

Concentración Solar con Almacenamiento

Energía Solar Gestionable y Económica



SOLARRESERVE[®]

Santiago, abril de 2018

- Empresa dedicada exclusivamente al desarrollo de Proyectos de **Energía Solar** de gran tamaño, para la red eléctrica (utility scale)
- Con sede en **Santa Monica, CA**, Estados Unidos, y oficinas en Sudafrica, Australia, Santiago de Chile, Dubai y China.
- **Tecnología propia** de Concentración Solar de Potencia (CSP), con Almacenamiento Térmico mediante sales fundidas.
- Proyecto líder de 110 MW **Crescent Dunes** en Tonopah, Nevada, USA: En operación comercial (COD) desde Noviembre 2015
- Proyectos en Sudáfrica, Australia, Estados Unidos y Chile
- Plantas fotovoltaicas: 246 MW en operation en Sud Africa
- Proyectos fotovoltaicos en Guyana, Centroamérica y USA



SolarReserve desarrolla proyectos para entregar energía Solar gestionable, 24 horas al día, a un precio competitivo con otras tecnologías

Proyecto líder de 110 MW Crescent Dunes en Tonopah, Nevada, USA, en operación comercial

En Australia: Proyecto Aurora de 150 MW adjudicado, PPA firmado. Comienzo de construcción en 2018, COD en 2021

USA
SANTA MONICA, CA (HQ)
NEW YORK

CRESCENT DUNES
Tonopah, Nevada, USA
110 MW + 10 HOURS STORAGE

SPAIN
MADRID

TURKEY
ISTANBUL

UAE
DUBAI

CHINA
4,000 MW OF PRELIMINARY AGREEMENTS

AUSTRALIA
PERTH

AURORA
Port Augusta, South Australia
110 MW + 8 HOURS STORAGE

DEVELOPMENT ACTIVITY
OPERATING
PPA AWARDED
ADVANCED DEVELOPMENT

OFFICE
CONCENTRATING SOLAR POWER PROJECTS (CSP)
PHOTOVOLTAIC SOLAR POWER PROJECTS (PV)

CHILE
SANTIAGO

COPIAPO, Atacama Region, Chile
260 MW BASELOAD + 13 HOURS STORAGE

TAMARUGAL, Tarapaca Region, Chile
390 MW BASELOAD + 13 HOURS STORAGE

LIKANA, Antofagasta Region, Chile
390 MW BASELOAD + 13 HOURS STORAGE

En Chile, mas de 1.000 MW CSP en desarrollo avanzado, con aprobación ambiental

SOUTH AFRICA
JOHANNESBURG

REDSTONE, Northern Cape, South Africa
100 MW + 12 HOURS STORAGE

LETSATSI, Free State, South Africa
75 MW

LESEDI, Northern Cape, South Africa
75 MW

JASPER, Northern Cape, South Africa
96 MW

HERTZGOVILLE, Free State, South Africa
50 MW

ROOIPUNT, Northern Cape, South Africa
150 MW + 12 HOURS STORAGE

KOTULO TSATSI, Northern Cape, South Africa
150 MW + 12 HOURS STORAGE

ARRIESFONTEIN SOLAR PARK
Northern Cape, South Africa
75 MW - WILGER
75 MW - ARRIESFONTEIN

KALKAAR, Free State, South Africa
150 MW + 12 HOURS STORAGE

En Sud Africa: Proyecto Redstone de 100 MW adjudicado y PPA firmado, comienzo de construcción en 2018 Participando en ronda 4.5 con tres proyectos CSP de 150 MW - 246 MW PV en operacion

Proyectos en Chile

Solar energy with integrated storage

Tamarugal

390 / 450 MW + 13 Hours Storage
Output: 2,550 GWh/yr

Likana

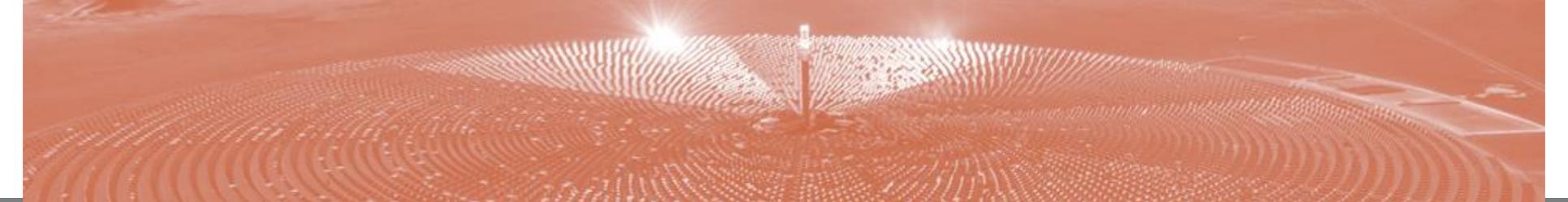
390 / 450 MW+ 13 Hours Storage
Output: 2,870 GWh/yr

Copiapó

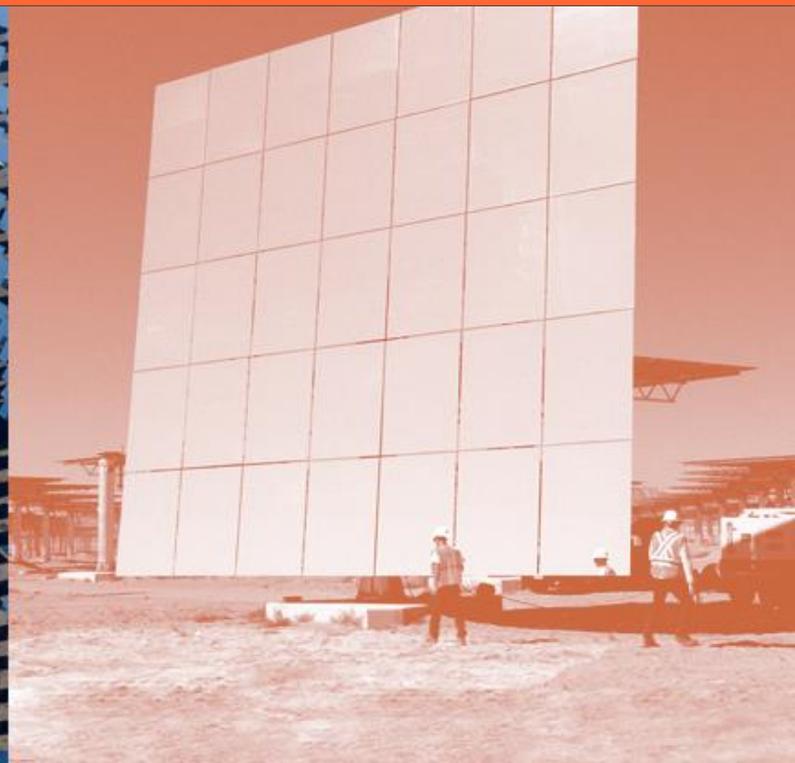
260 / 300 MW+ 13 Hours Storage
Output: 1,870 GWh/yr

