporó en el Plan de Investigación RD&D 2023 de SoCalGas las aportaciones recibidas en el taller.

WEBINARIOS DE INVESTIGACIÓN

En 2022, SoCalGas presentó webinarios trimestrales de investigación en los que se abordaron cuatro proyectos respaldados por el Programa RD&D de SoCalGas.

» **Fluido térmico de partículas para la reducción de emisiones comerciales e industriales**

25 de febrero de 2022: Este seminario web se llevó a cabo con GTI Energy, y se discutió un innovador fluido térmico de partículas (TPF, por sus siglas en inglés) capaz de recuperar, almacenar y transportar calor para procesos comerciales e industriales de gran magnitud. Al recuperar y reutilizar el calor residual, los TPF pueden reducir la demanda de combustible para grandes sistemas de calor de procesos, lo que resulta en menores emisiones de combustión y menores costos para el cliente.

» **Detección de fugas de metano transportado por el aire y monitoreo de emisiones con tecnología de cartografía de gas LiDAR™**

20 de mayo de 2022: Durante este programa, Mike Thorpe, director técnico de Bridger Photonics, Inc., habló acerca de la tecnología Gas Mapping LiDAR™ (GML), tecnología de monitoreo de emisiones de metano en el aire que detecta, localiza y cuantifica las emisiones de metano de todos los segmentos de la cadena de valor del gas natural. Thorpe proporcionó una descripción general de la tecnología GML, analizó los resultados de las pruebas de validación de desempeño y describió cómo se está utilizando para estudios de monitoreo de emisiones en el área de servicio de SoCalGas.

» **Un punto de inflexión para la seguridad e integridad global de las tuberías**

15 de agosto de 2022: En este webinar, Cliff Johnson, presidente de Pipeline Research Council International (PRCI), planteó los factores que impulsan a su organización a reducir las emisiones y promover un futuro con menos emisiones de carbono. En esta sesión se explicó la estrategia multifacética que PRCI está adoptando para dar paso a un transporte y almacenamiento seguros de hidrógeno y gas natural renovable.

» **Celdas de combustible de óxido sólido con soporte metálico: la clave para una generación de energía de respaldo eficiente y de arranque rápido**

27 de octubre de 2022: En este webinar, el RD&D de SoCalGas y el Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley (LBNL, por sus siglas en inglés) analizaron una innovadora celda de combustible de óxido sólido con soporte metálico (MS-SOFC) que puede emplearse para la generación de electricidad limpia y la producción de hidrógeno electrolítico.

Hitos significativos en 2022



FINANCIAMIENTO COMPLEMENTARIO

Numerosas compañías que recibieron apoyo inicial del Programa RD&D de SoCalGas han recibido una importante inversión de seguimiento o complementaria, lo que demuestra la capacidad del programa no solo para identificar tecnologías prometedoras en etapa inicial, sino también para impulsarlas hacia la comercialización. En 2022, 14 empresas recibieron financiamiento complementario:

» AVNOS

Además de una inversión de \$650,000 de SoCalGas en 2021, Avnos recaudó \$3.2 millones en fondos para impulsar la investigación y el desarrollo de una tecnología de captura de carbono llamada Isothermal Water Vapor and CO₂ Capture. Esto incluye un financiamiento parcial por el DOE.

» BLUE FRONTIER

Blue Frontier recaudó una inversión de capital Serie A por \$20 millones en 2022 por parte de su socio de comercialización Modern Niagara, al igual que mediante Breakthrough Energy Ventures, 2150 Urban Tech Sustainability Fund y VoLo Earth Ventures.

» BRIDGER PHOTONICS

Bridger Photonics recaudó una inversión de \$55 millones en 2022 de Beaverhead Partners LLC –una agrupación de crédito que incluye a Madison Valley Partners, Carica Sustainable Investments y Next Frontier Capital– para apuntalar el crecimiento de la compañía y el desarrollo continuo de tecnología de detección de metano.

» BRIMSTONE

En abril de 2022, Breakthrough Energy Ventures y DCVC encabezaron conjuntamente una ronda de financiamiento de \$55 millones en Brimstone para impulsar la comercialización de cemento negativo en emisiones de carbono.

» CAPTURA

Captura recaudó \$500,000 de Advanced Research Projects Agency-Energy mediante el programa Supporting Entrepreneurial Energy Discoveries en 2022 para el desarrollo de membranas de fibra hueca compuestas de película delgada para la captura directa de dióxido de carbono en el océano.

» C-ZERO

C-Zero obtuvo \$34 millones mediante una ronda de financiamiento encabezada por SK Gas, Engie New Ventures y Trafigura, además de la participación de los inversionistas existentes Breakthrough Energy Ventures, Eni Next, Mitsubishi Heavy Industries y AP Ventures.

» ELECTROCHAEA

Electrochaea completó su quinta ronda de financiamiento en enero de 2022, con una recaudación de \$41 millones de inversionistas, incluidos Baker Hughes Co. y Engie SA en apoyo de esfuerzos de comercialización.

Hitos significativos en 2022

TOTAL DE PROYECTOS
ACTIVOS EN 2022

339

TOTAL DE PROYECTOS
INICIADOS EN 2022

57

TOTAL DE PROYECTOS
FINALIZADOS EN 2022

90

FINANCIAMIENTO COMPLEMENTARIO

(continúa)

» H2U

Además de recaudar \$7 millones en financiamiento de la Serie A en 2021, H2U obtuvo \$11 millones en fondos Serie A en 2022 de inversionistas que incluyen a Jericho Energy Ventures, Freeflow Ventures, VoLo Earth Ventures y Hess Corporation.

» KEVALA

Kevala recaudó \$12.1 millones en fondos de la Serie A en 2022, encabezados por Cercano Management y con la participación de los inversionistas existentes Costanoa Ventures, High Alpha y PSL Ventures.

» MAINSPRING

Liderada por el inversionista de capital de crecimiento global Lightrock, la primera etapa de financiamiento de la Serie E de Mainspring en 2022 recaudó más de \$150 millones. Entre los inversionistas adicionales se incluyen Khosla Ventures, Bill Gates, Fine Structure Ventures, Princeville Capital y Lineage Ventures. El financiamiento contribuirá al desarrollo de nuevos modelos de generadores lineales y a la aceleración de la producción de electricidad con cero emisiones de carbono.

» STARS

Fuse Fund lideró una ronda de financiamiento de \$500,000 para STARS destinado a la implantación de un generador comercial de hidrógeno. Fuse invirtió \$150,000 y colaboró con otros inversionistas para recaudar un total de \$500,000.

» SUSTAERA

Sustaera recaudó \$500,000 de la Advanced Research Projects Agency-Energy mediante el programa Supporting Entrepreneurial Energy Discoveries en 2022 para el desarrollo de una novedosa unidad de demostración de captura directa de aire.

» SUSTEON

Después del apoyo inicial de SoCalGas, Susteon recibió \$1 millón del DOE en 2022 para investigar un disolvente de CO₂ para la captura de carbono.

» TWELVE

Tras el apoyo del Programa RD&D de SoCalGas, esta empresa emergente de reducción electroquímica de dióxido de carbono recaudó \$130 millones en financiamiento de la Serie B, con la participación de inversionistas principales de la Serie A Capricorn Technology Impact Fund y Carbon Direct Capital Management. Twelve también ha obtenido una inversión en la Serie B y en el programa estratégico de la Iniciativa Chan Zuckerberg.

Hitos significativos en 2022

PUBLICACIONES

En 2022, 37 proyectos cofinanciados o de alguna otra forma apoyados por el Programa RD&D de SoCalGas aparecieron en artículos, informes y resúmenes sobre tecnología. Además, tres tecnologías apoyadas por RD&D recibieron patentes de la Oficina de Patentes y Marcas Registradas de Estados Unidos.

FINANCIAMIENTO PÚBLICO

En 2022, personal del Programa RD&D apoyó ocho propuestas ganadoras en las que se solicitaba financiamiento público. Estos proyectos recibieron \$18,305,406 en fondos para investigación por la Comisión de Energía de California (CEC) y el Departamento de Energía (DOE).

8

LOS PROYECTOS GANARON UN TOTAL DE

\$18,305,406

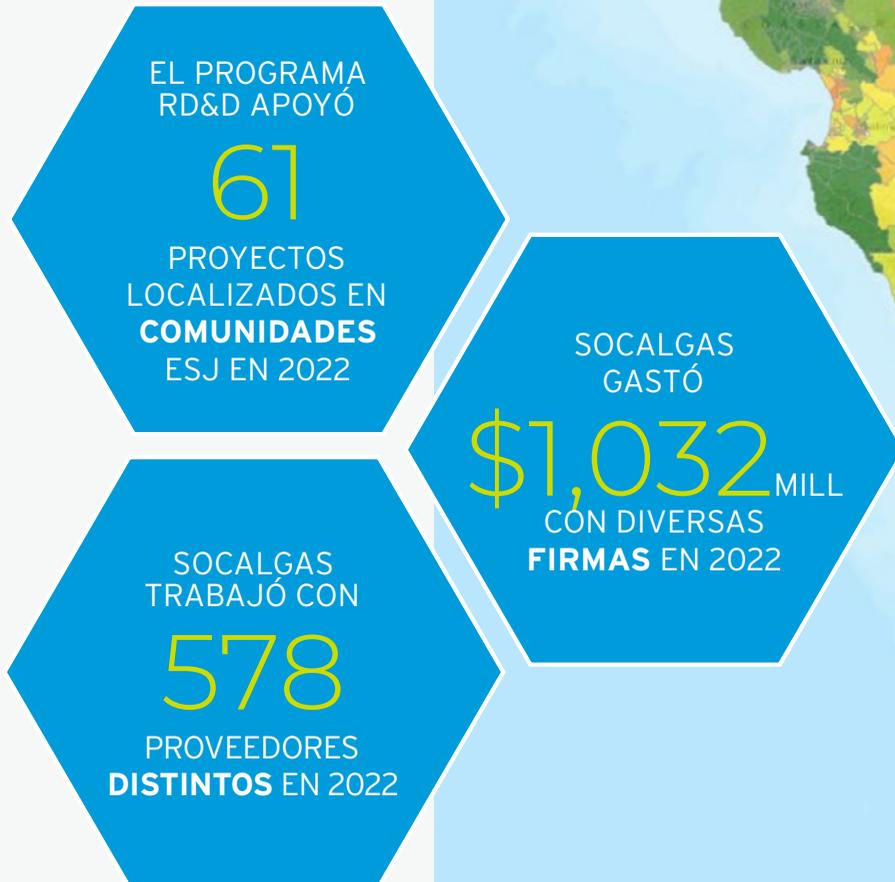
DE LA CEC Y EL DOE

TECNOLOGÍAS IMPLANTADAS

Una de las principales metas del Programa RD&D de SoCalGas es llevar tecnología del laboratorio al mercado. En 2022, organizaciones de todo California y el resto del país implantaron numerosos productos y tecnologías para uso en el mundo real como resultado directo del apoyo recibido del Programa RD&D de SoCalGas. Ejemplos de 2022 incluyen:

