

<b>Compañía</b>	Quintero Energía SpA
<b>Designación del sitio</b>	Central Térmica Ventanas
<b>Tipo de operación</b>	Central térmica de carbón (Unidad 3: 267 MW; Unidad 4: 270 MW)
<b>Dirección o ubicación física</b>	Ruta F-30-E, Puchuncaví, Región de Valparaíso, Chile.
<b>Coordenadas GPS</b>	Latitud: 32°44'59.49"S Longitud: 71°28'56.69"O

## 1.1

## 1.2 RESUMEN DE LA UBICACIÓN

### Historia y estado actual

La Central Térmica Ventanas, ubicada en Puchuncaví, Región de Valparaíso, Chile, fue concebida a fines de la década de 1950 para satisfacer las crecientes demandas energéticas de un complejo industrial planificado en la Bahía de Quintero. Este complejo incluía una refinería y una fundición operadas por la Empresa Nacional de Minería (ENAMI). Inicialmente administrada por la Compañía Chilena de Electricidad (CHILECTRA), la planta, ubicada en la costa de la Bahía de Quintero, inició operaciones en 1964 con una capacidad instalada de 120 MW (Unidad V1), utilizando tecnología de carbón pulverizado y agua de enfriamiento del mar. En 1977 se inauguró la Unidad V2, sumando 220 MW a la capacidad de la planta. En 2010 comenzó a operar la Unidad V3 (oficialmente denominada Nueva Ventanas), con un avanzado sistema de carbón pulverizado, y fue seguida por la puesta en marcha de la Unidad V4 (oficialmente denominada Campiche) en 2013.

La planta ha experimentado cambios significativos en los últimos años debido a la estrategia de descarbonización de Chile. La unidad V1 cesó sus operaciones en diciembre de 2020 y la unidad V2 le siguió a finales de 2022. Ambas unidades están fuera de servicio sin planes de reintegración, sin embargo, sus sistemas de protección contra incendios siguen operativos. Actualmente, las Unidades V3 y V4 se encuentran operativas, entregando una capacidad bruta de 537 MW. Estas dos unidades operan de manera independiente, cada una con sus propios sistemas de agua, suministro de carbón, sala de control, servicios auxiliares y otra infraestructura esencial.

Las unidades V3 y V4 fueron construidas por POSCO E&C (Korean EPC Contractor) como un proyecto EPC llave en mano y comprende una turbina de vapor de Ansaldo Energia (Génova-Italia) y una caldera de carbón de Doosan Heavy Industry & Construction.

Estas unidades son idénticas en diseño (caldera, turbina y generador), cada una con una capacidad bruta de 272 MW. Sin embargo, debido a la Resolución de Calificación Ambiental, la Unidad V3 está limitada a una capacidad bruta de 267 MW, mientras que la Unidad V4 opera a una capacidad bruta de 270 MW. Las cargas mínimas de V3 y V4 son de 82 y 84 MW, respectivamente.

En diciembre de 2024, AES Andes concretó la venta de Empresa Eléctrica Ventanas SpA, operadora de las Unidades V3 y V4, a Quintero Energía SpA. Esta adquisición se alinea con la transición de AES Andes hacia un portafolio de energía renovable, al tiempo que mantiene la importancia estratégica de Ventanas como proveedor de energía clave para la red eléctrica de Chile.

### Resumen Operacional

La Central Térmica Ventanas está estratégicamente ubicada en un polígono industrial de 30 hectáreas, adyacente a Puerto Ventanas, aprovechando su cercanía al agua de mar para el enfriamiento y optimizando la logística de suministro de carbón a través de contratos a largo plazo. El patio de carbón de la planta tiene una capacidad de almacenamiento de 256.000 toneladas, mientras que el sitio de depósito de cenizas, ubicado a 8 km de la planta, tiene una capacidad total de 8,75 millones de metros cúbicos, con un 70% aún disponible.

Una subestación GIS recibe la energía generada de las Unidades V3 y V4 y la transmite en 220 kV a través de la línea de transmisión de doble circuito Ventanas-Nogales, que se extiende a lo largo de aproximadamente 30 km hasta la subestación Nogales donde se inyecta al SEN. Además, estas unidades están conectadas a un autotransformador de 220/110 kV, proporcionando una ruta de evacuación

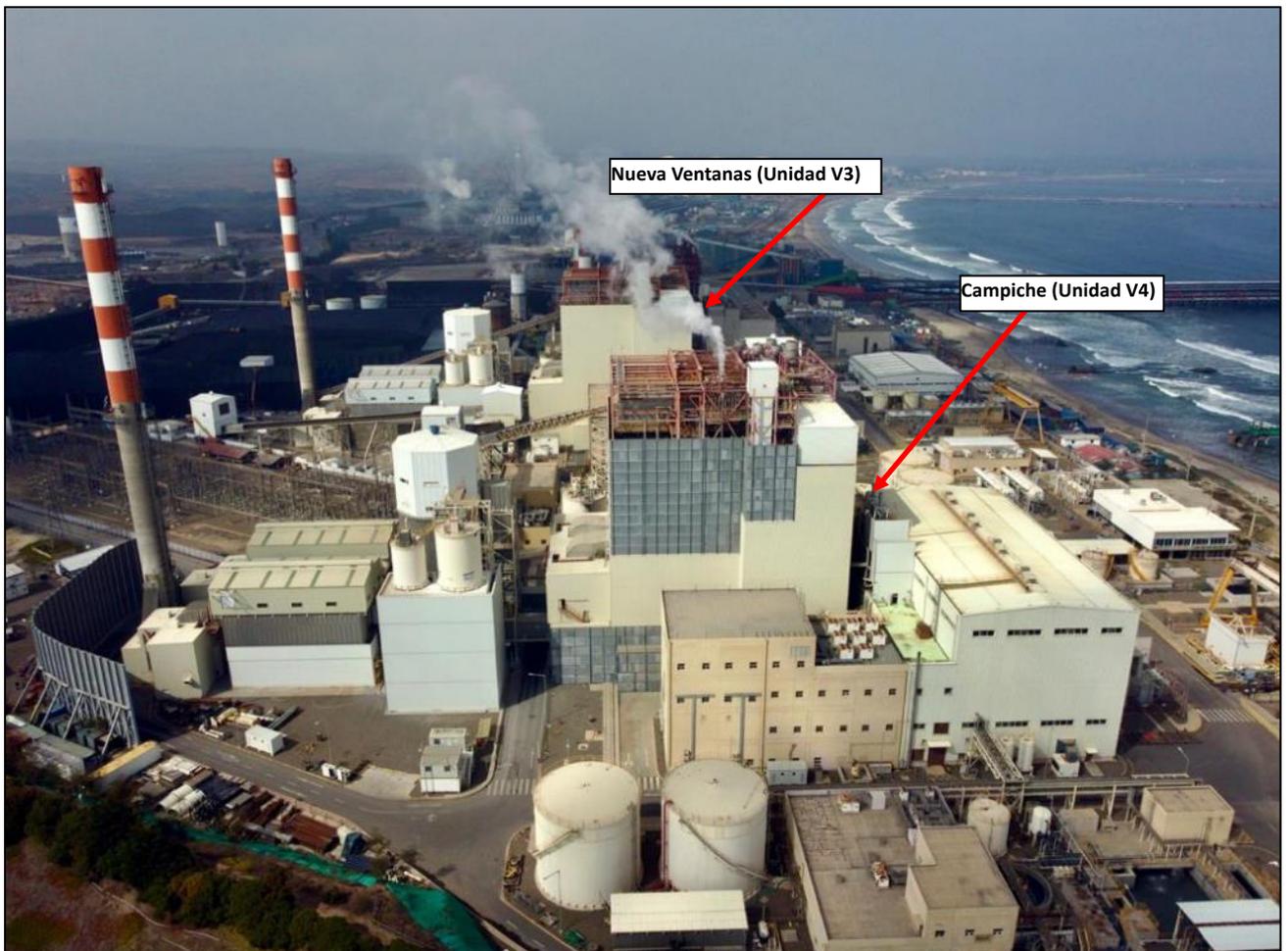
alternativa a través de la subestación Ventanas a 110 kV. utilizando las líneas de transmisión Ventanas-Torquemada y Ventanas-San Pedro.