- Proyectos CSP
- Capacidad adicional para planta FV

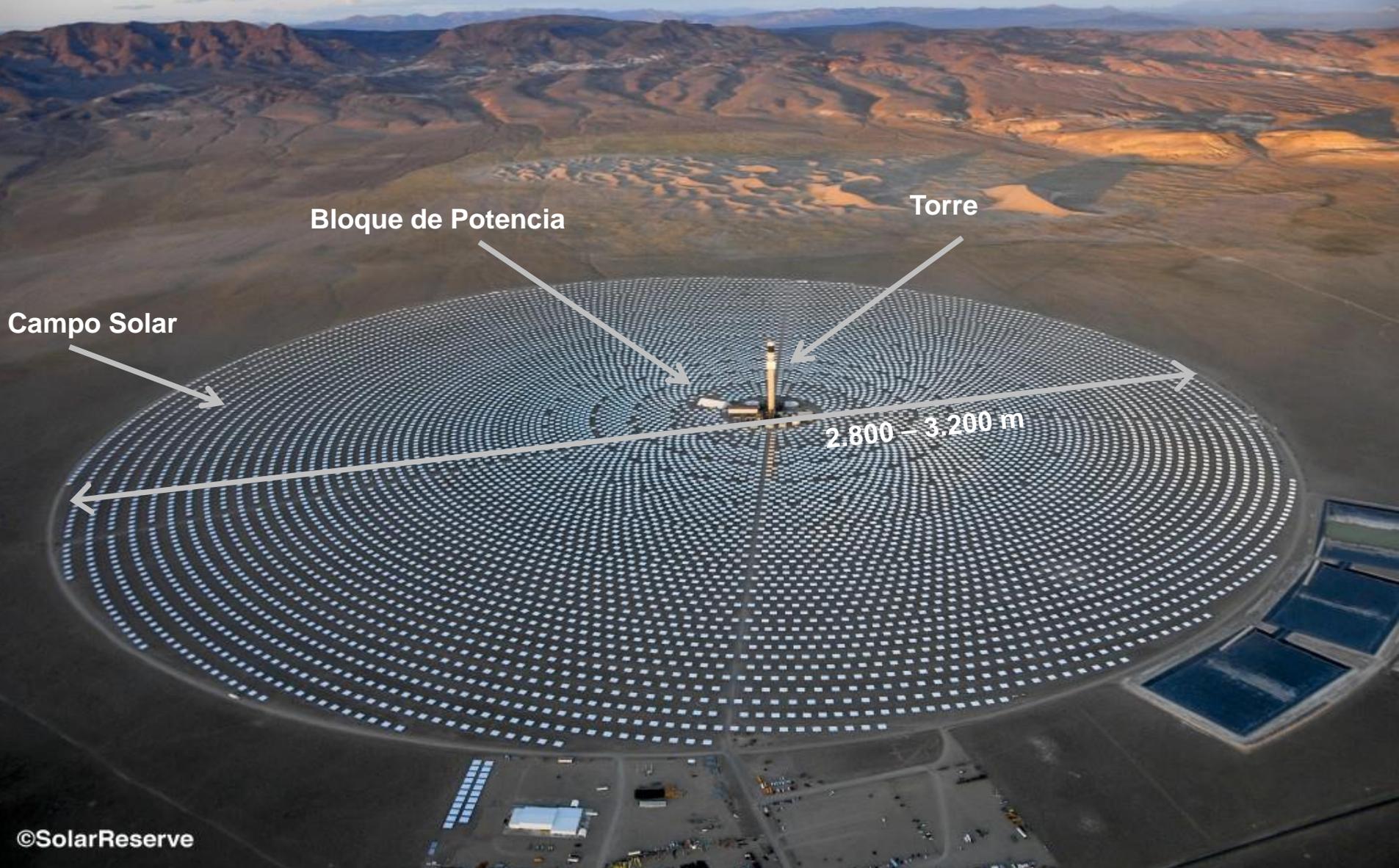




TECNOLOGÍA DE CONCENTRACIÓN SOLAR DE POTENCIA (CSP)
CON ALMACENAMIENTO TÉRMICO

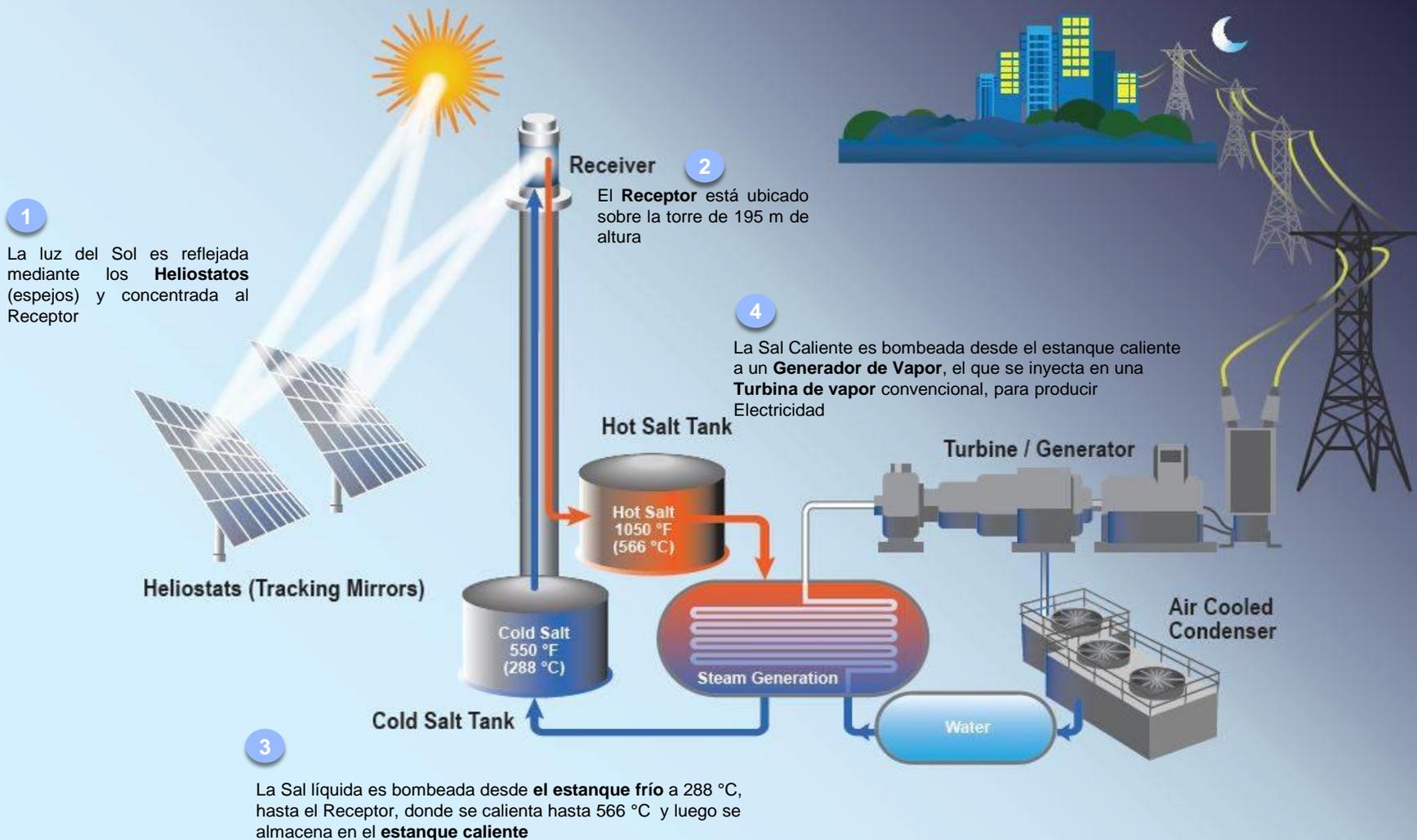


Planta de CSP con Almacenamiento



La Tecnología CSP con Almacenamiento

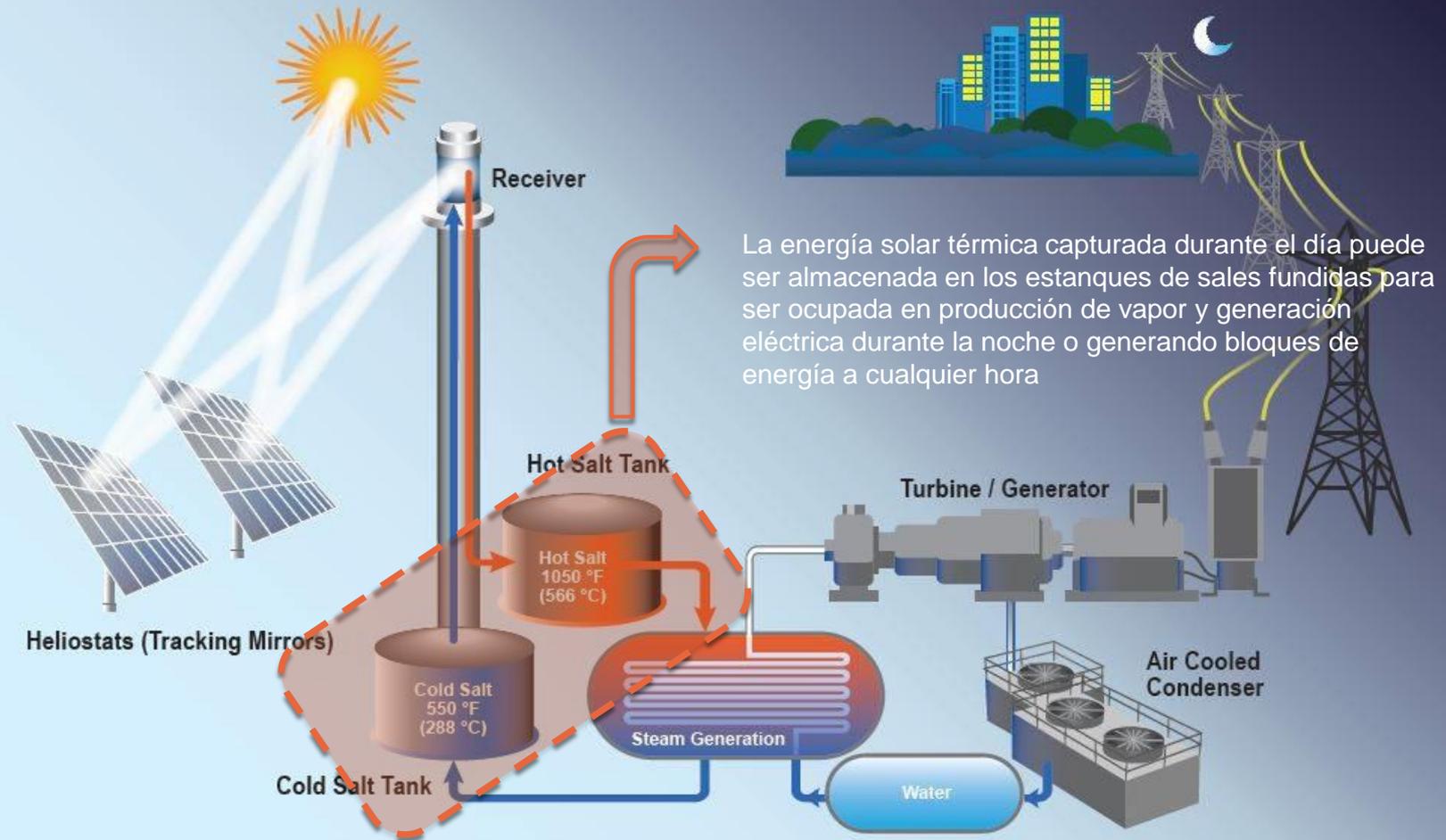
Solar energy with integrated storage



La Tecnología CSP con Almacenamiento

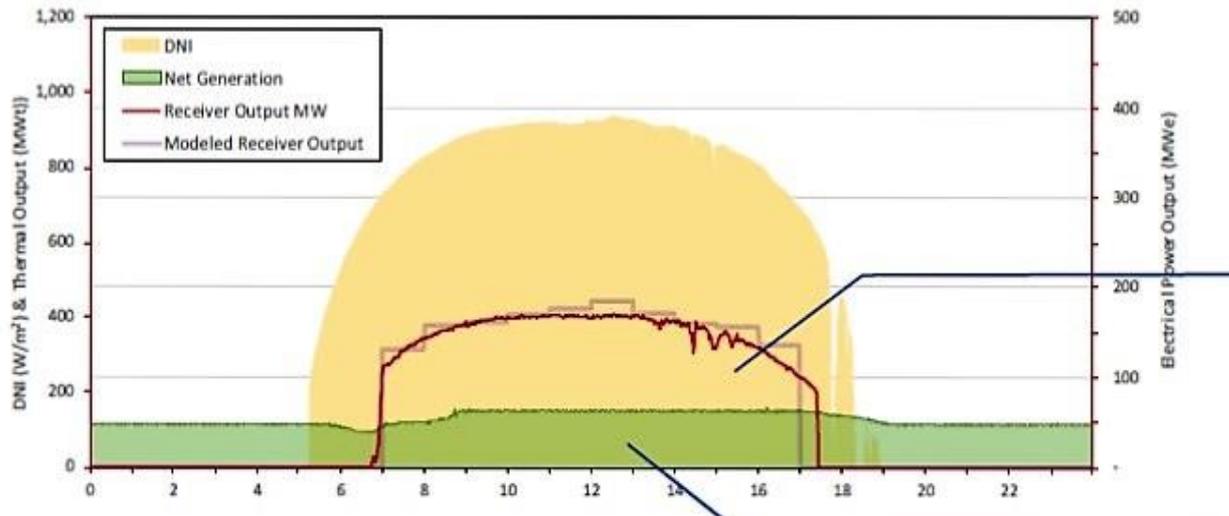