- » Modelización de mezclado (hidrógeno)
- » Centro para la Seguridad del Hidrógeno
- » Desarrollo de plataforma de interconexión de GNR común para servicios públicos (T-789)
- » Fundamentos de la tomografía computarizada (TC) con estándares de calibración y referencia para la detección de anomalías en tuberías (NDE-2-12)
- » Expansión del NYSEARCH Range Model (M2018-008) Fase II-a
- » Composición y calidad del gas
- » Mejora de la calidad de los datos del portal SIG
- » Mezcla de hidrógeno en gas natural - Fase 2 - Materiales metálicos (6.14.b.2)
- » Análisis de deficiencias centrado en LDC y Estudio SOTA sobre descarbonización (M2021-010)
- » Modelización y evaluación de activos de CP con tecnología de escaneo 3D
- » Resumen de datos de prueba OIML para medidores ultrasónicos de nueva generación (MEAS-6-21)
- » Modelo de vida restante y herramienta de evaluación para hendiduras y abolladuras (MD- 4-16)
- » Análisis del sistema de tuberías de transmisión de acero
- » Código uniforme de frecuencia (5.18.m)
- » Actualización del Estándar ASTM sobre compactación de suelos utilizando el DCP (5.20.o)
- » Actualización del Manual de Reparación de Tuberías de PRCI (MATR-3-1A)

Actividades en favor de la equidad 2022



HOJA DE RUTA DE COMPROMISO POR LA EQUIDAD

A fin de empoderar mejor a las comunidades de escasos recursos en el proceso de toma de decisiones en torno a la energía limpia, el Programa RD&D de SoCalGas continuó desarrollando su Hoja de Ruta de Compromiso por la Equidad. Este documento describe una visión plurianual para mejorar el compromiso por la equidad al interior del Programa RD&D de SoCalGas. El objetivo de este compromiso es maximizar la probabilidad de que los beneficios de la nueva tecnología de energía limpia tengan un impacto positivo y equitativo en todas las comunidades dentro de California, con especial consideración por las comunidades que enfrentan asuntos de justicia ambiental y social (ESJ, por sus siglas en inglés) e históricamente han carecido de recursos.

En 2022, personal de RD&D trabajó estrechamente con 2020vet, empresa propiedad de una veterana y mujer con líderes altamente experimentadas en estrategia y defensa de los derechos, que trabaja con comunidades locales que enfrentan conflictos y crisis, con inclusión de grupos de interés tanto internos como externos en la mesa. Trabajando con 2020vet, personal de RD&D realizó una extensa revisión de la literatura en la materia, evaluó las capacidades actuales de participación comunitaria de SoCalGas a través de entrevistas con grupos de interés internos e identificó seis elementos de acción clave diseñados para aumentar la participación.

EN
PRIMER
PLANO

2022
ACTIVIDADES
EN FAVOR DE
LA EQUIDAD

Profesora de ingeniería hace realidad sueño de la infancia e inspira a otros

La Dra. Bihter Padak lleva a cabo investigaciones de ingeniería de combustión, al tiempo que brinda orientación, conocimiento y aliento a aspirantes a estudiantes femeninas y de minorías.



Dra. Bihter Padak: “No solo estoy tratando de demostrarles a los estudiantes lo que significa ser ingeniero, sino también de ser modelo a seguir para el alumnado femenino o de minorías”.

De niña, la Dra. Bihter Padak soñaba con convertirse en maestra. “Habiendo sido criada en Estambul, Turquía, mis primeros encuentros con maestros fueron en el campo de la medicina”, recuerda Padak, quien hizo realidad su sueño de niña y ahora se desempeña como profesora asistente en el Departamento de Ingeniería Mecánica y Aeroespacial de la Universidad de California, Irvine (UCI), y directora asociada del Laboratorio de Combustión de la UCI (UCICL, por sus siglas en inglés).

La trayectoria de la Dra. Padak en el ámbito educativo fue de exploración y búsqueda del conocimiento. En la preparatoria, se interesó por primera vez en la química. Unos años más tarde, mientras estudiaba ingeniería química en la Universidad Técnica de Estambul (İTÜ), tomó un curso de ingeniería de la reacción. “Supe entonces que quería realizar estudios de posgrado en ingeniería de la reacción y cinética”, dijo Padak.

En este punto, se encontró con lo que parecía ser un obstáculo insuperable. En la İTÜ, por lo general, se espera

que los candidatos a formar parte del cuerpo docente pasen tiempo fuera del país para ampliar sus perspectivas. “No vengo de una familia adinerada, así que no pensé que podría permitirme viajar a Estados Unidos o ingresar a un programa doctoral, paso fundamental para convertirme en maestra”, comentó Padak.

Afortunadamente, la Dra. Padak estudió con la profesora Birgul Ersolmaz, quien se convertiría en su mentora. “En mi penúltimo año de carrera, la profesora Ersolmaz, quien se doctoró en Estados Unidos, me dijo que si podía recibir un puesto de asistente de cátedra, entonces no tendría que pagar la matrícula y recibiría un estipendio para cubrir mis gastos de manutención”, agregó Padak.

Con esta revelación en mano, la Dra. Padak se consagró a sus estudios y pronto ingresó a programas de posgrado en el Instituto Politécnico de Worcester en Worcester, Massachusetts, y luego en la Universidad de Stanford. Después de obtener su doctorado por Stanford, aceptó un nombramiento como docente en el Departamento de

Ingeniería Química de la Universidad de Carolina del Sur, donde realizó investigaciones hasta su traslado a la UCI en 2018.

En el UCICL, la Dra. Padak y su equipo están investigando formas de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y combatir el cambio climático. Para asegurar los fondos para estas actividades, invierte bastante tiempo preparando solicitudes de subvención. En varias ocasiones, también ha trabajado estrechamente con SoCalGas, incluso en un proyecto financiado recientemente por la Comisión de Energía de California (CEC). “Una de las mejores partes de colaborar con SoCalGas en la investigación fundamental es su disposición a publicar los resultados”, expresó Padak. “Con su ayuda, en realidad estamos contribuyendo a la ciencia.”

Además de este trabajo técnico y científico, la Dra. Padak cree en la importancia de servir como un modelo a seguir para las estudiantes femeninas o de minorías que pueden no recibir mucho estímulo en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM, por sus siglas en inglés).

“La gente a menudo se sorprende al descubrir que soy una profesora de ingeniería que realiza investigaciones relacionadas con la combustión”, comentó Padak. “Lo mismo como egresada de la licenciatura que como docente, he notado que puede ser todo un desafío para las mujeres avanzar en la academia, especialmente en las ciencias. Estoy haciendo mi parte para cambiar esta situación”.

Mirando su carrera en retrospectiva hasta la fecha, la Dra. Padak cree que las relaciones que ha forjado y mantenido han sido esenciales para ayudarla a alcanzar y exceder por mucho sus metas de la infancia. “Mi trabajo con la

profesora Ersolmaz me mostró el valor de contar con un mentor”, señaló Padak. Esa experiencia inspiró a la Dra. Padak a ayudar a sus propios estudiantes con las decisiones de desarrollo profesional y la preparación de materiales de solicitud.

La Dra. Padak también participa en actividades de divulgación dirigidas a minorías subrepresentadas, sobre todo niños en edad escolar. Ha ayudado a estudiantes de primaria a realizar experimentos científicos prácticos y con regularidad dicta una conferencia llamada “Why

Chemical Engineering” [Por qué ingeniería química] a estudiantes de secundaria y preparatoria. “No trato nada más de mostrarles a los estudiantes lo que significa ser ingeniero, sino también intento servir como modelo a seguir para las estudiantes femeninas o de minorías”, explicó Padak. “Quiero ayudar a los estudiantes a ampliar sus ideas sobre lo que es posible que logren y encontrar una carrera que les apasione”, aseveró Padak. “Sé que eso me funcionó a mí. Me encantan la investigación y la enseñanza, y si tuviera que hacerlo todo de nuevo, volvería a ser maestra”.



La Dra. Padak trabaja con estudiantes egresados en el laboratorio.



Áreas programáticas de RD&D de SoCalGas

Metas y estructura del programa	20
Colaboradores en la investigación	21
PROGRAMAS	
Recursos Bajos en Carbono ..	22
Operaciones de Gas	25
Transporte Limpio	29
Generación Limpia	33
Aplicaciones de Uso Final por el Cliente	36

Metas y estructura del programa

Las metas del Programa RD&D de SoCalGas son identificar, probar y comercializar nuevas y transformadoras tecnologías de energía que reducirán las emisiones de GEI y de contaminantes atmosféricos de criterio; mantendrán la asequibilidad de la energía que el gas natural históricamente ha brindado, y promoverán la seguridad, eficiencia operativa y confiabilidad de las redes y sistemas de distribución de gas de California en un entorno operativo en constante cambio.