La operación sigue una estrategia de carga base regulada por salida, donde las Unidades V3 y/o V4 se inician según lo requiera el Coordinador Eléctrico Nacional (CEN). Se programa una interrupción planificada por año.

### 1.3 PERFIL DE LA EMPRESA

Quintero Energía SpA es una empresa chilena constituida en septiembre de 2024 por un grupo de inversionistas chilenos, liderados por Eduardo Escaffi y Fernando Gardeweg, ejecutivos con experiencia en el sector eléctrico chileno. La compañía se constituyó para adquirir las unidades de generación operativas de la Central Térmica Ventanas de AES Andes, una transacción que implicó la transferencia de la Empresa Eléctrica Ventanas SpA, que opera Nueva Ventanas (Unidad V3) y Campiche (Unidad V4) con una capacidad instalada combinada de 537 MW. El acuerdo también incluye el apoyo técnico de AES durante el primer año de operación de Quintero Energía, y más del 90% de los trabajadores clave de AES que han operado el complejo durante los últimos 10 años fueron contratados por Quintero Energía y permanecerán en sus puestos.

Quintero Energía ha expresado su compromiso de mantener altos estándares operativos y alinear sus operaciones con el plan de descarbonización del gobierno chileno. La empresa se ha comprometido a cumplir los acuerdos existentes con los trabajadores y la comunidad, asegurando que la instalación de Ventanas continúe operando de manera eficiente y segura hasta que la Comisión Nacional de Energía autorice su retiro definitivo.



Central Térmica Ventanas

## 1.4 CARACTERÍSTICAS DE LA UBICACIÓN

### 1.4.1 Ubicación y acceso

La Central Térmica Ventanas está ubicada en Puchuncaví, en la Región de Valparaíso, adyacente a la Bahía de Quintero. La planta ocupa un sitio industrial de 23 hectáreas estratégicamente ubicado cerca de Puerto Ventanas, lo que permite la entrega eficiente de carbón a través de contratos a largo plazo. El área de la bahía proporciona una ubicación ideal para la planta, beneficiándose de la proximidad a infraestructuras energéticas e industriales clave.

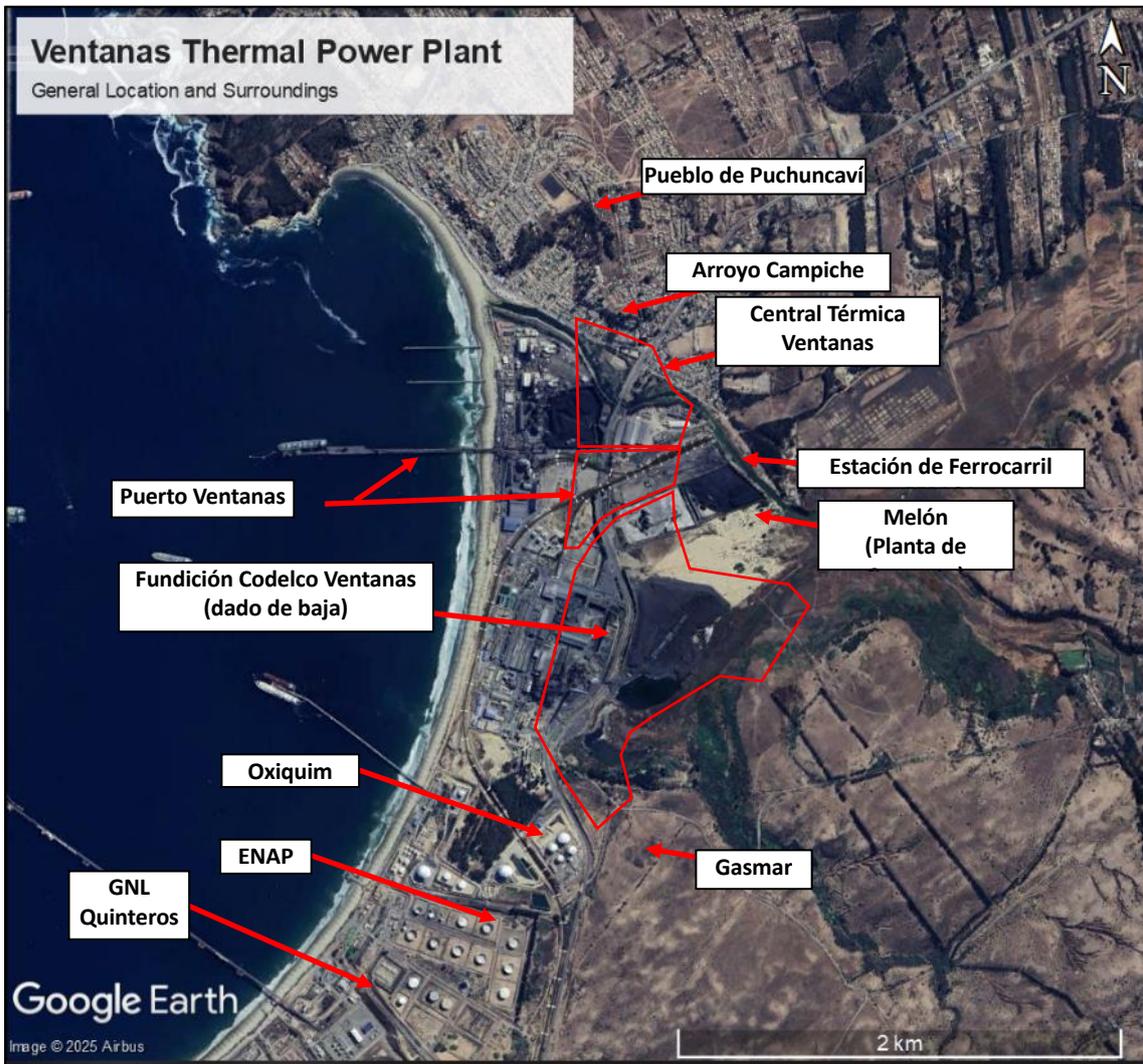
El acceso al predio se realiza a través de la Ruta F-30-E, que une las localidades de Concón y Puchuncaví. Esta ruta enlaza con la Ruta 60-CH, una carretera principal que conecta con Valparaíso, Viña del Mar y Santiago, ubicada aproximadamente a 150 kilómetros al sureste. Las carreteras están pavimentadas y en buen estado, lo que facilita el transporte de equipos pesados y cualquier necesidad operativa. La ubicación de la planta también se beneficia de su cercanía a centros urbanos como Quintero y Viña del Mar, lo que garantiza el acceso a mano de obra y servicios.



Ubicación general de la Central Térmica Ventanas

## 1.4.2 Entorno

La siguiente imagen satelital muestra la ubicación de la Central Térmica Ventanas y las principales industrias circundantes:



Ubicación y principales alrededores de la Central Térmica Ventanas\*

*\*Los límites que se muestran en la imagen satelital de arriba son aproximados y no representan los límites exactos de las propiedades respectivas.*

## 1.5 CONSTRUCCIÓN, OCUPACIÓN Y DISTRIBUCIÓN

La Central Térmica Ventanas está estratégicamente ubicada en la Bahía de Quintero, en el centro de Chile, diseñada para maximizar la eficiencia operativa al utilizar su proximidad al Océano Pacífico para el suministro de carbón y el enfriamiento. La propiedad tiene una superficie aproximada de 230.000 m<sup>2</sup>, con un perímetro de unos 2.000 m, y se extiende a lo largo de la costa durante aproximadamente 640 m. El acceso al predio se realiza por su lado oriental, en el sector sur, a través de la Ruta F-30-E, la cual es controlada por un puesto de vigilancia y barreras vehiculares. Al norte y al este del punto de control de acceso, hay zonas de aparcamiento para vehículos ligeros y autobuses. La entrada se realiza a través de un camino interno pavimentado que comienza al este del patio de carbón y luego conduce a múltiples caminos internos que rodean los diversos edificios e instalaciones de la planta. Los caminos internos tienen un ancho aproximado de 10 m.