Solar energy with integrated storage

Clave: El Almacenamiento



La energía solar térmica capturada durante el día puede ser almacenada en los estanques de sales fundidas para ser ocupada en producción de vapor y generación eléctrica durante la noche o generando bloques de energía a cualquier hora

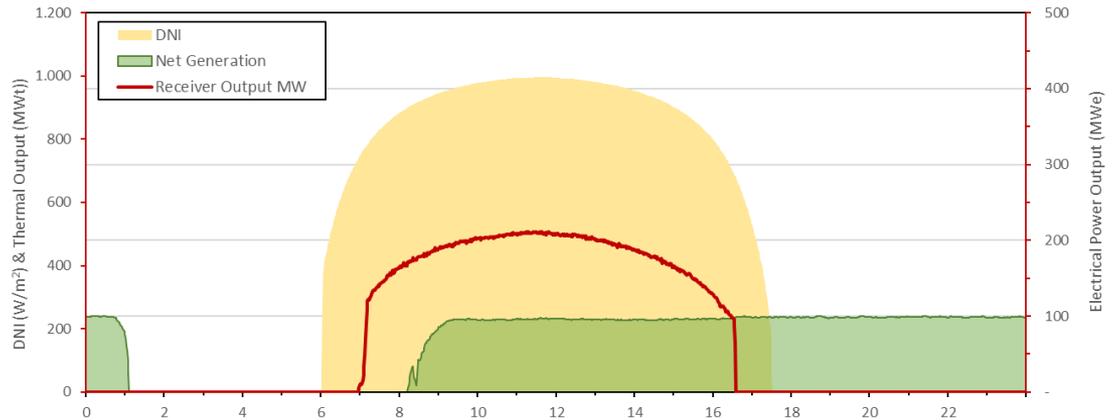
Si se quiere avanzar en el objetivo de que al 2040 se logre una matriz energética 100% limpia y