Simultáneamente con la persecución de estas metas, SoCalGas busca descarbonizar sus tuberías con el reemplazo del gas natural de origen fósil extraído convencionalmente por cantidades cada vez mayores de gas natural renovable (GNR) y, potencialmente, mezclas de hidrógeno para beneficiar a sus clientes y respaldar a California en la consecución de sus ambiciosos objetivos en el combate al cambio climático.

Congruente con el marco de trabajo establecido en la Sección 740.1 del Código de Servicios Públicos, personal del programa toma en cuenta múltiples factores al momento de seleccionar los proyectos a respaldar. Éstos incluyen factores regulativos y de política, opiniones de grupos de interés expertos en la industria, equidad y políticas y metas corporativas.

En 2022, el Programa RD&D de SoCalGas distribuyó fondos entre cinco áreas programáticas de investigación: Recursos Bajos en Carbono, Operaciones de Gas, Transporte Limpio, Generación Limpia y Aplicaciones de Uso Final por el Cliente.

CINCO ÁREAS DEL PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN



Recursos Bajos en Carbono

Captura, utilización y secuestro de carbono

Producción de gas renovable



Operaciones de Gas

Medio ambiente y seguridad
Tecnología para operaciones
Diseño de sistemas y materiales
Inspección y monitoreo de sistemas



Generación limpia

Generación distribuida
Integración y controles



Transporte limpio

Fuera de carretera
Almacenamiento a bordo
En carretera
Estaciones de reabastecimiento



Aplicaciones de Uso Final por el Cliente

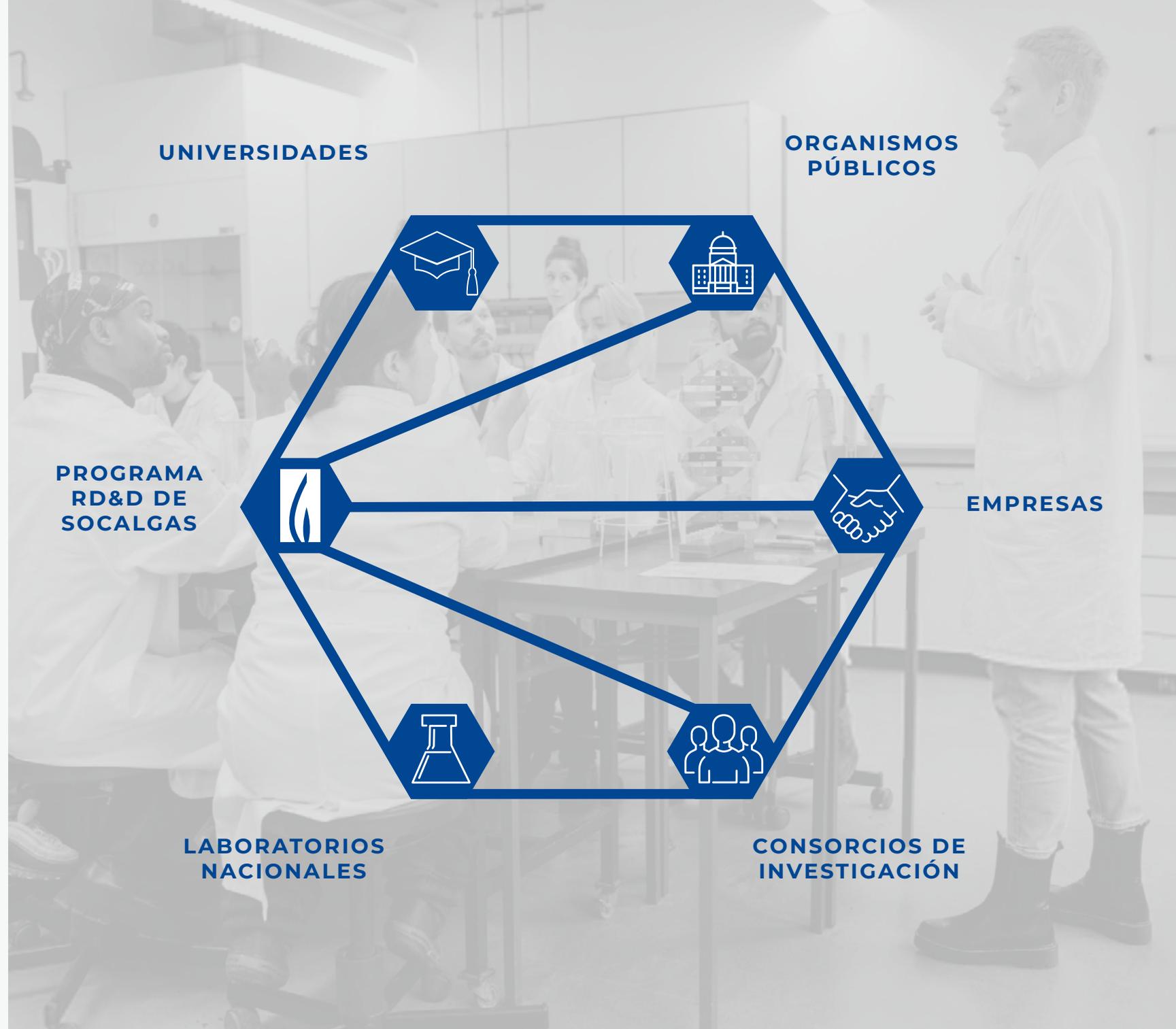
Servicio comercial de preparación de alimentos
Calor de procesos industriales
Innovación avanzada
Aplicaciones comerciales
Aparatos residenciales

Colaboradores en la investigación

El Programa RD&D de SoCalGas es un elemento vital de un ecosistema de financiamiento de tecnología considerablemente mayor que incluye consorcios de investigación de la industria del gas y numerosas entidades públicas federales, estatales y regionales. Personal del programa trabaja con profesionales y expertos en la materia pertenecientes a estas organizaciones, así como de universidades, laboratorios nacionales y empresas, para maximizar el impacto de sus inversiones en tecnologías y productos prometedores con vías de comercialización claras.

Estas relaciones permiten a SoCalGas procurar la participación de expertos en ciencia y tecnología, otras empresas de servicios públicos y grupos de interés de la industria en diálogos abiertos. Estos diálogos ayudan a SoCalGas a identificar con mayor eficacia y subsanar vacíos de conocimiento e investigación, evitar la duplicidad de investigaciones previas y en curso, y mitigar riesgos técnicos, económicos y de comercialización. Ello ayuda a personal del programa a desarrollar productos y tecnologías que reducen los costos para los clientes, ahorran energía, aumentan la seguridad y confiabilidad, mejoran la calidad del aire y disminuyen las emisiones de GEI.

Juntos, personal del Programa RD&D y colaboradores en la investigación intercambian información y conceptos de investigación, colaboran en el desarrollo de proyectos, establecen alianzas o asociaciones de colaboración, y activamente buscan oportunidades de financiamiento público y privado, con las metas de asegurar cofinanciamiento adicional e integrar el equipo más capaz y de mayor impacto de expertos en la materia para trabajar en un proyecto en particular.



PROGRAMA:

RECURSOS BAJOS EN CARBONO



El objetivo principal del área programática Recursos Bajos en Carbono es descarbonizar el suministro de gas, al mismo tiempo que se mantienen su asequibilidad y confiabilidad. Para lograr este objetivo, miembros del personal del programa promueven e impulsan nuevas tecnologías encaminadas a incrementar la producción de gas renovable para desplazar gas por tubería de fuentes convencionales y, al mismo tiempo, también limitar o reciclar las emisiones de GEI. Además, el área programática Recursos Bajos en Carbono tiene como objetivo promover e impulsar nuevas tecnologías para la captura de carbono y la reutilización del carbono capturado en la fabricación de productos útiles o su secuestro permanente en pozos petroleros y acuíferos salinos agotados.

Esta área programática incluye dos subprogramas:

Captura, utilización y secuestro de carbono

Este subprograma se centra en la captura, utilización y secuestro de carbono (CCUS, por sus siglas en inglés) todas ellas actividades vitales en el combate al cambio climático. Aproximadamente la mitad del exceso de CO₂ liberado a la atmósfera por la actividad humana es absorbido por las plantas y los océanos del mundo. Las tecnologías CCUS buscan capturar y utilizar o secuestrar el balance de estas emisiones de CO₂ mediante una variedad de metodologías, incluida la captura directa de aire aunada a la conversión en plásticos, cemento y biocombustibles (utilización de la captura de carbono o CCU) o el secuestro en yacimientos petrolíferos y acuíferos salinos agotados (secuestro de la captura de carbono o CCS). La cartera de este subprograma también incluye proyectos de pirólisis de metano en los que se produce carbono sólido a partir de una materia prima de metano y se captura simultáneamente con la generación de hidrógeno.