Los edificios e instalaciones principales corresponden a los bloques de potencia de las Unidades V1 a V4, que se alinean a lo largo de una sola línea de sur a norte, paralela a la línea de costa. El depósito de carbón tiene una superficie aproximada de 57.000 m<sup>2</sup> y se encuentra en la esquina sureste del recinto. La Subestación Ventanas tiene una superficie aproximada de 12.000 m<sup>2</sup> y está situada al norte del patio de carbón, al este de la Unidad 3 y al sureste de la Unidad 4. Los servicios auxiliares (BOP) de cada Unidad están situados cerca de sus respectivas instalaciones, siguiendo la línea de costa de sur a norte y separados de los edificios y centrales eléctricas de la MCB por un camino interno. El almacén 16, destinado al almacenamiento de materiales y piezas de repuesto, se encuentra en la parte sur del recinto y tiene una superficie aproximada de 2.000 m<sup>2</sup>. La ubicación de otros edificios e instalaciones se detalla en la imagen satelital a continuación (página siguiente).

Los edificios Powerhouse y MCB para la Unidad V3 y la Unidad V4 son idénticos. Cada central consta de un edificio de hormigón armado hasta el piso superior, donde se encuentra la sección superior de la turbina. Esta planta superior está formada por una losa de hormigón y estructura de acero para fachadas y cubierta (pilares, vigas, arriostramientos y cerchas), con revestimiento sándwich de poliuretano. Los edificios MCB para la Unidad V3 y la Unidad V4 están hechos de hormigón armado. Las salas eléctricas y de baterías más importantes se encuentran en diferentes plantas de los edificios MCB, como las salas de 220 V y 440 V, las salas de 6,9 kV, las salas de apartamento, las salas de control y las salas de relés.

La estructura y la construcción de las calderas son incombustibles y están hechas de estructura de acero, paneles metálicos y suelos/pasarelas/superficies de plataformas de metal rejillado. Hay paneles acústicos aislados con lana de roca instalados alrededor de las calderas. Todas las paredes de la sala eléctrica están construidas con bloques de hormigón sobre hormigón armado y suelo y techo de losas de hormigón armado.

La superficie total construida es de aproximadamente 18.000 m<sup>2</sup> para la Unidad V3, sobre la base de una superficie construida aproximada de 4.124 m<sup>2</sup>, incluyendo todas las plantas. Para la Unidad 4, la superficie total construida es de unos 16.500 m<sup>2</sup>. Esta estimación incluye casas de energía, edificios MCB, estructuras de calderas y equipos adjuntos, lo que da como resultado un área total construida de aproximadamente 34,500 m<sup>2</sup>.

La distancia entre los edificios y las instalaciones dentro de la planta es adecuada, con calles internas que crean distancias libres de unos 15 m. Las centrales eléctricas de las unidades V3 y V4 están separadas por más de 90 m. Los tanques de gasóleo se encuentran a más de 25 m de distancia de sus respectivas unidades, así como los almacenes de almacenamiento de sustancias y residuos peligrosos.



Principales edificios e instalaciones de la Central Térmica Ventanas



**Unidad V3 Powerhouse y transformador GSU**



**Bloque de potencia de la unidad V4**

## 1.6 EQUIPOS Y PROCESOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA

### 1.6.1 Descripción general del proceso

Los procesos y sistemas descritos se aplican igualmente a las unidades V3 y V4, que funcionan como instalaciones completamente independientes. Cada unidad incluye instalaciones separadas de tratamiento de agua, tanques de combustible y diésel, salas de control, transformadores de salida, sistemas de protección contra incendios y otros sistemas auxiliares.

El agua de refrigeración principal de ambas unidades se suministra desde el mar. Las tuberías de entrada y descarga conectan las instalaciones con el océano, incluidas las estaciones de bombeo de agua circulante, las estructuras de entrada y las estructuras de descarga. El agua bruta requerida para las operaciones se almacena en un tanque de 1,800 m<sup>3</sup> (475,500 galones), se procesa en una planta de desmineralización y luego se almacena en un tanque de agua desmineralizada de igual capacidad. Estos tanques también reservan 900 m<sup>3</sup> de agua para la protección contra incendios. El agua calentada se descarga al mar mediante dos tuberías de polietileno de alta densidad (PEAD) de 1,9 m de diámetro y 200 m de longitud con una capacidad combinada de 34.000 m<sup>3</sup>/h, conectadas al pozo de sellado y que terminan en un difusor común. Las tuberías de ventilación se instalan en cada tubería de descarga aproximadamente a 70 m del pozo de sellado, dentro de la zona intermareal.

El bloque de potencia de cada unidad consta de una caldera de carbón pulverizado y un generador de turbina de vapor (STG) de extracción y condensación recalentada. El vapor es generado por las calderas, que queman carbón pulverizado como combustible principal, utilizando una mezcla de 46% de carbón subbituminoso (N°9) y 54% de carbón bituminoso (N°4), con un contenido volátil máximo del 34%. Las calderas están equipadas con cinco niveles de quemadores y pueden utilizar fuelóleo pesado (HFO) para funcionar entre el 10% y el 40% del TMCR durante la puesta en marcha. El gasóleo se utiliza para el encendido y la puesta en marcha hasta un 30% de TMCR. En emergencias, el HFO también se puede utilizar como combustible secundario al 100% BMCR, aunque su mayor costo limita su uso a casos excepcionales.

El arranque de la turbina sigue uno de tres modos: arranque en frío, arranque en caliente o arranque en caliente, dependiendo de la temperatura del rotor y el tiempo de arranque requerido para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente. Antes de ser puestas en servicio, las turbinas deben someterse a un período mínimo de giro, que requiere un proceso de giro continuo para garantizar un mínimo de 12 horas de rotación antes de la sincronización.

El carbón se entrega a granel al puerto de Ventanas, ubicado al sur del sitio, y se transporta directamente al patio de almacenamiento de la planta a través de sistemas de cinta transportadora, sin reservas de carbón en Puerto Ventanas. Desde el patio de almacenamiento de la planta, cada unidad es alimentada por su propio sistema de cinta transportadora independiente.

El control de emisiones para cada unidad incluye un sistema de desulfuración de gases de combustión (FGD) dedicado que utiliza cal y agua para lavar el azufre de los gases de combustión a través de una reacción exotérmica. Los gases lavados se filtran a través de filtros de mangas, que recogen las cenizas para su almacenamiento en silos y su posterior eliminación adecuada en un vertedero aprobado por el medio ambiente. La ceniza, junto con la lechada de cal, se elimina de la parte inferior del sistema de filtro de bolsas, que utiliza pulsos de aire periódicos para limpiar las bolsas. Parte de la lechada se recircula en el sistema FGD para regular la temperatura de reacción, manteniéndola a 80 °C (176 °F). Las cenizas recolectadas se transportan en camiones a vertederos que se reforestan después de su uso. Cualquier interrupción en la remoción de cenizas debido a problemas con los vertederos resultaría en paradas operativas en cumplimiento con las regulaciones ambientales chilenas.