renovable, se debe resolver la necesidad de una mayor flexibilidad para acomodar la variabilidad de energía solar y eólica.
(Hugh Rudnik)



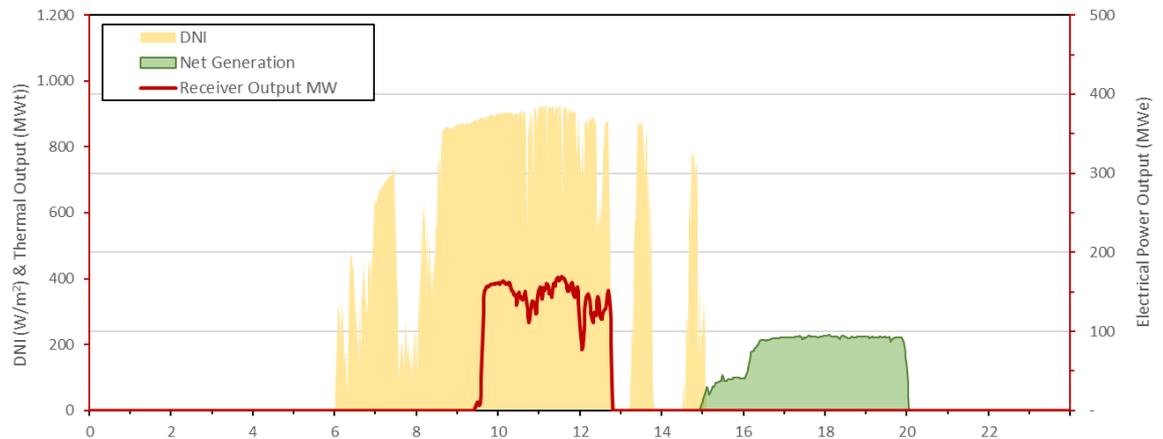
Producción continua de electricidad 24 horas al día solo con energía solar?

Energía Gestionable

- La Energía capturada por el campo solar puede ser inyectada en forma de electricidad durante las horas de sol, y continuar inyectando **durante la tarde y la noche**