Producción de gas renovable

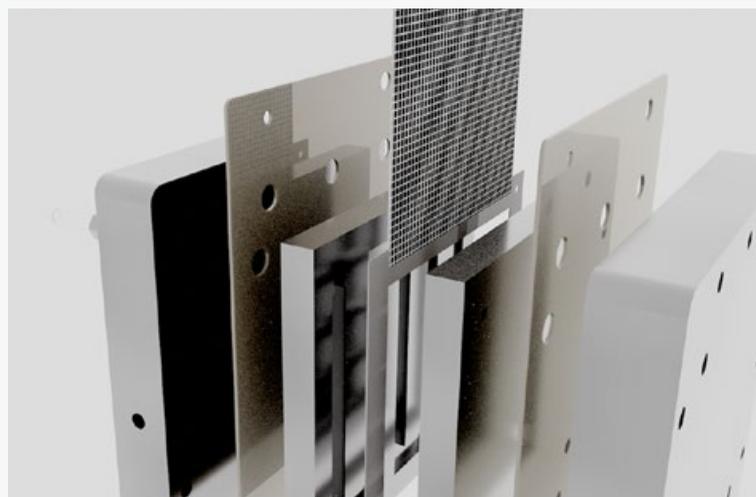
Este subprograma centra su atención en la producción segura, confiable y económica de combustibles gaseosos renovables –específicamente, GNR e hidrógeno– provenientes de distintas materias primas y múltiples rutas tecnológicas.



Un dispositivo de conversión de dióxido de carbono facilita productos de consumo útiles neutros en carbono

La descomposición electroquímica del dióxido de carbono allana el camino para que materiales derivados del petróleo se conviertan en neutros en carbono.

COSTO TOTAL DEL PROYECTO:	\$3,125,000
	SOCALGAS: \$500,000
	COFINANCIAMIENTO: \$125,000
	DOE: \$2,500,000



El sistema electroquímico de Twelve está construido en unidades apiladas repetidas, cada una de las cuales consiste en placas cargadas, juntas, electrodos y membranas que se alternan.

En 2020 Estados Unidos emitió aproximadamente seis mil millones de toneladas métricas de emisiones equivalentes de dióxido de carbono.⁷

Combatir estas emisiones requerirá una cuantiosa inversión en fuentes de energía de carbono cero, así como en la captura, utilización o secuestro subterráneo de gases de efecto invernadero. La captura y utilización de carbono (CCU, por sus siglas en inglés) es un campo en crecimiento que se sirve de procesos químicos para producir productos de consumo neutros en carbono que tradicionalmente están hechos de petróleo.

En 2015, la Dra. Etosha Cave y la Dra. Kendra Kuhl se asociaron con Nicholas Flanders para comercializar un sistema de conversión electroquímica que desarrollaron en la Universidad de Stanford. El sistema transforma el dióxido de carbono de fuentes de emisión comunes en monóxido de carbono y otros compuestos. Su compañía, Twelve, combina este proceso con una variedad de reacciones químicas para producir materiales útiles como

polímeros para gafas de sol o combustible para aviones con bajas emisiones de carbono, entre otras aplicaciones.

“La mayor parte de la intensidad de carbono de algo como el combustible para aviones proviene del hecho de que se deriva del petróleo”, explicó la Dra. Cave. “Nuestros productos son esencialmente neutros en carbono porque incorporan dióxido de carbono de fuentes de emisiones biogénicas u otras. El resultado es una reducción del 90% en las emisiones de carbono porque no se está quemando algo que antes se encontraba en el suelo”.

Los sistemas electroquímicos como el que Twelve está desarrollando están contruidos en unidades apiladas repetidas, de manera muy similar a los sándwiches. “Cada unidad consiste en alternar placas cargadas, juntas, electrodos y membranas”, detalló la Dra. Cave. “El agua permea por un lado del apilamiento y una corriente gaseosa de dióxido de carbono por el otro. A medida que el gas y el agua se abren paso a través de la unidad, finalmente se encuentran en el catalizador.”

Esta intersección genera la reacción química deseada cuando un operador aplica electricidad al sistema. En este caso, el dióxido de carbono se transforma en monóxido de carbono y agua, con una pequeña cantidad de hidrógeno como subproducto. Estos productos se convierten en insumos para un proceso secundario en el que los operadores pueden producir productos químicos y compuestos útiles a partir de carbono reciclado que forman la base de polímeros para autopartes, gafas de sol, otros objetos domésticos cotidianos y combustibles.

“En Twelve, somos una compañía de transformación de carbono”, detalló la Dra. Cave. “Vemos el dióxido de carbono como una molécula que, una vez transformada, puede convertirse en una serie de productos que actualmente fabricamos a partir del petróleo”.

“La tecnología de transformación de carbono existe y, con el apoyo de socios estratégicos y fuentes gubernamentales, estamos erigiendo la industria”, agregó la Dra. Cave. Twelve está desarrollando una forma de consumir dióxido de carbono en lugar de ponerlo en la atmósfera. Este enfoque permite a la sociedad fabricar productos a base de carbono a partir de dióxido de carbono –en lugar de petróleo– que ya disfrutan.

Para ayudar a desarrollar su tecnología de transformación de carbono, en 2019 Twelve aplicó y ganó una subvención de \$2.6 millones del Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE, por sus siglas en inglés). “El Programa RD&D de SoCalGas aportó al proyecto \$500,000 a manera de participación en gastos, lo que realmente fortaleció nuestra solicitud”, explicó la Dra. Cave. “Igualmente importante, SoCalGas aportó credibilidad a la nueva tecnología. Tener un nombre conocido como ese en

el grupo de revisores del DOE fue significativo y realmente demostró nuestro compromiso con la comercialización”.

El objetivo del proyecto financiado por el DOE, que comenzó a fines de 2020, era impulsar el sistema a escala de demostración de varios kilovatios (kW) a una unidad de megavatios mediante la ampliación del conjunto de electrodos de membrana (MEA, del inglés: membrane electrode assembly). El primer paso consistió en dimensionar las piezas individuales y luego optimizar su rendimiento ajustando la electroquímica. “Una vez que los MEA se ampliaron y cumplieron con los requisitos de control de calidad, el equipo los ensambló en apilamientos

modulares de 100 a 200 kW para realizar pruebas”, añadió la Dra. Cave.

“Al aumentar el tamaño de la unidad a cientos de kilovatios, superar los problemas de control de calidad y demostrar el rendimiento del sistema más grande, ahora está al alcance un proceso a escala de megavatios”, explicó la Dra. Cave. Con ese tamaño, los productos del sistema pueden convertirse en insumos para grandes instalaciones de producción de combustible de aviones. El éxito de este proyecto ha llevado a los Estados Unidos un paso más cerca de tener una fuente escalable de combustible sustentable para aviación.

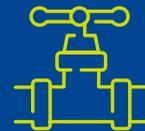


En el proyecto financiado por el DOE, los fundadores la Dra. Kendra Kuhl (izquierda), Nicholas Flanders (centro) y la Dra. Etosha Cave (derecha) expandieron el conjunto de electrodos de membrana de la empresa (arriba izquierda y derecha).



PROGRAMA:

**OPERACIONES
DE GAS**



El área programática Operaciones de Gas de RD&D apoya las redes de suministro de gas por tubería y las operaciones de almacenamiento mediante innovaciones que mejoran la seguridad de las tuberías y los colaboradores, mantienen la confiabilidad del sistema, aumentan la eficiencia operativa y minimizan los impactos de GEI en el medio ambiente.

El programa también apoya el desarrollo tecnológico impulsado por los requisitos regulatorios de reciente aparición. Sus objetivos principales son desarrollar, probar e introducir nuevas tecnologías de operaciones de gas que sean beneficiosas para los usuarios a través de mejoras en la seguridad pública y de las tuberías, la confiabilidad del sistema, la eficiencia operativa y los beneficios ambientales.

El programa invierte en proyectos de desarrollo tecnológico que se dividen en los siguientes subprogramas:

Medio ambiente y seguridad

Este subprograma busca fomentar la integridad ambiental de la red de tuberías y la seguridad de quienes viven y trabajan cerca de ella. Los proyectos ambientales se centran en el desarrollo de tecnologías que también apoyan los objetivos estatales. Los proyectos de seguridad se ocupan de proteger la tubería de daños intencionales y no intencionales y de mejorar la seguridad del público, los colaboradores y contratistas de la compañía que trabajan en o alrededor de la tubería. Los proyectos incluyen explorar cómo la mezcla de hidrógeno en la tubería afecta la operación y el mantenimiento del sistema de tuberías con respecto a la seguridad, confiabilidad, integridad e impactos ambientales.



Investigaciones posteriores de monitoreo y reducción de emisiones de gas están siendo respaldadas por el Programa de Estrategia de Investigación y Desarrollo sobre Emisiones de Gas (Gas Emissions R&D Emission Strategy Program) de SoCalGas conforme al plan de observancia de la ley SB 1371, de acuerdo con el decreto de institución de reglamentaciones para la reducción de fugas de gas Gas Leak Abatement OIR (R.15-01- 008).

Tecnología de operaciones

Este subprograma respalda tecnologías que mejoran la capacitación de los colaboradores; la eficiencia de la construcción, y la operación, mantenimiento y rehabilitación de las tuberías de gas, así como los sistemas que facilitan un servicio continuo seguro y confiable. Este subprograma también explora la mejor manera de prevenir fugas de gas derivadas del mezclado de hidrógeno en la tubería.

Diseño del sistema y materiales

Los objetivos de este subprograma son acelerar el avance de materiales y ciencia de los materiales, seguimiento y rastreabilidad de los materiales, y herramientas técnicas para el diseño de sistemas de tuberías e infraestructura en favor de la seguridad, confiabilidad, eficiencia y capacidad de mantenimiento en todo el ciclo de vida de los activos de tuberías. Los proyectos incluyen investigación para mejorar los estándares y modelos de diseño de ingeniería, desarrollando herramientas de análisis de riesgos para cumplir con reglamentos en materia de integridad de las tuberías; modelizando eficiencias operativas de activos de almacenamiento de gas y estaciones compresoras, y evaluando los efectos de incorporar gas de fuentes no tradicionales (mezcla de biogás e hidrógeno) en la calidad del gas natural y la integridad del sistema en general.