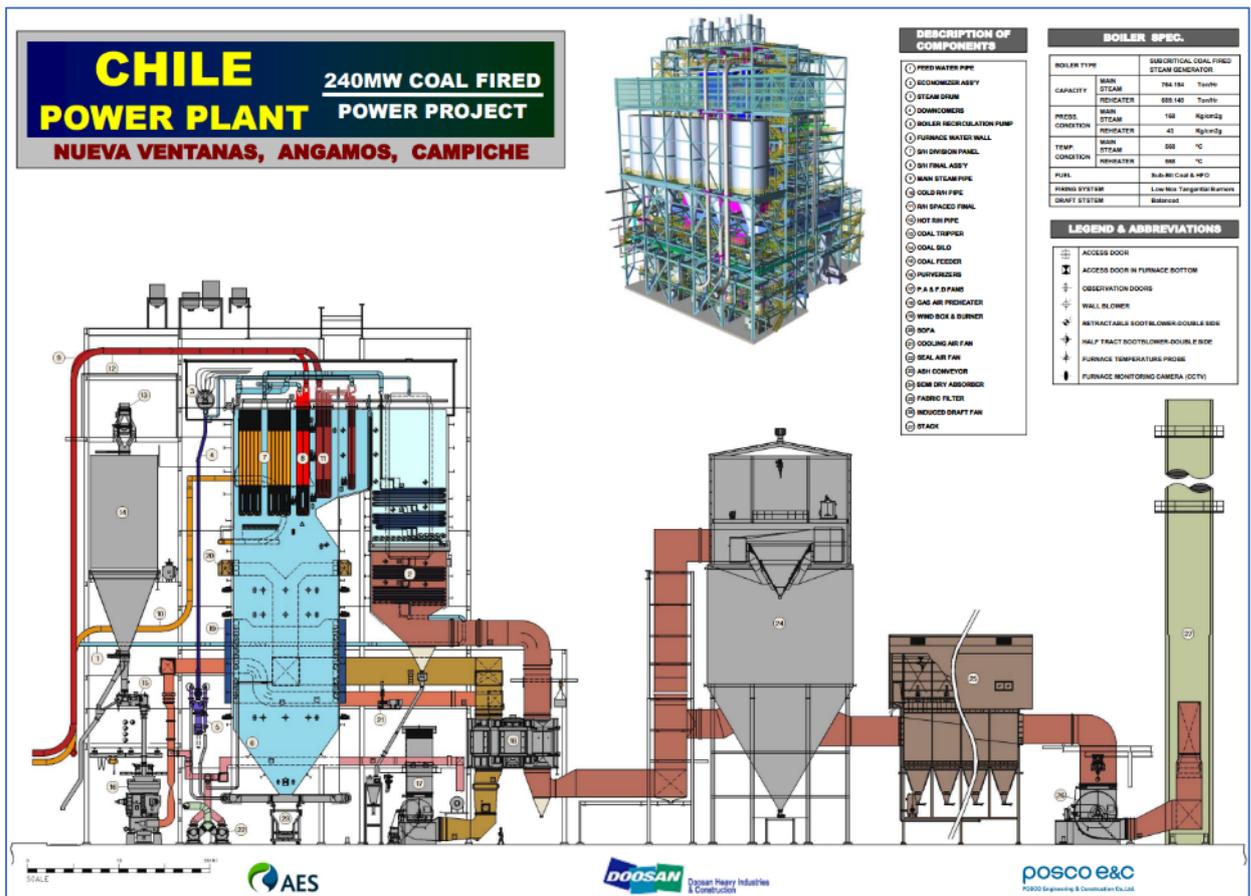
Los controles de emisiones son críticos debido a las estrictas regulaciones chilenas, especialmente dada la proximidad de las comunidades vecinas. Una pérdida parcial de la capacidad de control de emisiones requiere una reducción de la potencia de salida, mientras que una falla completa prohíbe la operación por completo. El polvo que se maneja en la instalación consiste en cal y cenizas, y el polvo de carbón solo aparecería debido a una combustión incompleta, que es monitoreada y controlada por sistemas de calderas. Los gases limpios se liberan a la atmósfera a través de chimeneas.

El ciclo de vapor funciona con una presión nominal de al menos 160 bar(a) y una temperatura de 565 °C o superior. Los gases de escape de la turbina de vapor se condensan en un condensador de vacío. Cada unidad genera energía a 18 kV, que se eleva a 231 kV mediante transformadores elevadores de generador (GSU) con una potencia nominal de 320 MVA. Los sistemas auxiliares reciben energía a 6,9 kV a través de transformadores auxiliares.

Una subestación GIS recibe la energía generada de las Unidades V3 y V4 y la transmite en 220 kV a través de la línea de transmisión de doble circuito Ventanas-Nogales, que se extiende a lo largo de aproximadamente 30 km hasta la subestación Nogales donde se inyecta al SEN. Además, estas unidades están conectadas a un autotransformador de 220/110 kV, proporcionando una ruta de evacuación alternativa a través de la subestación Ventanas a 110 kV. utilizando las líneas de transmisión Ventanas-Torquemada y Ventanas-San Pedro.

Existe una sala de control para la Unidad V3 ubicada en su Edificio MCB, así como una sala de control independiente para la Unidad V4, también ubicada en su respectivo Edificio MCB. Además, la unidad V4 puede ser monitoreada y controlada desde la sala de control de la unidad V3, pero lo contrario no es posible. Tanto las unidades V3 como las V4 también pueden ser controladas desde el Edificio Santa María en Santiago. Además, la gestión del combustible, incluidos el carbón y el gasóleo, se controla desde una sala de control separada situada en un edificio fuera del depósito de carbón.

Las plantas operan en modo de carga base regulada con una parada planificada por año. Los límites de emisiones se supervisan de cerca y se realizan los ajustes operativos necesarios para garantizar su cumplimiento. La dotación de personal incluye cinco turnos de 12 horas, con tres personas en la sala de control de la Unidad 3 y seis empleados de campo para ambas plantas.



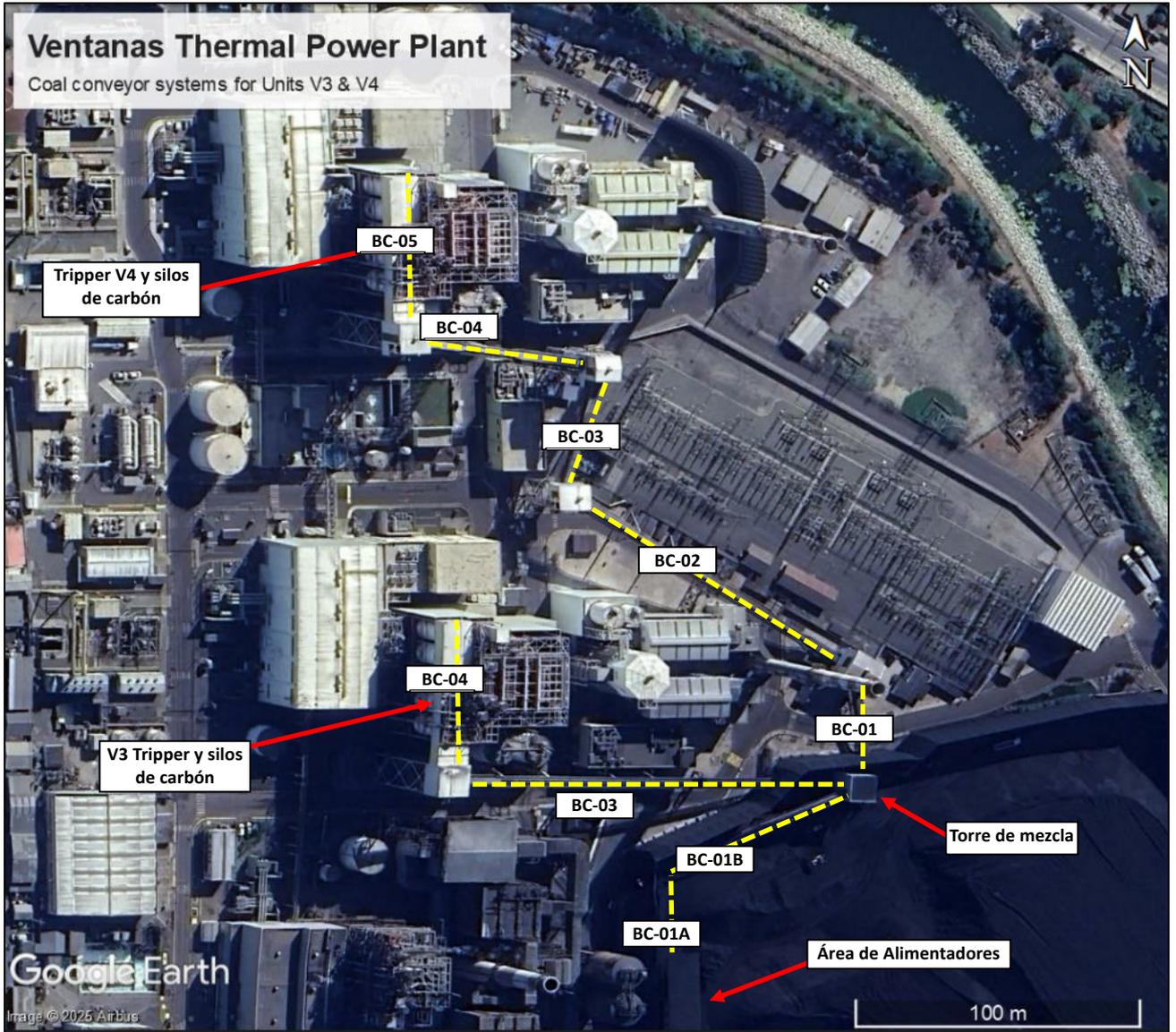
Esquema de la Central Térmica de Carbón de 240 MW para las Unidades V3 y V4 - Central Térmica Ventanas

## 1.6.2 Depósito de carbón y cintas transportadoras

El carbón es importado de países como Canadá, Colombia, Tailandia, etc., dependiendo del precio del mercado spot. El carbón recibido en el Puerto de Ventanas (buques Panamax de 75.000 toneladas) se descarga a una velocidad de 1.500 toneladas por hora. El puerto de Ventanas entrega el carbón a la Central Térmica de Ventanas a través de una sola cinta transportadora. El límite de la batería (ver imagen satelital en la sección 3.2) se encuentra en la estación de transferencia dentro de las instalaciones del Puerto de Ventanas, donde se descarga en el CT-01 que se conecta a una estación de transferencia dentro del patio de almacenamiento de carbón de la Central Térmica de Ventanas. El patio está equipado con un apilador radial para descargar el carbón en el patio.