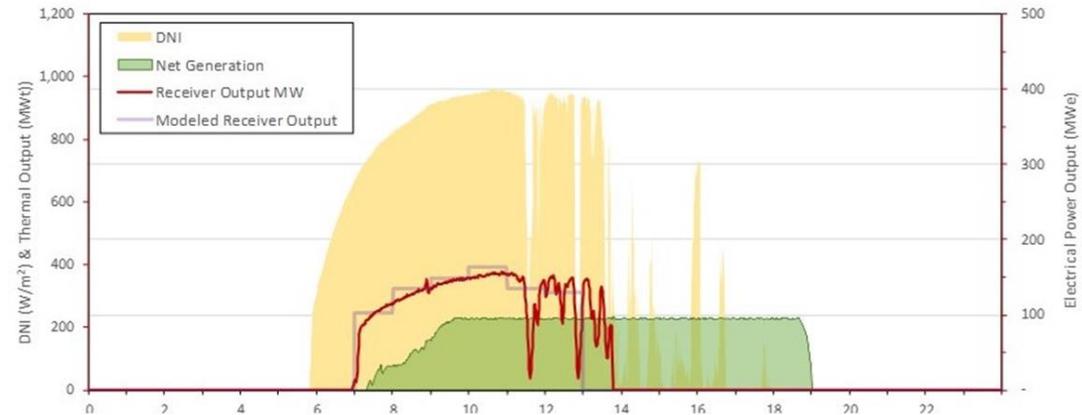
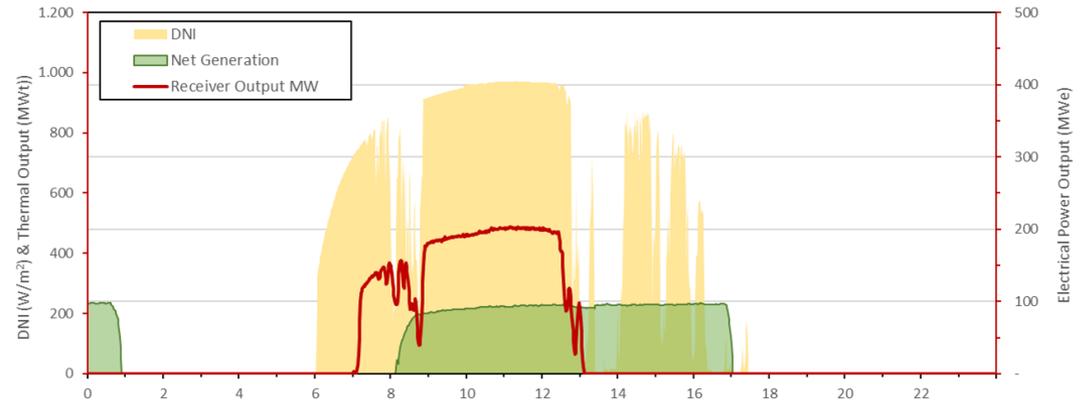


- La Energía puede ser capturada y Almacenada durante el día y puede ser inyectada como un **bloque de energía** a cualquier otra hora, cuando sea necesario



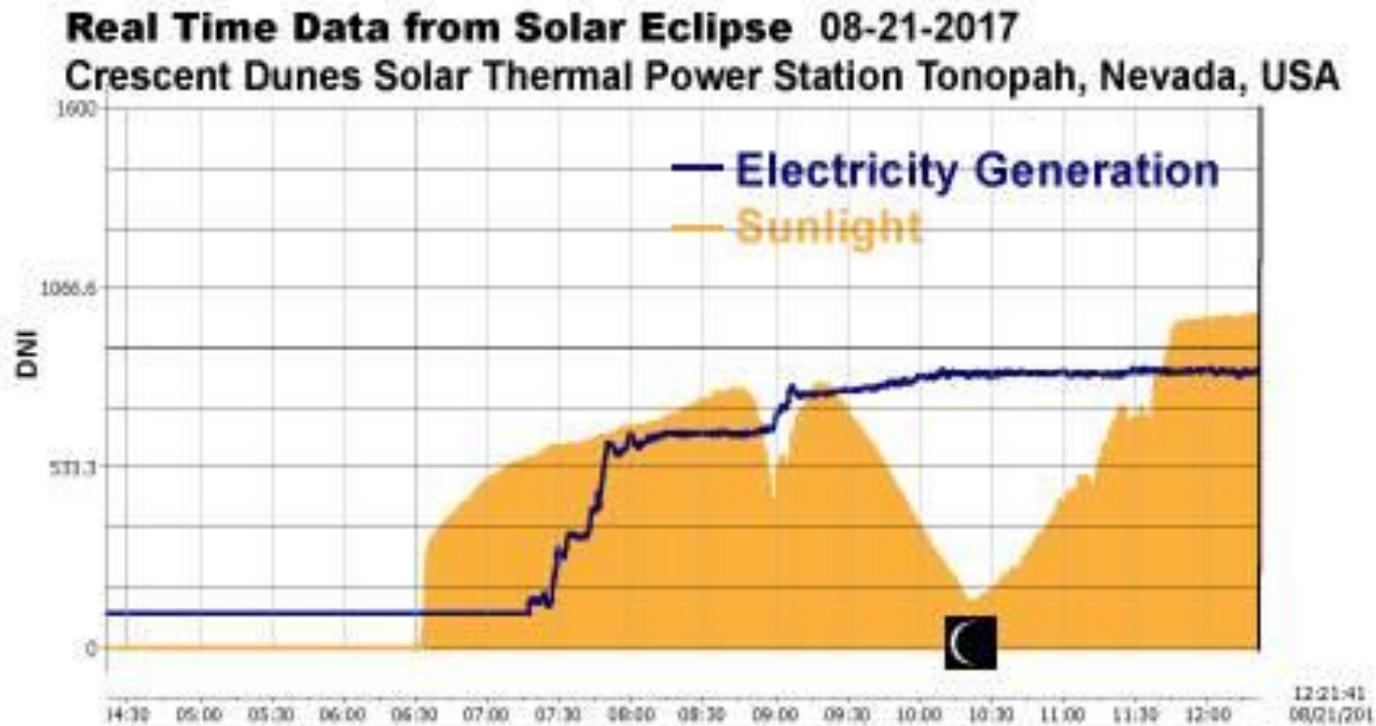
Estabilidad

- Frente a **variaciones bruscas e inesperadas** de la irradiación solar, el output (generación) se mantiene **estable**
- ...y continua generando aun cuando la irradiación desaparece por completo...(se ha nublado)
- Se sabe cuanta energía hay almacenada en el tanque caliente, por lo que el bloque de generación es conocido y se puede **programar**