Inspección y monitoreo del sistema

Los objetivos de este subprograma incluyen desarrollar tecnologías y métodos para inspección, monitoreo y prueba de tuberías y componentes de tubería a fin de evaluar la condición y el desempeño de las instalaciones de tubería. La meta es mejorar el desempeño, confiabilidad, seguridad y eficiencias operativas del sistema mediante el manejo de datos para identificar precursores a fallas o incidentes. Los proyectos en esta área de subprograma aprovechan la inteligencia artificial, el aprendizaje automatizado, y tecnologías de mantenimiento preventivo y predictivo, entre las que se incluyen modelos analíticos de datos y lagos de datos, así como innovadoras fuentes de datos como Crowd Source y el internet de las cosas. Este subprograma también busca explorar herramientas para manejar los impactos potenciales de mezclar hidrógeno en las tuberías de gas.



Consortio de investigación crea una mejor manera de implementar la innovación baja en carbono

NYSEARCH apoya el desarrollo de una base de datos que permite a las empresas de servicios públicos y a los productores de GNR agilizar el proceso de interconexión y reducir los costos de capital.

\$	COSTO TOTAL DEL PROYECTO: \$222,380
	SOCALGAS: \$24,710
	COFINANCIAMIENTO: \$197,670

El gas natural renovable (GNR) es el gas natural derivado de una variedad de materiales de desechos orgánicos, incluidos desechos de alimentos, recortes de jardín y fuentes de carbono degradables como cartón o madera. Un estudio realizado por la Universidad de California, Davis, estima que más del 20 por ciento de la demanda actual de gas natural residencial de California podría satisfacerse con GNR derivado de los desechos orgánicos existentes en el estado.⁸

Para obtener los beneficios de producir GNR a escala, las instalaciones de producción deben interconectarse con la infraestructura de gas natural existente. A la fecha, los productores de GNR han tenido que producir diseños de ingeniería a la medida para cada plataforma de interconexión (IC), lo que resulta en altos costos de capital y largos ciclos de desarrollo.⁹

A fin de abordar estos desafíos, el consorcio de investigación NYSEARCH –en representación de once de sus

miembros de Compañía de Distribución Local (LDC, por sus siglas en inglés)– colaboró con SoCalGas para desarrollar una base de datos digital que proporcionaría un marco común para la interconexión de GNR. Este marco permitiría a las LDC y los productores de GNR seleccionar los diseños de plataforma IC que mejor se adapten a sus necesidades, agilizar el proceso de IC y reducir los costos de capital que, de otro modo, podrían haber sido prohibitivos.

NYSEARCH contrató a Campos EPC –empresa comercial diversa especializada en ingeniería, adquisiciones y construcción– para desarrollar un diseño estandarizado y una base de datos. A principios de 2022, Campos EPC realizó entrevistas a miembros de NYSEARCH en el área de servicios públicos. La compañía también distribuyó un cuestionario exhaustivo. El objetivo de esta recopilación de información fue establecer las condiciones básicas de ingeniería y los parámetros de diseño necesarios para



Tradicionalmente, los productores de GNR han tenido que producir diseños de ingeniería a la medida para cada plataforma de interconexión, lo que resulta en elevados costos de capital y largos ciclos de desarrollo.

desarrollar dos diseños de plataforma de IC de base, uno al aire libre y uno cerrado.

Durante este proceso, Campos EPC entrevistó al equipo de ingeniería de SoCalGas responsable de la interconexión de GNR. “SoCalGas aportó una gran cantidad de información que ayudó a Campos EPC a desarrollar diseños de base que fácilmente pudieran modificarse para satisfacer las necesidades del territorio de servicio de SoCalGas y, al mismo tiempo, manteniéndose en conformidad con los requisitos federales y de California”, aseveró Ahra Kwon, gerente sénior de proyecto de NYSEARCH. Es importante destacar que los mismos diseños de base podrían modificarse para satisfacer las necesidades de las empresas de servicios públicos en cualquier parte del país.

A partir de estas entrevistas a personas del área de servicios públicos y las respuestas al cuestionario, Campos EPC desarrolló esquemas de tuberías e instrumentación, eléctricos y estructurales para las plataformas IC al aire libre y cerrados, así como modelos 3D. El desarrollo de diseños estandarizados fue importante para las empresas de servicios públicos financiadoras, que buscaban formas de minimizar el costo y el tiempo dedicado al diseño.

Una vez completados los diseños, Campos EPC se propuso desarrollar la base de datos de equipos basada en Excel® de Microsoft®, que incorporó los requisitos, estándares y cálculos de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME, por sus siglas en inglés).

“Usando los menús desplegable y las celdas codificadas por colores de la herramienta, los productores de GNR y las empresas de servicios públicos de gas podrían ingresar una variedad de parámetros específicos de servicios públicos, como la presión de operación y caudal,

y luego seleccionar los tipos específicos de equipo que completarían un diseño de plataforma de IC específico para el sitio”, explicó Kwon. La base de datos proporciona entonces una estimación de costos detallada que incluye tanto la plataforma en sí como los materiales asociados. También proporciona la información que puede servir de base para esquemas adicionales de ingeniería y construcción.

Uno de los mayores desafíos que enfrentan los productores de GNR es comprender cómo compartir los costos de IC con una LDC. La base de datos y los diseños de base de un proyecto ayudarían a los productores a delinear qué partes de un sistema son propiedad de la empresa de gas y cuáles son propiedad del productor, proporcionando así una base para compartir los costos.

La base de datos de IC también ofrece a las LDC y a los productores de GNR una ventaja, lo que les permite evitar la costosa ingeniería personalizada que consume mucho tiempo al comenzar con uno de los dos diseños de base. “Esta solución proporciona un punto de partida que luego se puede modificar y personalizar para adaptarse a las necesidades específicas de cualquier empresa de servicios públicos”, explicó Daphne D’Zurko, directora ejecutiva de NYSEARCH.

Campos EPC ha completado el desarrollo de la herramienta de software y, a través de NYSEARCH, la distribuyó a las once empresas de servicios públicos miembros. “Hay un enorme valor en las colaboraciones entre NYSEARCH y los miembros de nuestro consorcio”, dijo D’Zurko. “Con sus cuotas de membresía, pueden aprovechar sus dólares de investigación y también su conocimiento. En muchos casos, la cantidad de innovación que obtienen como

resultado es diez o veinte veces mayor de lo que habrían obtenido por su cuenta”.

“SoCalGas es campeón de muchas de las innovaciones que NYSEARCH persigue”, dijo D’Zurko. “No hay palabras suficientes para expresar el valor de las compañías de gas que toman la delantera en la búsqueda de innovaciones y luego las respaldan con personas y recursos. Están liderando la industria”.

Para este proyecto, la verdadera innovación fue la estandarización. Se alentó a las empresas de servicios públicos miembros de NYSEARCH, que atienden colectivamente a 32 millones de clientes en todo Estados Unidos, a centrarse en la estandarización para lograr los objetivos del proyecto. Al emplear los mismos estándares y requisitos de diseño al aceptar gas de los productores de GNR, el proceso reduciría el costo de implementación y facilitaría un mayor uso del GNR en todo el país. “La innovación genera innovación”, dijo Kwon. “Una vez que las LDC comiencen a utilizar esta solución, no se sabe lo que desarrollarán”.

PROGRAMA:
**TRANSPORTE
LIMPIO**



El programa Transporte Limpio respalda actividades que minimizan los impactos ambientales relacionados con el sector de transporte. Con la atención centrada en el aprovechamiento del hidrógeno, este programa facilita el desarrollo de tecnología de cero emisiones para aplicaciones en carretera y fuera de carretera, infraestructura de abastecimiento de combustible y tecnologías de almacenamiento a bordo.

Esta área programática incluye cuatro subprogramas:

Fuera de carretera

Este subprograma se centra en desarrollar soluciones de transporte fuera de carretera de cero emisiones utilizando hidrógeno. Su objetivo es alcanzar reducciones en las emisiones procedentes de vehículos que no circulan en carretera, como ferrocarril, buques transoceánicos y embarcaciones portuarias comerciales, así como equipo de construcción y de manejo de carga. Este subprograma también ha comenzado a explorar aplicaciones de aviación, entre las que se incluyen aviones y drones con celdas de combustible de hidrógeno.

Almacenamiento a bordo

Este subprograma tiene como objetivo el desarrollo, la demostración y la implantación de tecnologías y sistemas rentables que mejoren el almacenamiento a bordo de combustibles gaseosos para el transporte. Las áreas de enfoque incluyen materiales avanzados, sistemas de baja presión y tanques concordantes para el almacenamiento de hidrógeno. El almacenamiento a bordo, que requiere almacenamiento comprimido o el uso de tecnologías avanzadas de adsorción, es un elemento crucial necesario para el mayor uso de hidrógeno como combustible para transporte.

En carretera

Este subprograma está enfocado en el desarrollo, la demostración y la implantación de vehículos de carga mediana y pesada de cero emisiones que circulan en carretera. La atención se centra en tecnologías de transporte en carretera de cero emisiones que utilizan hidrógeno.

Estaciones de reabastecimiento

Este subprograma está orientado al desarrollo, demostración e implantación de tecnologías y sistemas que respaldan el reabastecimiento de combustibles alternativos, incluido el hidrógeno gaseoso y líquido. Este subprograma también busca identificar y atender inquietudes y asuntos relacionados con el reabastecimiento de combustibles, desde su almacenamiento hasta la seguridad y la estandarización.



El puerto de California despliega camiones de celdas de combustible de hidrógeno para el manejo de carga

GTI Energy lidera la demostración de tractores de patio de maniobras con celdas de combustible de hidrógeno para la reducción de emisiones en el puerto de Los Ángeles.