El carbón se distribuye en pilas dentro del patio de almacenamiento de carbón, con una altura máxima de 11,5 m, en función de su origen y características, utilizando el apilador radial y los cargadores frontales. Los cargadores frontales alimentan dos transportadores de arrastre de cadena (dispuestos en serie) para las unidades V3 y V4 formando pilotes sobre ellos. Los dos transportadores de arrastre de cadena están ubicados debajo de un voladizo metálico en el lado oeste del patio de almacenamiento de carbón. Estos alimentadores de suelo alimentan el transportador BC-01A, que está equipado con un electroimán y un detector de metales. A continuación, el transportador BC-01A transfiere el carbón al transportador BC-01B, que está equipado con una báscula de cinta y termina en una torre de mezcla. De esta torre de mezcla emergen los sistemas de transporte independientes que alimentan las unidades V3 y V4. La siguiente tabla detalla las principales características de todos los transportadores relacionados con el sistema de manejo de carbón.

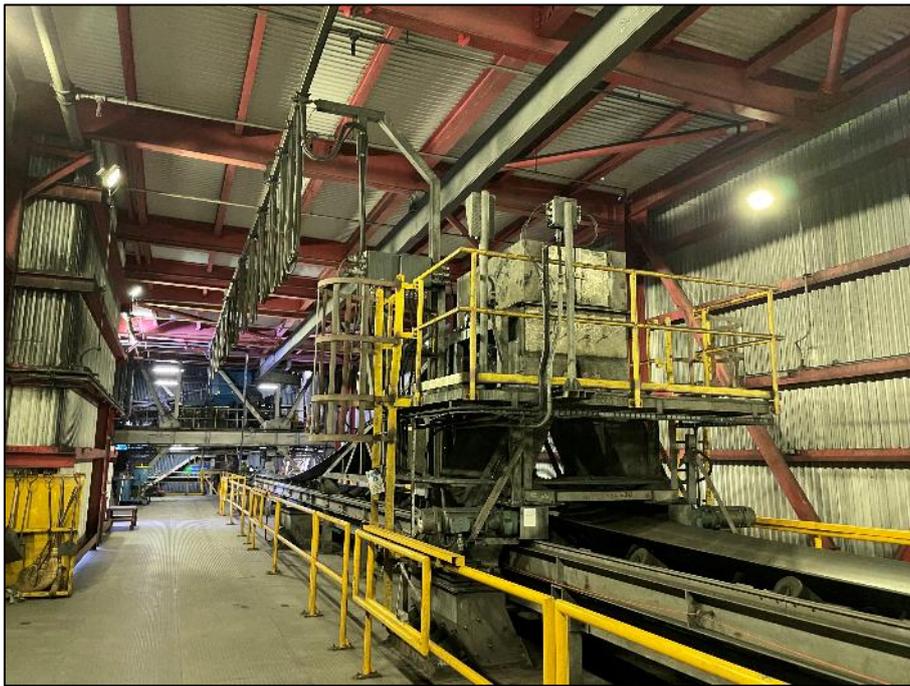
El depósito de carbón tiene una capacidad máxima de 256.000 toneladas. Cada unidad consume 2.500 toneladas de carbón al día a plena carga. Cuando ambas unidades (V3 y V4) operan a plena capacidad y el patio de carbón está a su máxima capacidad, la autonomía teórica es de 51 días. En la práctica, las turbinas no funcionan de forma continua. Dados los patrones de consumo y el inventario, es razonable anticipar un mínimo de dos meses de autonomía operativa.



Sistemas de transporte para las unidades V3 y V4



**Depósito de carbón (vista desde la parte superior de la caldera de la Unidad V3)**



**Unidad V3 Tripper de carbón**



**Pulverizadores de carbón, unidad V3**



**Silos de carbón, unidad V3**

### **1.6.3 Almacenamiento de combustible líquido**

Las unidades V3 y V4 tienen cada una su propia reserva de gasóleo independiente, que consta de dos depósitos de acero de 100 m<sup>3</sup> cada uno. Los tanques están ubicados a más de 25 metros del bloque de potencia respectivo, equipados con un parapeto para sistemas de contención de derrames y protección contra incendios (diluvio de agua-espuma).

El gasóleo se utiliza principalmente durante las operaciones de encendido y puesta en marcha, donde se utiliza para encender la caldera y apoyar el sistema hasta que la planta alcanza hasta el 30% de su clasificación continua máxima de la turbina (TMCR).

Además, el gasóleo sirve como combustible de reserva durante las emergencias. En situaciones en las que se produce una interrupción en el suministro de carbón u otros imprevistos, el gasóleo proporciona el combustible necesario para mantener el funcionamiento de la caldera, salvaguardando la continuidad de las funciones de la planta. El sistema de gasóleo también se utiliza para alimentar los generadores diésel de emergencia (uno para cada unidad).



**Tanques de Diesel (Unidad V3)**



**Tanques de Diesel (Unidad V4)**

#### **1.6.4 Calderas**

Las calderas de las unidades V3 y V4 son calderas idénticas de carbón pulverizado, subcríticas, acuotubulares y de alta presión, diseñadas para una combustión de tiro equilibrado. Fueron suministrados por POSCO Engineering & Construction con tecnología de DOOSAN. Estas calderas funcionan con una

presión de diseño de 185 bar(a) y una presión de vapor de 160 bar(a) a una temperatura de vapor sobrecalentado de 540 °C. Cada caldera tiene una superficie de calentamiento de 8.760 m<sup>2</sup>.

### **Función**

La función principal de la caldera es generar vapor a alta presión a partir de la combustión de carbón. El vapor se utiliza para:

1. Alimenta la turbina de vapor, que impulsa el generador para producir electricidad.
2. Suministra sistemas auxiliares, incluidos sopladores de hollín y sistemas auxiliares de vapor, durante el arranque y la operación de baja carga.
3. Apoya las operaciones de la planta manteniendo las temperaturas y la presión del vapor en varios escenarios de combustible y carga.

### **Criterios de diseño**

1. Tipo: Instalación exterior, tiro balanceado, tipo circulación controlada.
2. Capacidad:
  - Capacidad Continua Máxima (BMCR): 763.684 kg/h al 103% de TMCR.
  - Carga estable mínima: 40% TMCR utilizando carbón mezclado sin combustible suplementario.
3. Opciones de combustible:
  - Combustible primario: Mezclas de carbón bituminoso y subbituminoso.
  - Combustible de reserva/emergencia: Fueloil pesado.
  - Combustible de arranque: Gasóleo para encendido y funcionamiento a baja carga hasta un 30% TMCR.

### **Componentes clave**

1. Sistema de combustión:
  - Equipado con quemadores de carbón de bajo NO<sub>x</sub> para cumplir con los límites de emisión.
  - Apoya la flexibilidad del combustible, lo que permite la operación con diferentes mezclas de carbón o fueloil pesado.
2. Pulverizadores:
  - Se instalan cinco pulverizadores (5 × 25% de su capacidad), y se requieren cuatro para operar en condiciones degradadas.
  - Los pulverizadores están diseñados para manejar mezclas de carbón y garantizar una molienda adecuada para una combustión eficiente.
3. Ciclo de vapor:
  - Temperatura del vapor principal: 565 ± 5°C.
  - Temperatura de recalentamiento del vapor: 568 ± 5°C.
  - Funciona a una presión nominal ≥ 160 bar.
4. Sistemas de aire y gas:
  - Ventiladores de tiro forzado (FD), aire primario (PA) y tiro inducido (ID), todos clasificados para 2 × 50% de capacidad.
  - Los precalentadores de aire regenerativos y los precalentadores de aire calentados por vapor garantizan una temperatura óptima del aire de combustión y minimizan los problemas del punto de rocío ácido.
5. Manejo de gases de combustión:
  - Los gases de combustión salen a través de una chimenea de 95 m de altura, equipada con un sistema de monitoreo continuo de emisiones (CEMS).
  - Incluye disposiciones para revestimientos a prueba de polvo y revestimiento de conductos y equipos.