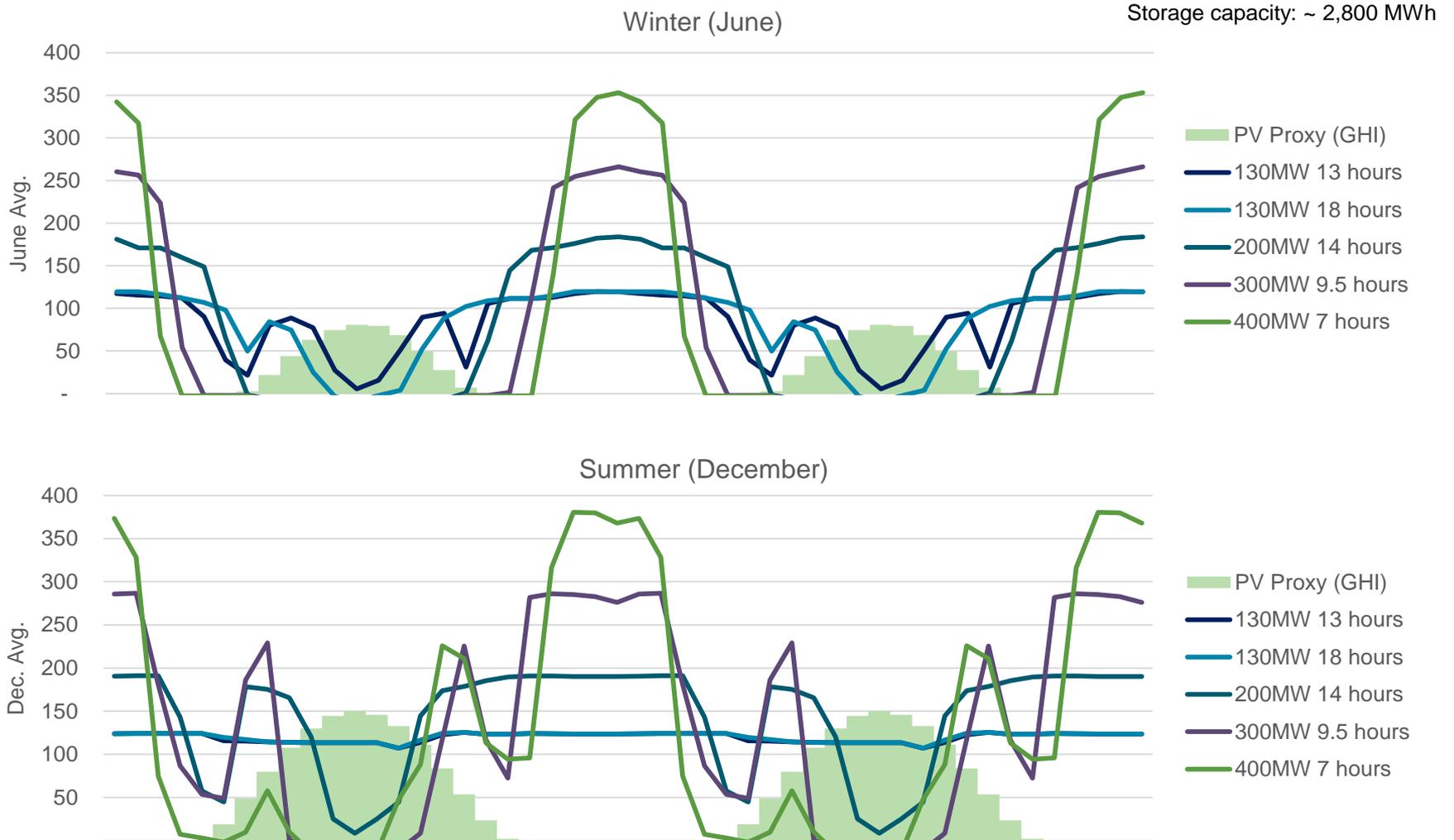


Estabilidad

- Producción continua y estable durante el eclipse de sol del 21 de Agosto
- Curvas reales de operación de la planta CSP Crescent Dunes



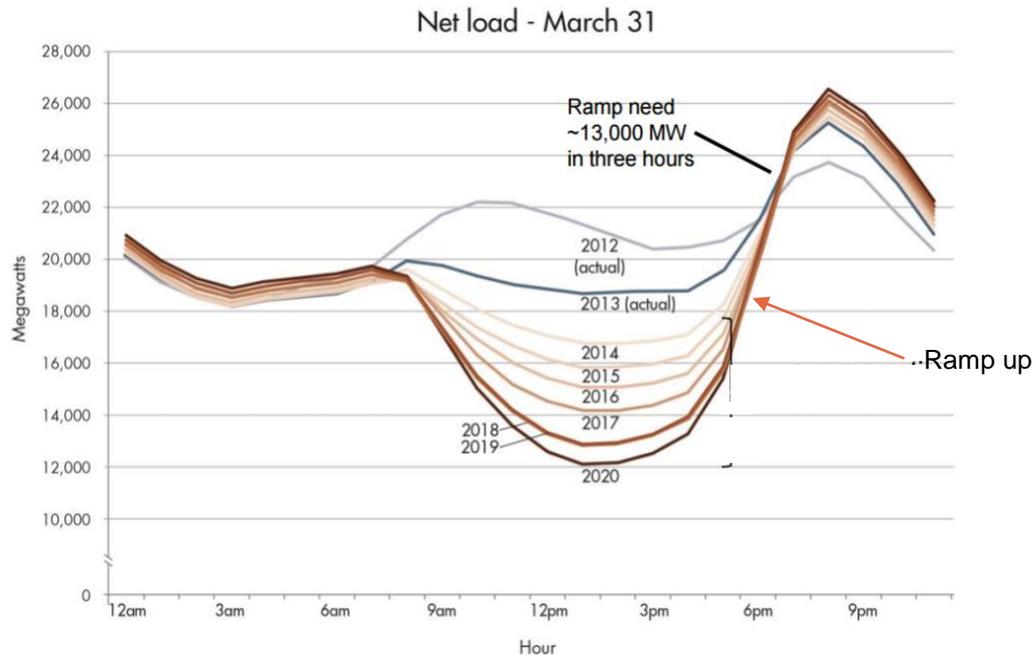
Aumentando la capacidad del bloque de potencia, se puede obtener la curva de generación deseada, para acercar la planta a una operación económica óptima