\$	COSTO TOTAL DEL PROYECTO: \$12,105,413
	SOCALGAS: \$372,500
	COFINANCIAMIENTO: \$11,732,913

A lo largo de más de dos décadas, el puerto de Los Ángeles ha tenido más tráfico de contenedores de transporte marítimo que cualquier otro puerto en el hemisferio occidental. Todos los días, miles de contenedores llegan al puerto por barco, tren o camión y luego son transportados a las siguientes etapas de su recorrido utilizando equipos de manejo de carga pesada impulsados por diésel, que proporciona la potencia, el rendimiento y la facilidad de reabastecimiento de combustible necesarios para operar en el exigente entorno portuario.

Desafortunadamente, los equipos que funcionan con diésel son también una fuente importante de emisiones de carbono y contaminantes atmosféricos tóxicos, incluidos los óxidos de nitrógeno (NOx) y las partículas suspendidas (PM, por sus siglas en inglés). La mayor fuente de emisiones relacionadas con el manejo de carga en puerto es el camión de patio a diésel, también conocido como tractor de terminal. Estas bestias de carga portuarias trabajan hasta 20 horas por día, levantando y moviendo remolques

de carga pesada, deteniéndose solo una vez al día para reabastecerse de combustible.

En 2019, GTI Energy, SoCalGas, ZEN Clean Energy Solutions, Frontier Energy, Capacity Trucks y HTEC –la compañía más importante de Canadá en soluciones de producción, distribución y despacho de hidrógeno limpio de Canadá– empezaron a colaborar en el proyecto Zero-Emissions for California Ports (ZECAP) [Cero emisiones para los puertos de California].¹⁰ Financiado en parte por el Consejo de Recursos del Aire de California, el proyecto tenía por objetivo desarrollar y demostrar dos camiones híbridos para patio de maniobras, con celdas de combustible de hidrógeno, cero emisiones en terminales portuarias operadas por TraPac en el puerto de Los Ángeles.

Para cada unidad, el equipo configuró un chasis de reemplazo Trailer Jockey Serie TJ9000 de Capacity Trucks con un tren motriz de accionamiento eléctrico BAE Systems y una celda de combustible FCveloCity®-HD85 de Ballard



El equipo del proyecto desarrolló y demostró dos camiones híbridos de depósito de pila de combustible de hidrógeno de cero emisiones en terminales portuarias operadas por TraPac en el Puerto de Los Ángeles.

Power Systems, así como tanques de almacenamiento de hidrógeno a bordo. “Elegimos camiones de patio de maniobras porque resultaron sumamente adecuados para reemplazar sus motores diésel por la unidad de celda de combustible de hidrógeno”, señaló Bart Sowa, gerente sénior de proyectos de GTI Energy. “Su ciclo de trabajo también es bastante exigente, lo que los convierte en un caso de prueba ideal.”

SoCalGas proporcionó \$372,500 en costos compartidos para el proyecto, así como acceso a su red de clientes, socios tecnológicos y organizaciones de investigación. Personal del Programa RD&D de SoCalGas también ofreció perspectivas valiosas sobre la utilización de la infraestructura y la comercialización de productos.

En 2020, el equipo del proyecto completó el diseño de ingeniería en los camiones de patio de maniobras con celdas de combustible de hidrógeno y la infraestructura de abastecimiento de combustible a la medida, e inició el ensamblaje de los vehículos a finales del año. A pesar de los retrasos relacionados con COVID, el equipo sometió el proyecto a permisos, fabricación e implementación a fines de 2022 y se espera que complete todos los elementos del proyecto en 2023. El proyecto constó de múltiples componentes.

El primero consistió en identificar un sitio de demostración. TraPac, operador de terminales portuarias, ofreció el aprovechamiento de sus instalaciones, permitiendo al equipo del proyecto ubicar el reabastecedor de hidrógeno in situ en un área de su terminal optimizada para el reabastecimiento de combustible de camiones de patio, pero fuera del camino de las operaciones normales. “TraPac estaba muy entusiasmado con la integración en sus operaciones de camiones híbridos con celdas de combustible de hidrógeno”, dijo Sowa.

El segundo componente crítico fue el desarrollo de los dos camiones híbridos con celdas de combustible de hidrógeno para patios de maniobras. “No existía ninguna versión comercial de este tipo de vehículo en ninguna parte del mundo”, observó Sowa. “A Capacity Trucks le tomó siete iteraciones diferentes haciendo malabarismos con múltiples restricciones de diseño antes de producir los vehículos finales.”

Los camiones resultantes combinan un tren motriz de celda de combustible de hidrógeno con 9 kilogramos de almacenamiento de hidrógeno a bordo y una batería de 85 kilovatios-hora. Esta arquitectura permite que los camiones funcionen durante aproximadamente once horas con hidrógeno y seis horas adicionales con baterías. El reabastecimiento de combustible toma aproximadamente de 10 a 20 minutos, un poco más lento que el diésel, pero diez veces más rápido que recargar las baterías eléctricas de los camiones.

Diseñado para montarse en una plataforma y atornillarse temporalmente, el alimentador de combustible in situ desarrollado por HTEC podría contener hasta 190 kilogramos de hidrógeno. “Con el ciclo de trabajo de de-

mostración de ocho horas por día, fue suficiente combustible para dos o tres semanas de operación”, dijo Mary Fry, directora de activos de producción de HTEC. “Durante el proyecto, buscamos imitar el proceso de abastecimiento de combustible diésel tanto como fuera posible”. Zen Clean Energy Solutions ayudó a hacer posible la estación de servicio.

Para cuantificar los resultados del proyecto y comprender mejor el rendimiento del vehículo y el consumo de energía, Frontier Energy está recopilando y analizando datos de vehículos durante todo el periodo de operaciones. Frontier difundirá sus hallazgos a través de conferencias y otros lugares y utilizará los datos para preparar un estudio de comercialización que incluye un estudio de mercado y un modelo de posibles tasas de adopción. Para compartir información con el público, el equipo del proyecto creó un sitio web y realizó un seminario web.^{11,12}

“El proyecto ha sido un gran éxito”, dijo Sowa. “Hemos demostrado que el hidrógeno puede ser una alternativa segura y limpia al combustible diésel en el entorno portuario”. Los operadores de camiones de patio de maniobras apreciaron particularmente los nuevos vehículos, que



ZECAP es parte de California Climate Investments, iniciativa estatal que pone a trabajar miles de millones de dólares del principio de tope y comercio (Cap-and-Trade) para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, fortalecer la economía y mejorar la salud pública y el medio ambiente, sobre todo en comunidades desfavorecidas.

www.calclimateinvestments.ca.gov

fueron diseñados para verse y operar como sus contrapartes de diésel. “Los nuevos camiones de patio también son silenciosos, no emiten olores ni vibran, y proporcionan significativamente más par que los vehículos que reemplazaron. Algunos de los conductores de TraPac pidieron específicamente ser asignados a los nuevos camiones de patio.”

Basándose en el éxito de este proyecto, TraPac ha comenzado a explorar cómo hacer la transición de todos sus equipos de manejo de carga a cero emisiones. “No están solos”, dijo Sowa. “Otros usuarios finales potenciales han estado preguntando acerca de la prueba de los camiones híbridos con celdas de combustible de hidrógeno para patios de maniobras en sus propias instalaciones. Como resultado, Capacity ya ha comenzado a desarrollar un modelo de segunda generación para demostración y comercialización.”

“El proyecto logró avances significativos al reducir parte del estigma asociado con el hidrógeno. Los nuevos camiones con celdas de combustible de hidrógeno para patio de maniobras rompieron las barreras al educar a los operadores, muchos de los cuales habían expresado dudas sobre probar la nueva tecnología”, agregó Sowa. “Ahora, entienden que el hidrógeno, al igual que otros combustibles convencionales, se puede usar de manera segura como combustible”.

El proyecto también representó un importante avance en el desarrollo de un próspero mercado del hidrógeno en el sur de California. “La industria del hidrógeno ha luchado durante décadas para equilibrar la oferta y la demanda a fin de justificar cuantiosas inversiones en producción o aplicaciones de uso final”, detalló Sowa. “Este proyecto demostró a la industria que el hidrógeno es viable como

combustible de transporte pesado y podría comenzar a materializar economías de escala”.



PROGRAMA:

GENERACIÓN LIMPIA



Este programa está orientado al desarrollo y la demostración de productos y tecnologías de alta eficiencia asociados con la generación de energía para los segmentos residencial, comercial e industrial del mercado. Sus objetivos son reducir emisiones, abatir costos para los clientes, integrar combustibles renovables y mejorar la confiabilidad y resiliencia energéticas.

La Generación Limpia se compone de dos subprogramas:

Generación distribuida

Este subprograma desarrolla y mejora tecnologías de generación distribuida. Las microrredes y la creciente disponibilidad de GNR e hidrógeno ofrecen nuevas oportunidades para la implantación de tecnologías de generación distribuida de bajas emisiones y alimentadas con combustibles renovables.

Integración y controles

Este subprograma desarrolla, mejora y demuestra tecnologías y sistemas de control que integran diversos recursos de generación distribuida y cargas térmicas. La atención se centra en facilitar tecnologías de bajas emisiones, generación distribuida y almacenamiento para ofrecer resiliencia y asequibilidad energéticas a los clientes.



Los generadores altamente escalables pueden acelerar la transición a una red sin carbono

Mainspring Energy presentó novedosa tecnología probada para la generación de electricidad que es modular, gestionable y flexible por cuanto a combustible.

COSTO TOTAL DEL PROYECTO:	\$2,381,725
SOCALGAS:	\$100,000
COFINANCIAMIENTO:	\$2,281,725

El movimiento para descarbonizar la red se está acelerando, impulsado por las reducciones de costos en electricidad limpia, la legislación y el creciente interés entre inversionistas y consumidores. Sin embargo, a medida que se conectan cantidades cada vez mayores de electricidad eólica y solar, su variabilidad desafía la estabilidad de la red y pone en peligro la transición fácil hacia una red libre de carbono.