### **Sistemas auxiliares**

1. Sopladores de hollín: Impulsados por vapor, instalados en áreas clave (economizadores, sobrecalentadores, recalentadores y calentadores de aire) para eliminar los depósitos de cenizas.
2. Sistemas de agua y purga:
  - Tanque de purga continua y tanque de purga intermitente para una gestión eficiente del agua y la limpieza del sistema.

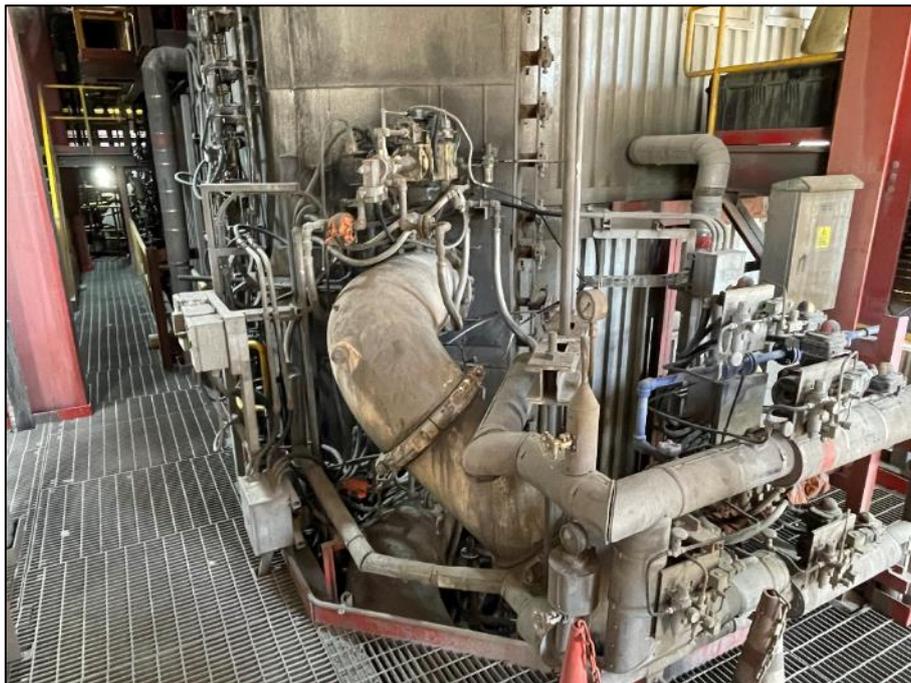
- Los desaireadores y los calentadores de agua de alimentación optimizan la calidad y la temperatura del agua de alimentación.

### **Consideraciones estructurales y ambientales**

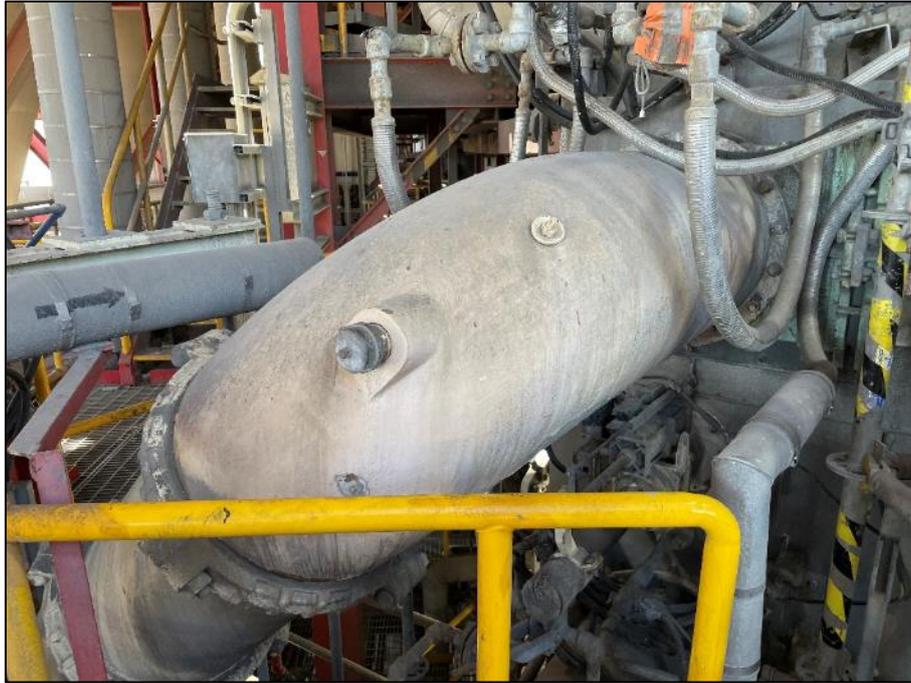
1. Diseño estructural:
  - Incluye estructura de acero para la caldera, silos de carbón y equipos auxiliares.
  - Diseñado para adaptarse a las condiciones exteriores sin techo.
  - Diseño de acuerdo a los códigos sísmicos locales.
2. Cumplimiento Ambiental:
  - Cumple con los estándares de emisiones de NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub> a través del diseño de combustión y los sistemas de desulfuración de gases de combustión (FGD).
  - Equipado con recintos a prueba de polvo y protección contra la intemperie para el manejo de carbón y conductos.

### **Seguridad y confiabilidad**

1. Características de seguridad:
  - Los sistemas de control automático están integrados con el sistema de control distribuido (DCS).
  - Sistemas de respaldo para operaciones críticas, incluido el soporte de combustible dual.
2. Flexibilidad:
  - Transición sin interrupciones entre el carbón, el petróleo y el funcionamiento de combustibles mixtos sin reducción de carga.
  - Diseñado para una fiabilidad a largo plazo y un tiempo de inactividad mínimo por mantenimiento.



**Inyector de combustible para el arranque de la caldera, unidad V3**



**Codo con placa de desgaste interna, unidad de caldera V3**

### **1.6.5 Turbinas de vapor**

Las unidades V3 y V4 funcionan en un ciclo Rankine con recalentamiento y regeneración, contando con turbinas de vapor de condensación idénticas y generadores fabricados por ANSALDO ENERGÍA. El modelo de turbina es RH-TCDF 43 y el modelo de generador es TRX-L56. Estas unidades, construidas en 2007 y 2008 respectivamente, tienen una capacidad de potencia aparente máxima de 330.000 kVA y funcionan con una presión de vapor de admisión de 160 bar y una temperatura de vapor de admisión de 565 °C. Las turbinas funcionan a una velocidad de rotación de 3.000 rpm (o 3.600 rpm en configuraciones específicas). Los generadores utilizan refrigeración por aire.

#### **Información general**

- Fabricante: Ansaldo Energia.
- Modelo de turbina: RH TCDF 43/0369 TT.
- Modelo de generador: TRX-L56.
- Año de construcción:
  - Turbina: 2008.
  - Generador: 2007.
- Estado del servicio: Carga base.

#### **Calificaciones**

- Turbina:
  - Potencia: 272 MW @ 160 bar (2.230 psi).
  - Velocidad de rotación: 3.000 rpm.
- Generador:
  - Sincronización: trifásica, 330 MVA, 3.000 rpm.
  - Voltaje/Frecuencia: 18 kV, 50 Hz.

#### **Controles/Viajes**

- Falla de vapor:
  - Turbina: 272 MW @ 160 bar, 3.000 rpm.
- Sobretemperatura: Operación de carga base.

#### **Protección del generador**

Los generadores síncronos V3 y V4 están provistos de relés basados en microprocesados con las siguientes protecciones: 46 (relé de secuencia de fase negativa), 87G (relé diferencial del generador), 87U (relé diferencial del generador/transformador unitario), 59 (relé de sobretensión), 40 (relé de pérdida de campo), 64S y 64R (relé de tierra del estator y del rotor), 51V (relé de sobrecorriente restringido o controlado), 21 (relé de distancia – impedancia mínima), 60 (relé de desequilibrio de voltaje), 81< y 81> (relé de frecuencia inferior y excesiva), 27 (relé de bajo voltaje), 78 (relé de pérdida de sincronismo o fuera de paso), 32R (relé de potencia inversa), 32F (relé de potencia mínima), 59/81 (relé de flujo excesivo), 50BF (relé de falla de ruptura), 59N (relé de sobrevoltaje neutro), 49 (relé de sobrecarga) y 87REF / HV (relé de falla a tierra restringida). La protección 25 (relé de verificación de sincronización) se encuentra en una unidad separada.