Almacenamiento / Complementariedad

Solar energy with integrated storage

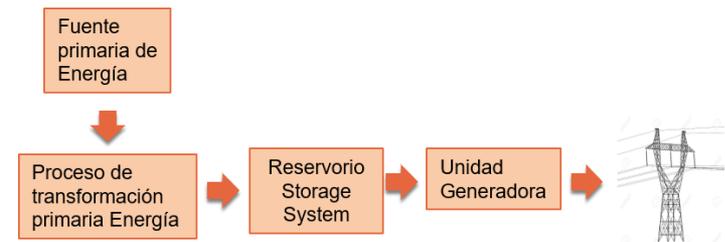
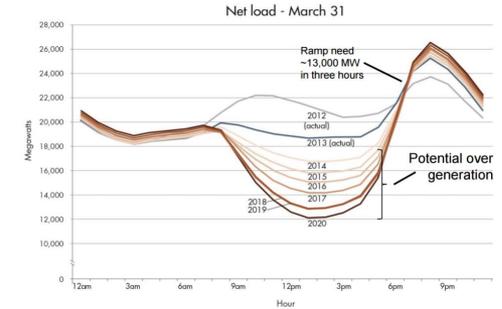
- En sistemas con gran penetración de plantas fotovoltaicas, se produce una sobreoferta de energía durante el día, la que disminuye bruscamente al atardecer, cuando las plantas fotovoltaicas dejan de generar.
- Esa disminución de la capacidad de generación fotovoltaica debe ser asumida por plantas de energía de base, en una rápida y masiva toma de carga (ramp-up).
- A su vez, la sobreoferta de energía fotovoltaica durante las horas de sol obliga a las plantas de energía de base a operar en mínimo técnico, o a su desconexión.
- Esa forma de operación del Sistema se conoce como curva del pato (Duck curve), y sus consecuencias más directas son alto nivel de ciclaje y elevados costos marginales en horas de no producción FV:



Almacenamiento / Complementariedad

- Para resolver los problemas de la curva del pato, se deben instalar sistemas de almacenamiento, que permitan guardar parte de la energía producida durante el día, para despacharla durante las horas de ausencia de sol.
- El almacenamiento puede ser provisto por sistemas que obtienen la energía almacenada desde la red, como sistemas de baterías (BESS), para almacenamiento de corta duración o plantas hidroelectricas de bombeo, o baterias de sales térmicas (ESB) para períodos mas largos
- O puede ser mediante sistemas que almacenan la energía primaria para despacharla en las horas de mayor necesidad, como hidroelectricas de embalse o Centrales CSP con almacenamiento térmico

Solar energy with integrated storage



La producción de las plantas de Concentración Solar con Almacenamiento Térmico, es Complementaria a la producción de las plantas FotoVoltaicas

Precio de la Energía Competitivo

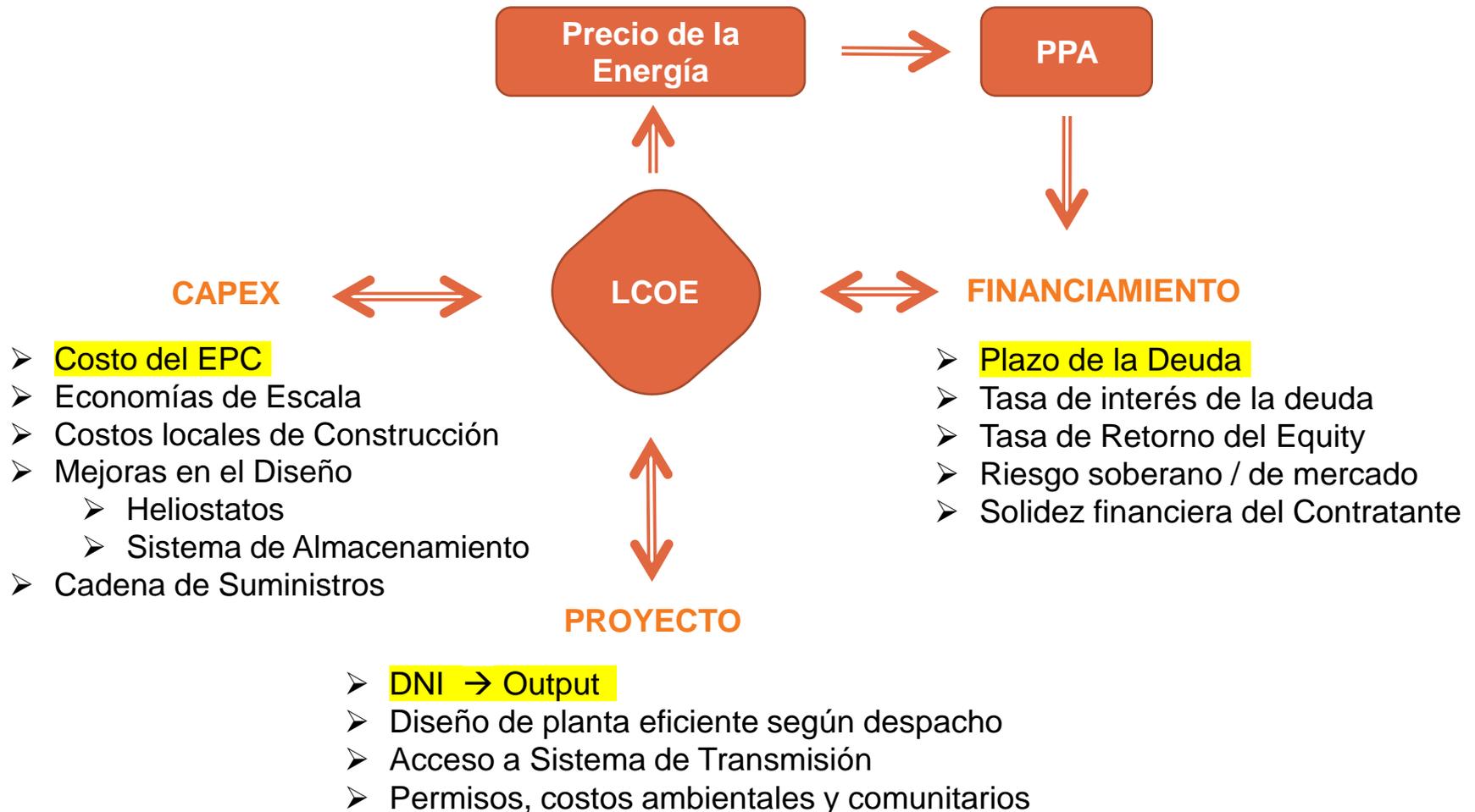
- El precio de venta de la energía de las plantas CSP con almacenamiento ha cambiado mucho en los últimos años, debido a varios factores, tanto técnicos como financieros.
- Desde los **135 US\$/MWh** de Crescent Dunes en 2010 los **190 US\$/MWh** de NOOR I en Marruecos, en 2012, los **163 US\$/MWh** en NOOR III en 2015, y los **135 US\$/MWh** de Redstone en 2015, se ha bajado considerablemente a los **64 US\$/MWh** de SolarReserve en Chile en 2016, los **73 US\$** de ACWA en Dubai en 2017, aprox. **71 AUS\$** de SolarReserve en Australia en 2017, hasta los **48 US\$** de SolarReserve en Chile en Octubre de 2017
- Estos precios no son siempre comparables entre si, básicamente porque están influenciados por características propias de cada contrato, como:
 - El precio de la Potencia
 - Plazo del contrato PPA
 - Precio de los bonos verdes o subsidios
 - Participación como inversionista de entidades gubernamentales / equity local
 - Requerimientos de componente local
 - Moneda del contrato
 - La irradiación solar (DNI) propia de la localización del proyecto
- Sin embargo, la tendencia a la baja del precio de la energía proveniente de plantas CSP con almacenamiento es clara y se mantendrá en el futuro...