Para ayudar a superar estos obstáculos, Mainspring Energy desarrolló un generador lineal modular capaz de proporcionar energía gestionable utilizando una variedad de combustibles gaseosos, incluidos el gas natural, el gas natural renovable (GNR), el amoníaco verde y el hidrógeno verde. La compañía solicitó y ganó una subvención del Programa de Investigación de Energía de Interés Público de la Comisión de Energía de California para demostrar esta innovadora tecnología en 2017.

“Nuestro objetivo era implementar este enfoque novedoso en el sitio de un cliente para ilustrar el prolongado tiempo de actividad del sistema, las bajas emisiones y la alta eficiencia eléctrica durante nueve meses”, detalló Adam Simpson, director de producto y fundador de Mainspring Energy.

Mainspring implantó la unidad en Food 4 Less, un supermercado de la marca Kroger, en Colton, California.

SoCalGas brindó un valioso apoyo al proyecto, aportando \$100,000 en fondos de contrapartida y facilitando una rápida interconexión a su red de gas natural. “Fue maravilloso trabajar con ellos”, dijo Simpson. “Este proyecto permitió a SoCalGas evaluar una de las primeras instalaciones de nuestro generador lineal con miras a su posible compra para aplicaciones en algunos de sus propios sitios. En términos más generales, nos ayudó a entender la tecnología para que pudiéramos promover mejor su adopción



Mainspring Energy implantó su generador lineal modular en Food 4 Less, supermercado de la marca Kroger en Colton, California.



El núcleo del generador lineal: Un generador lineal es un dispositivo electromecánico que convierte directamente el movimiento lineal en electricidad utilizando energía química o térmica.

El ciclo de generación de electricidad: **1.** Una mezcla de aire y combustible se comprime en la zona de reacción central hasta que se produce una reacción a baja temperatura. **2.** La reacción impulsa los dos osciladores, que transportan imanes, a través de bobinas de cobre, produciendo directamente electricidad a través del movimiento lineal. **3.** Los resortes neumáticos exteriores se comprimen para devolver los osciladores para el siguiente ciclo.

por parte de una amplia gama de clientes que buscan confiabilidad y resiliencia de energía de bajas emisiones.”

El generador lineal consta de un cilindro de reacción central, dos osciladores opuestos y dos resortes neumáticos exteriores. Cada oscilador incorpora imanes para la producción de electricidad utilizando bobinas de cobre que rodean partes del generador. Para este proyecto, Mainspring instaló un generador lineal modular de 230 kilovatios (kW) conectado a la red que funciona con gas natural.

El ciclo de funcionamiento del generador comienza con la compresión de una mezcla de combustible y aire en el cilindro de reacción. Esta reacción es impulsada por la energía almacenada en los resortes neumáticos del ciclo anterior. La compresión continúa hasta que se produce una reacción de baja temperatura sin combustión de forma uniforme, sin quema ni llamas. La reacción hace que los osciladores se muevan hacia afuera.¹³ “Una parte de la energía cinética se convierte directamente en electricidad a través de las bobinas de cobre y el resto se almacena en los resortes neumáticos para el siguiente ciclo de compresión”, explicó Simpson.

La reacción a baja temperatura del sistema logra una alta eficiencia termodinámica y emisiones cercanas a cero. “Al eliminar la necesidad de llama, también mantiene la

temperatura máxima muy por debajo del umbral para la formación de NOx”, añadió Simpson. “Eso, a su vez, elimina la necesidad de cualquier equipo de postratamiento de NOx.”

La demostración resultó ser muy exitosa. El generador lineal proporcionó energía gestionable las 24 horas del día durante toda la demostración de nueve meses. El sistema produjo 230 kW de potencia neta de CA cuando la carga de construcción era suficiente y seguía la carga de construcción cuando caía por debajo de los 230 kW.¹⁴

“La tecnología de generador lineal de Mainspring ha permitido a nuestro negocio controlar mejor los gastos de electricidad y reducir su huella de carbono”, afirmó Jeff Guth, director regional de construcción, en The Kroger Co. “Ya hemos comenzado a adoptar esta tecnología en otros lugares de nuestra empresa para expandir este programa.”

En el futuro, el generador lineal tiene un gran potencial. “Debido a que es flexible en cuanto al combustible, los usuarios finales pueden cambiar a combustibles más limpios como el GNR o el hidrógeno verde a medida que estén disponibles”, aseveró Simpson. “Esta flexibilidad les permite seleccionar el combustible con la mayor abundancia, el menor costo y la menor intensidad de carbono en un momento dado”. Los generadores también son portátiles, lo que permite a los usuarios finales colocarlos

exactamente donde se necesita energía y combinar múltiples unidades de 230 kW en sistemas más grandes a escala de megavatios.

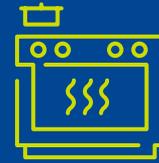
“La tecnología puede proporcionar valiosos beneficios a la red eléctrica. “Con nuestros generadores gestionables, los usuarios finales pueden reducir la electricidad a medida que aumenta la generación solar en el sitio, desconectar la corriente eléctrica mientras el sistema fotovoltaico exporta electricidad y luego restablecer la corriente cuando la energía solar en el sitio se deja de producir”, explicó Simpson. “A los clientes les gusta esta flexibilidad porque no solo proporciona ahorros de costos al tiempo que maximiza el valor de su energía solar, sino que también ayuda a desplazar o compensar la corriente eléctrica de la red proveniente de centrales eléctricas más sucias”.

Mainspring Energy aprendió valiosas lecciones de este proyecto y pudo desarrollar mejoras de diseño que espera que aumenten la potencia, la eficiencia y la confiabilidad al tiempo que reducen los costos. “Desde que completamos el proyecto, hemos visto un interés significativo en el mercado por parte de corporaciones nacionales y multinacionales y hemos podido recaudar capital para un lanzamiento sostenido al mercado”, dijo Simpson. “Tanto desde nuestra perspectiva como desde la perspectiva del cliente, el proyecto fue un gran éxito”.



PROGRAMA:

APLICACIONES DE USO FINAL POR EL CLIENTE



Este programa se centra en el desarrollo, la demostración y la comercialización de tecnologías que en forma económica mejoran la eficiencia y reducen los efectos en el medio ambiente de equipo de gas utilizado en entornos residenciales, comerciales e industriales.

Este programa incluye cinco subprogramas:

Innovación avanzada

Este subprograma busca desarrollar nuevas tecnologías no tradicionales para aumentar la eficiencia energética y disminuir las emisiones. Las aplicaciones relevantes incluyen termostatos inteligentes, sensores, tecnologías avanzadas de construcción y aprendizaje automático.

Aplicaciones comerciales

Este subprograma desarrolla y mejora tecnologías y avances relacionados con el consumo de gas y usos finales en el sector comercial. Entre las aplicaciones de relevancia se incluyen sistemas comerciales de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC, por sus siglas en inglés), servicio de agua caliente y lavandería comercial.

Servicio comercial de preparación de alimentos

Este subprograma desarrolla y mejora tecnologías y avances relacionados con el servicio comercial de preparación de alimentos. Esto incluye restaurantes, servicios de catering y cocinas institucionales que dependen principalmente del combustible que suministra SoCalGas para cocinar y calentar agua.

Equipo para procesos industriales

Este subprograma desarrolla tecnologías y sistemas avanzados de calentamiento para utilizarse en el sector industrial. En particular, el sector de usos finales de calor de procesos industriales representa uno de los mayores usuarios de combustibles gaseosos y las aplicaciones más difíciles de descarbonizar. Entre los ejemplos se incluyen procesamiento de alimentos, manufactura, producción de cemento, procesamiento químico, secado de textiles y agricultura.

Aparatos residenciales

Este subprograma desarrolla, demuestra y mejora tecnologías y avances relacionados con aparatos que consumen gas en el hogar. Entre los aparatos de relevancia se incluyen calefactores, calentadores de agua, estufas, hornos y secadoras.



Se genera nuevo conocimiento al desglosar los silos de datos industriales con la digitalización

METRON, ACTOR CLAVE EN LA “INDUSTRIA DEL FUTURO”, ESTÁ REDUCIENDO EL CONSUMO DE ENERGÍA, AYUDANDO A REDUCIR LAS FACTURAS DE SERVICIOS PÚBLICOS Y DISMINUYENDO LA HUELLA DE CARBONO.

COSTO TOTAL DEL PROYECTO: \$481,460
SOCALGAS: \$481,460
COFINANCIAMIENTO: \$0



METRON busca echar abajo los silos de datos en instalaciones industriales, lo que ayuda a los usuarios a entender y analizar datos en tiempo real y adquirir conocimientos procesables a escala de máquina o activo.

El mundo se encuentra en medio de una conmovición tecnológica, una cuarta revolución industrial impulsada por la creciente interconectividad y la automatización inteligente. Esta transición tiene el potencial de desbloquear enormes aumentos en la eficiencia energética de muchos procesos industriales, con lo que se reducen las facturas de energía y disminuye la huella de carbono.

El mayor desafío asociado con esta transición es la recopilación de datos. No obstante, la sola cantidad de fábricas, instalaciones y plantas de generación eléctrica heredadas que carecen de dispositivos o sensores conectados hace que la recopilación adecuada de datos sea bastante difícil.

Para hacer frente a este desafío, la empresa de tecnología de energía METRON ha creado un innovador producto de software como servicio (SaaS, por sus siglas en inglés) y un conjunto de estrategias. “Establecimos METRON para derribar los silos de datos que existían dentro de las instalaciones industriales y llevar los datos a múltiples usuarios”, aseveró

Pierre Groleau, gerente general para América del Norte en METRON. “Nuestro objetivo era proporcionar un conjunto de herramientas que ayudara a los usuarios a entender y analizar datos en tiempo real y adquirir conocimientos procesables a escala de máquina o activo.”