### **Protección de turbinas**

Las turbinas de vapor V3 y V4 están equipadas con dos dispositivos de protección contra sobrevelocidad:

- Un dispositivo configurado al 110% de la velocidad nominal, ubicado dentro del sistema de disparo de la turbina.
- Un segundo dispositivo configurado al 112%, ubicado en el Sistema de Control de la Turbina de Vapor.

El dispositivo de protección contra exceso de velocidad del 112% se probó por última vez utilizando una prueba de sobrevelocidad real en:

- Turbina de vapor de la unidad V3: 29 de enero de 2022, a 3.213,5 rpm (después de la primera revisión importante).
- Turbina de vapor de la unidad V4: 23 de marzo de 2021, a 3.239 rpm (durante la parada anual planificada).

El mecanismo de disparo de emergencia para las turbinas de vapor V3 y V4 funciona a través de tres válvulas solenoides, que controlan la unidad de disparo hidráulica 2 de 3. Para que se inicie un viaje, al menos dos de las tres válvulas solenoides deben estar desenergizadas, siguiendo un principio de seguridad contra fallas. Una vez que esto ocurre, el sistema de seguridad hidráulico se despresuriza. Estas válvulas solenoides se agrupan en tres bloques (A, B y C), y cada bloque se prueba semanalmente a través de la prueba en línea de sobrevelocidad del 110%.

El sistema de protección de turbinas de vapor de alta presión (HP) incluye varias válvulas críticas, que están sujetas a pruebas de rutina:

- Válvulas de cierre principales (MSV).
- Válvulas Reguladoras (GV).
- Turbina de vapor de presión intermedia (IP) combinada con válvulas de cierre de recalentamiento, específicamente:
  - Válvula de cierre de recalentamiento (RSV).
  - Válvula de control interceptor (ICV).

Estas válvulas se someten a una prueba de carrera completa cada mes para las unidades V3 y V4.

Además, las turbinas de vapor V3 y V4 cuentan con siete válvulas antirretorno (NR) instaladas a lo largo de las líneas de extracción de las secciones HP (vapor frío), IP y LP. Estas válvulas NR se prueban cada dos semanas, según el programa de mantenimiento. El procedimiento de prueba implica tanto indicaciones de supervisión del sistema como confirmación visual directa por parte de un operador para garantizar el funcionamiento adecuado de la válvula.



**Unidad 3 Casa de Máquinas, Piso Superior**



**Unidad V3**

### **1.6.6 Agua**

El sistema de agua de la planta consta de dos etapas principales: desalinización y tratamiento.

Para la Unidad V3, el agua de mar se aspira, se procesa a través del sistema MVC (Compresión Mecánica de Vapor) y se almacena como agua desalinizada. Una parte de esta agua se somete a filtración EDI (electrodesionización) para producir agua de alta pureza para calderas, enfriamiento de circuito cerrado de motores y otros equipos.

Para la unidad V4, el proceso es similar pero utiliza la tecnología TVC (compresión de vapor térmico) en lugar de MVC.

Grandes bombas de circulación, ubicadas en los pozos, dirigen el agua al condensador a través de sifones. La temperatura de entrada oscila entre 15-17 °C y la temperatura de salida alcanza los 22-24 °C.

Los tanques de agua desalinizada y desmineralizada para las unidades V3 y V4 están interconectados, lo que permite la recuperación de agua cuando la unidad V4 está fuera de línea utilizando las reservas de la unidad V3. Del mismo modo, cuando se pone en marcha la Unidad V4, inicialmente se le suministra agua desde la Unidad V3 hasta que la planta alcanza la estabilidad operativa, momento en el que se activa el sistema TVC.

Consideraciones operativas:

- Durante las revisiones, al menos una unidad MVC debe permanecer operativa.
- Cada sifón descarga en un pozo, y el sistema está diseñado para operar con un solo pozo con un caudal técnico mínimo.
- Cada unidad tiene dos tuberías y dos pozos, que están interconectados, albergando dos bombas de circulación por pozo.



**Sifones (vista desde el último piso de la Caldera de la Unidad V3)**



**Unidad V4, Edificio MCB (izquierda) y Planta de Tratamiento de Agua y Tanques (derecha)**

#### **Desalinización de agua**

El agua de mar se desaliniza en dos líneas de proceso de desalinización (una para cada unidad). El agua desalinizada se desmineraliza y se almacena en un tanque de 1.800 m<sup>3</sup> de la unidad respectiva.

La planta desalinizadora de la Unidad 3 utiliza un sistema de Compresión Mecánica de Vapor (MVC) con dos unidades fabricadas por IDE, modelo MVC-1200. Cada unidad tiene una capacidad de producción de 50 toneladas por hora y opera con una salinidad máxima del agua de alimentación de 4 ppm. El sistema procesa 113 toneladas de agua de mar por hora, produciendo 63 toneladas de salmuera. La temperatura del agua de alimentación se mantiene a 12 °C. El sistema se puso en marcha en 2008.

Por el contrario, la planta desalinizadora de la Unidad 4 emplea un sistema de Compresión Térmica de Vapor (TVC) con una sola unidad fabricada por SWS. Esta planta tiene una capacidad de producción de 100 toneladas por hora, manejando agua de mar con una salinidad máxima de 4 ppm. Procesa 550 toneladas de agua de mar por hora, generando 170 toneladas de salmuera. La temperatura del agua de alimentación oscila entre 12 °C y 21 °C, con una presión de vapor principal de 14 bar (g) a 260 °C y un vapor a baja presión de 3,5 bar (g) a 160 °C. Esta unidad fue puesta en servicio en 2011.

#### **Agua de refrigeración**

La planta cuenta con un sistema de enfriamiento de agua desmineralizada. El agua de mar se utiliza para enfriar un circuito cerrado de agua desmineralizada, que incluye un tanque principal con alarmas de nivel alto y bajo y dos intercambiadores de calor redundantes de retorno de agua de mar. Este sistema suministra agua desmineralizada a varios componentes, como pulverizadores de carbón, bombas de recirculación de agua de caldera, puertas de acceso al horno de caldera, ventiladores de aire primario, ventiladores FD, ventiladores ID, enfriador de aire del generador, bombas de agua de alimentación, bombas de agua de circulación del condensador y compresores de aire. El sistema de agua desmineralizada también está equipado con protecciones para hacer frente a condiciones de alta temperatura, incluidas alarmas para temperaturas del agua superiores a 32 °C y disparos automáticos si ambas bombas detectan temperaturas por encima de este umbral.

El sistema de agua de enfriamiento del condensador utiliza bombas de agua circulante para mantener un enfriamiento efectivo. Cada unidad (V3 y V4) está soportada por dos bombas que funcionan al 50% de su capacidad cada una. Estas bombas, fabricadas por HHI, tienen una potencia nominal de 18.000 m<sup>3</sup>/h con una altura de 15,6 metros, funcionan a 370 rpm y funcionan con motores de inducción de CA de 899 kW. Los motores tienen una designación de bastidor HRQ3 713-764Y, funcionando a 1.050 kW con una

frecuencia de 50 Hz y una velocidad de 375 RPM. Las bombas y los motores están equipados con sistemas de monitoreo continuo de vibraciones, que proporcionan alarmas y funciones de disparo.



**Bombas de recirculación de agua de refrigeración, unidad V3**

El sistema de condensadores para la central térmica está equipado con condensadores fabricados por BUMWOOENG CO Ltd. Cada unidad condensadora tiene un área efectiva de transferencia de calor de 11.986 m<sup>2</sup> y puede manejar un flujo de agua de mar de 36.000 m<sup>3</sup> por hora. El sistema está diseñado para funcionar dentro de un límite de gradiente térmico de 9,68 °C y puede soportar una presión máxima del lado del agua de 5,0 bar(g). El condensador consta de 13.178 tubos de titanio que cumplen con las normas ASTM B338 Gr.2, lo que garantiza una alta resistencia a la corrosión y durabilidad en un entorno de agua de mar.