Cuales son los factores que influyen en el precio de la energía de una Planta CSP con Almacenamiento?

Precio / Competitividad

Solar energy with integrated storage

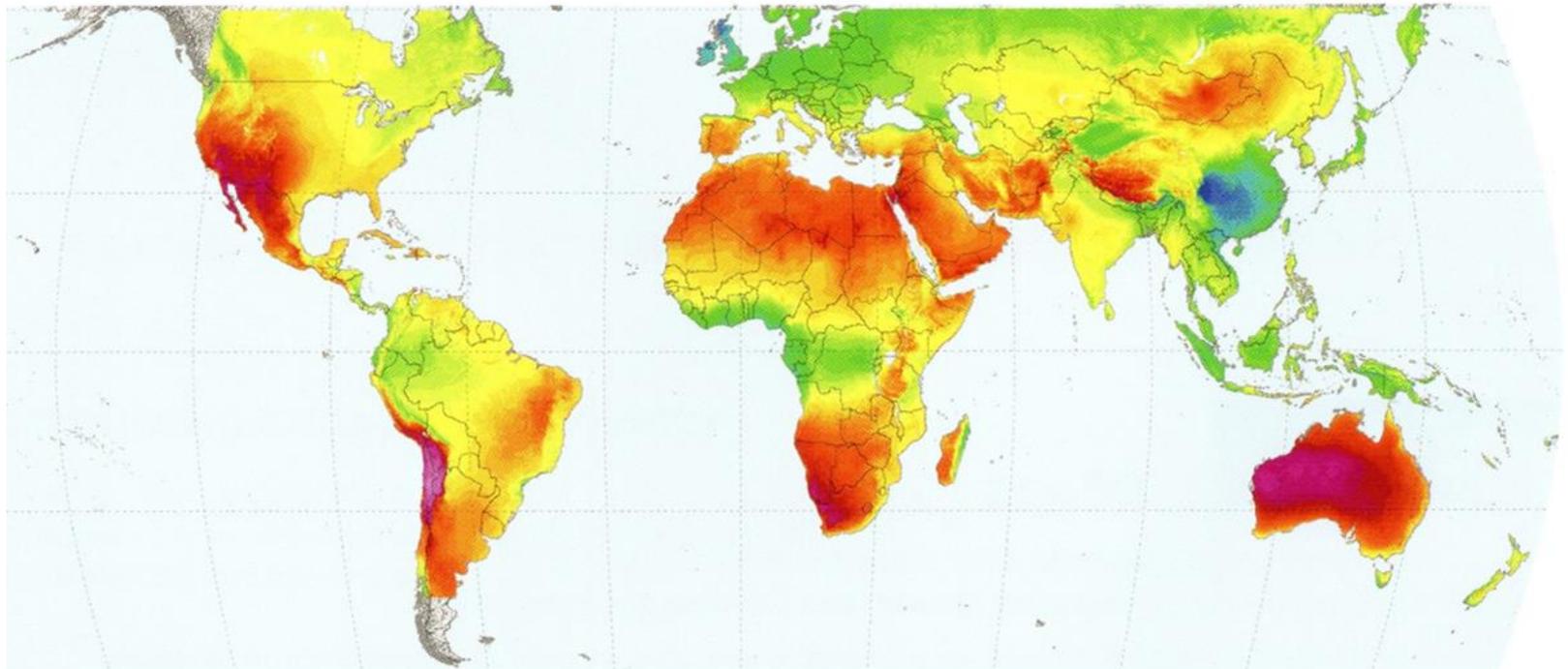
Que factores determinan el precio?



DNI → Output

- En Chile se encuentra el mas alto nivel de irradiación solar (DNI) del mundo
- Hasta 3,700 KWh/m²-año, comparado con Nevada (2,700), Sevilla (2,600), Marruecos (2,300)

Direct Normal Irradiation
A snapshot of the SolarGIS database as of April 2014



Long-term average of annual sum of direct normal irradiation



- Ubicada en Nevada, USA, cerca del pueblo de Tonopah
- Tecnología CSP Torre central con almacenamiento térmico
- Potencia nominal 110 MW
- Mayor planta en el mundo en operación con esta tecnología
- 14 hrs de almacenamiento
- Producción: 500.000 MWh/año (55% CF)
- En operación comercial desde noviembre de 2015







- La tecnología de plantas CSP de SolarReserve, con almacenamiento intradiario, desplaza parte de la energía capturada durante el día para ser inyectada a otras horas, incluyendo la noche, lo que entrega a las plantas CSP la capacidad de **Gestionabilidad** de la energía, pudiendo **generar en base**, inyectando energía al sistema eléctrico las 24 horas del día o entregar bloques de energía.
- La **gestionabilidad** del almacenamiento térmico permite entregar el **respaldo** que requieren las **fuentes intermitentes y/o variables de energía**, como PV y eólica, lo que hace a las plantas CSP **complementarias** a las plantas Fotovoltaicas, y permite un uso más eficiente de los sistemas de transmisión.
- El **precio** de la energía proveniente de una planta CSP con almacenamiento térmico ya es muy **competitivo**, dependiendo de las condiciones particulares del proyecto y del contrato. Las mejores condiciones son:
 - Alto nivel de **irradiación** (DNI) en el sitio del proyecto
 - Contrato (PPA) de **largo plazo** (15 – 20 años)
 - Gran **volumen de energía** contratada, para hacer viable dos o tres torres
- La energía producida es **100% renovable**, lo que permite mejorar la huella de carbón e incorporar atributos de **sustentabilidad** a la industria nacional, como el Cobre Verde para la minería, mejorando la **competitividad** del producto minero, a un precio similar al actual, sin esos atributos.

SolarReserve Chile

Rosario Norte 532

Of. 504

Las Condes

Santiago

Phone: +562 2955 8450

Email: Infochile@SolarReserve.com

www.SolarReserve.com