La tecnología de METRON aporta un enorme valor cuando se instala en una instalación industrial. En 2020, la compañía colaboró con SoCalGas para identificar un sitio de demostración adecuado entre los grandes clientes de la empresa de gas. Después de un análisis, METRON seleccionó a The Gill Corporation, fabricante líder de materiales compuestos de alto rendimiento y productos para la industria aeroespacial, el transporte y otras.

Al inicio del proyecto, The Gill Corporation no poseía un sistema centralizado de gestión de energía para monitorear o visualizar el consumo de energía de la compañía. “Con este proyecto, nuestro objetivo era comprender mejor y optimizar el rendimiento del sistema y los flujos de energía, con un enfoque particular en el gas y la electricidad”, dijo Groleau. “Nuestro objetivo final era reducir los costos de energía”.

El trabajo en el proyecto comenzó con un análisis detallado de las fuentes de datos y hardware existentes en el sitio, seguido por la agregación de datos para observación inmediata. “Enseguida buscamos de manera meticulosa deficiencias en el flujo de datos que impedían la plena digitalización del desempeño de la instalación”, señaló Groleau. Al finalizar este análisis, METRON desarrolló una hoja de ruta de digitalización en la que se identificaron los sensores y el hardware asociados necesarios para subsanar los vacíos de datos.

Una vez instalados los sensores, METRON implantó su ecosistema de software y prestó servicios profesionales

para impulsar ahorros significativos en el consumo de energía y reducciones de emisiones.

El éxito del proyecto fue el resultado directo de la colaboración positiva entre METRON, The Gill Corporation y SoCalGas. A través de su participación en este proyecto, The Gill Corporation pudo identificar un ahorro anual estimado por la cantidad de \$150,000 –alcanzables mediante una inversión de capital de \$100,000– con una reducción de 6% en la factura anual de servicios públicos de la instalación por \$2,685,000 y una disminución en las emisiones de CO₂ de casi 1,000 toneladas métricas al año. Para validar tales cifras, SoCalGas encomendó a una organización externa de medición y verificación que las verificara.

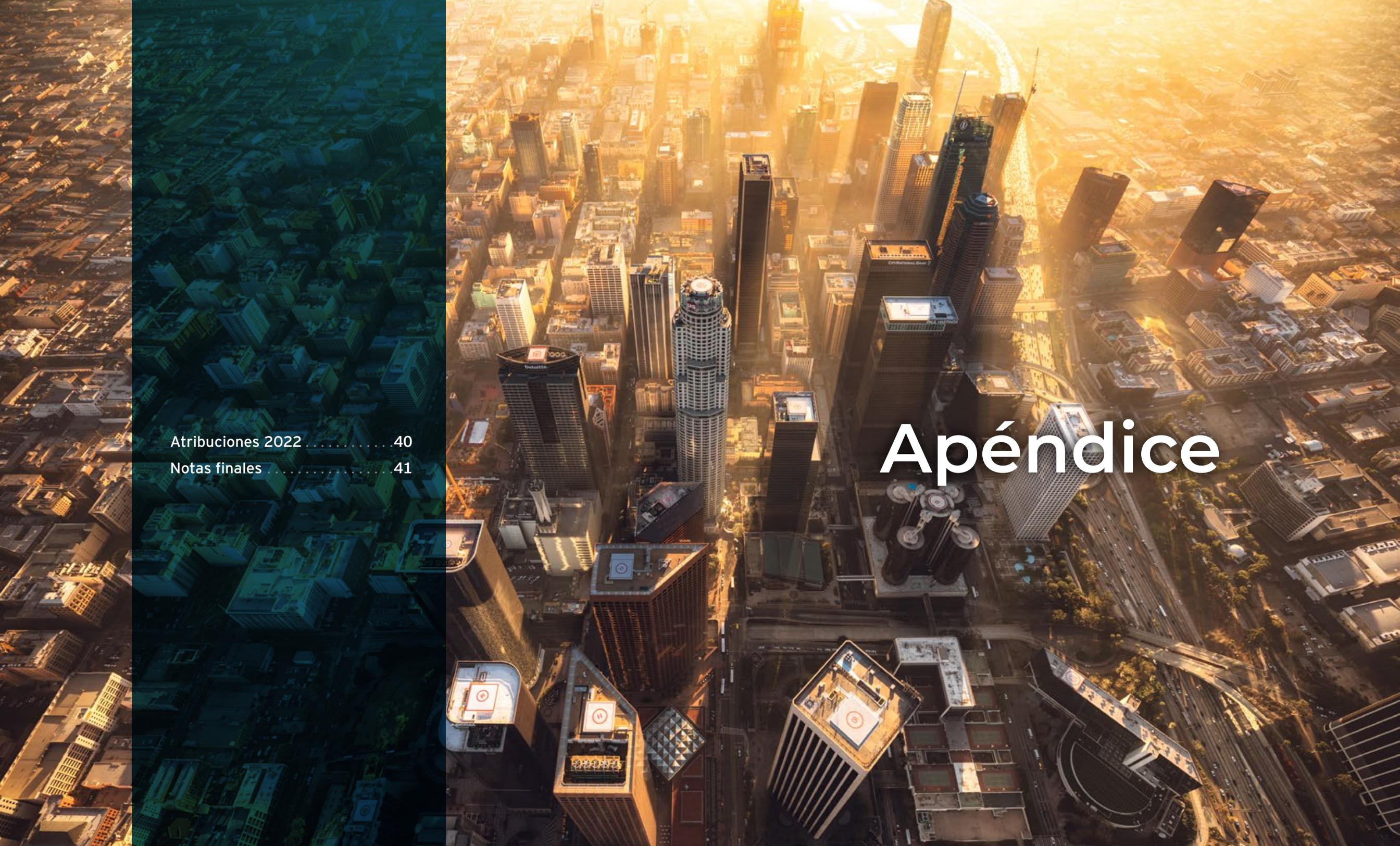
Al demostrar su tecnología en condiciones reales, METRON obtuvo valiosos conocimientos acerca de los parámetros

que más consumen energía y supo dónde comenzar a desplegar recursos para crear modelos de energía y optimizaciones para beneficios a largo plazo. Ubicar el proyecto en el territorio de servicio de SoCalGas abrió un nuevo mercado para METRON, con una cantidad considerable de posibles usuarios finales industriales.

“Ya habíamos comenzado los esfuerzos de comercialización en el mercado estadounidense”, dijo Groleau. “Por medio de la relación que construimos con SoCalGas y nuestro éxito en este proyecto, hemos ganado tracción adicional”. METRON ahora puede acercarse a otros clientes dentro de la cartera de SoCalGas con propuestas para digitalizar sus instalaciones e implementar soluciones de gestión de energía que puedan escalar a bajo costo de capital. “Eso nos beneficia a nosotros, a SoCalGas y a sus clientes industriales.”



The Gill Corporation es fabricante líder de materiales compuestos de alto rendimiento para la industria aeroespacial, el transporte y otras.



Atribuciones 2022	40
Notas finales	41

Apéndice

Atribuciones 2022

Página 5: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/speeches-remarks/2021/01/27/remarks-by-president-biden-before-signing-executive-actions-on-tackling-climate-change-creating-jobs-and-restoring-scientific-integrity/>

Página 6: <https://www.utilitydive.com/news/iea-12-trillion-in-low-carbon-hydrogen-funding-needed-to-reach-global-ne/607667/>

Página 9: <https://newsroom.socalgas.com/press-release/socalgas-proposes-to-develop-united-states-largest-green-hydrogen-energy>

Notas finales

1. <https://education.nationalgeographic.org/resource/carbon-dioxide-levels-are-record-high-heres-what-you-need-know>
2. <https://public.wmo.int/en/media/press-release/more-bad-news-planet-greenhouse-gas-levels-hit-new-highs>
3. <https://sealevel.nasa.gov/understanding-sea-level/global-sea-level/thermal-expansion>
4. <https://www.nationalacademies.org/based-on-science/climate-change-global-warming-is-contributing-to-extreme-weather-events>
5. <https://www.lazard.com/media/451086/lazards-levelized-cost-of-energy-version-130-vf.pdf>
6. <https://www.worldwildlife.org/stories/the-good-news-about-climate-change>
7. <https://www.epa.gov/system/files/documents/2022-04/us-ghg-inventory-2022-main-text.pdf>
8. <https://www.socalgas.com/sustainability/renewable-gas/what-is-renewable-natural-gas>
9. <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/classic/research/apr/past/13-307.pdf>
10. <https://www.atenaweb.com/yard-trucks-at-port-of-l-a-in-carb-funded-clean-energy-project/>
11. <https://hydrogenyardtruck.com/>
12. https://subscribe.act-news.com/ZECAP_webinar
13. Simpson, Adam and Davidson, Keith. 2021. High-Efficiency and Ultra-low Emissions Linear Generator Demonstration Project in Southern California. California Energy Commission. Publication Number: CEC-500-202X-XXX.
14. Ibid.
15. <https://www.nysearch.org/index.php>
16. <https://otd-co.org/Pages/default.aspx>
17. <https://www.prci.org/>
18. <https://www.utd-co.org/Pages/default.aspx>

© 2023 Southern California Gas Company. Las marcas registradas son propiedad de sus respectivos dueños. Todos los derechos reservados.

Descargo de responsabilidad: La información contenida en este documento se pone a disposición únicamente con fines informativos. Aunque SoCalGas ha realizado esfuerzos razonables para garantizar la exactitud de la información en el momento de su inclusión, no se hace ninguna representación expresa o implícita de que esté libre de errores o sea adecuada para un uso o propósito en particular. SoCalGas no asume ninguna responsabilidad por el uso que usted haga de los mismos, y usted debe analizar las decisiones relacionadas con este tema con sus propios asesores y expertos.