#### **Suministro de agua de caldera**

Cada caldera tiene un consumo de reposición de 8 m<sup>3</sup>/h. El tratamiento del agua de la caldera consiste en un programa de fosfato congruente. Las muestras se obtienen cada 4 horas, 7 días a la semana y se analizan para determinar la conductividad, el pH, los fosfatos, la sílice, el hierro, el cobre y los cloruros. Se proporciona monitoreo en línea para la conductividad y el PH y también se configura para alarma. Los condensadores de turbina de la unidad V3 y V4 están provistos de analizadores de sodio en línea. El programa es administrado por químicos internos.

### **1.6.7 Transformadores**

Las unidades V3 y V4 están conectadas al sistema eléctrico de 220 kV por dos líneas de transmisión (Ventanas-Nogales 1 y 2) y al autotransformador de 220/110 kV. Para cada unidad V3 y V4, hay un disyuntor generador (245 kV, 1.600 A, 40 kA) para el transformador de la unidad principal (320 MVA, 231/18 kV) y para el generador de turbina de vapor (330 MVA, 18 kV), que están interconectados por un bus de fase aislada (24 kV, 120.000 A, 80 kA). Tanto el transformador auxiliar (40 MVA, 18/6,9/6,9 kV) como el transformador de arranque (44 MVA, 220/6,9/6,9 kV) pueden suministrar energía al sistema eléctrico de 6,9 kV.



**Unidad V4 Transformador GSU (derecha) y Transformador Auxiliar (izquierda)**



**Unidad V4 Sala Eléctrica**

### **1.6.8 Sistema de gases de combustión**

El sistema de desulfuración de gases de combustión (FGD) empleado en las unidades V3 y V4 es un sistema de absorción semiseca (SDA) diseñado para reducir las emisiones de dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) de los gases de combustión aguas abajo del calentador de aire. La función principal de este sistema es capturar  $\text{SO}_2$  a través de un proceso semiseco que utiliza absorbente de cal y tecnología de filtración avanzada.

El sistema utiliza un absorbente de cal (sorbente) que se introduce en el reactor a través de un proceso semiseco.

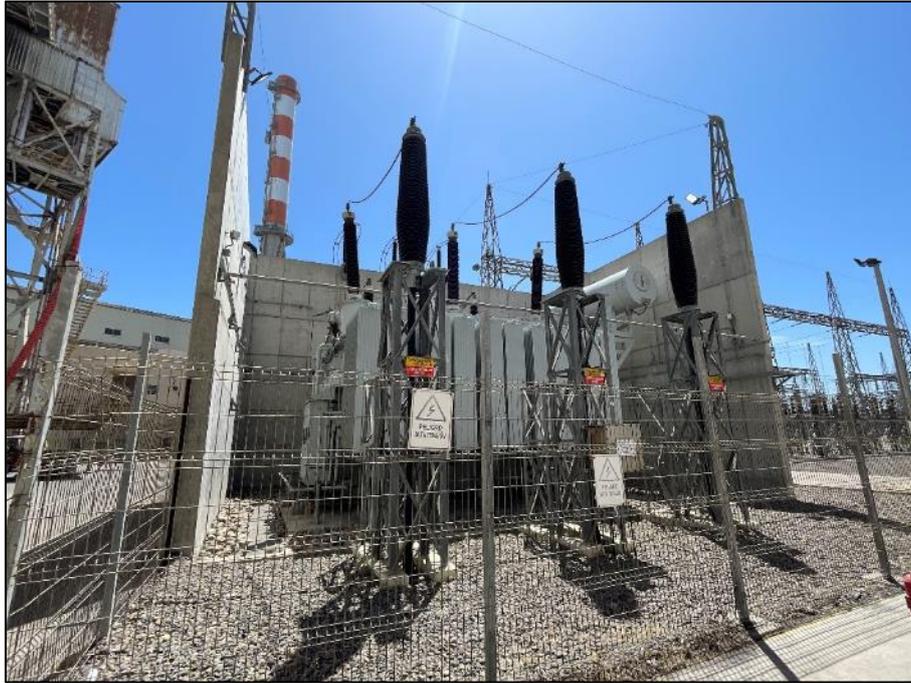
Los componentes clave del sistema son los siguientes:

1. Absorbedor semiseco (SDA):
  - La unidad SDA utiliza un atomizador de pulverización giratorio para introducir lechada de cal en el reactor para la captura de SO<sub>2</sub>.
  - Puede mantener las emisiones a niveles inferiores a 450 mg/Nm<sup>3</sup> al 6% de O<sub>2</sub> (base seca).
  - La eficiencia de absorción supera el 74,5% para el carbón de diseño y el 65,6% para el fueloil pesado (HFO).
  - El sistema consume menos de 2,63 toneladas de cal por hora a plena capacidad.
  - Cada unidad incluye un atomizador, fabricado por GEA NIRO (Dinamarca), con una designación de modelo de AX12-350/F800. El atomizador está alimentado por un motor trifásico de 500 kW y 6,6 kV.
2. Sistema de filtro de tela:
  - Este sistema está equipado con colectores de filtro de chorro de pulso para una eliminación eficiente de partículas.
  - Cada unidad cuenta con 16 módulos y 252 bolsas filtrantes, proporcionando un área efectiva de captura de partículas de 10.866 m<sup>2</sup>.
  - Las mangas filtrantes, fabricadas en poliacrilonitrilo (PAN), miden 8 metros de longitud con un diámetro de 200 mm.
  - La caída de presión nominal en todo el sistema es de 18 mmBar, con una concentración de partículas en la salida de menos de 20 mg/Nm<sup>3</sup>.
  - Las cenizas recolectadas se almacenan en tolvas para su eliminación.
3. Manejo y eliminación de cenizas:
  - Las cenizas se almacenan en dos silos de recolección antes de ser transportadas por camiones a un vertedero dedicado a unos 7 km de la planta. En el sitio de eliminación, la ceniza se compacta y humedece para minimizar la dispersión del polvo. Luego, el vertedero se sella con una cubierta vegetal y se somete a esfuerzos de reforestación para promover la restauración ambiental.
  - El sistema incluye mecanismos para regular las temperaturas de reacción y garantizar la estabilidad operativa. La lechada de cal se recircula dentro del sistema FGD para mantener una temperatura de reacción de 80 °C (176 °F).

Hay un sistema de enfriamiento de emergencia (enfriamiento – rociado de agua) en el absorbedor, aguas arriba de los filtros de mangas. En caso de alta temperatura en la entrada del filtro de mangas, se activa una alarma a 95 °C y el sistema de enfriamiento de la unidad 3 se activa automáticamente a 130 °C durante 5 minutos o a 140 °C durante 5 segundos. El sistema de refrigeración de emergencia de la unidad 4 se activa manualmente desde la sala de control. Los sistemas de enfriamiento son alimentados por bombas eléctricas de CA, con energía de respaldo proporcionada por un generador de emergencia.

### **1.6.9 Transmisión de potencia**

Una subestación GIS recibe la energía generada de las Unidades V3 y V4 y la transmite en 220 kV a través de la línea de transmisión de doble circuito Ventanas-Nogales, que se extiende a lo largo de aproximadamente 30 km hasta la subestación Nogales donde se inyecta al SEN. Además, estas unidades están conectadas a un autotransformador de 220/110 kV, proporcionando una ruta de evacuación alternativa a través de la subestación Ventanas a 110 kV. utilizando las líneas de transmisión Ventanas-Torquemada y Ventanas-San Pedro.



**Autotransformador**



**SIG**

## **1.7 SERVICIOS PÚBLICOS Y SISTEMAS AUXILIARES DEL SITIO**

### **1.7.1 Fuente de alimentación**

El sistema de suministro de energía interna de la Central Térmica Nueva Ventanas se basa en su propia generación de energía para satisfacer las necesidades energéticas internas. Sin embargo, durante las puestas en marcha u operaciones de baja carga, la planta extrae electricidad de la red nacional a través de la interconexión de 220 kV con la subestación Nogales para soportar los equipos auxiliares y las operaciones iniciales.

Cada unidad (V3 y V4) consume alrededor de 20-24 MW para sus procesos internos, incluida la operación de las bombas de agua de alimentación de la caldera, los sistemas de enfriamiento, los sistemas de manejo de combustible y el equipo de control. Durante el proceso de sincronización, a medida que la unidad aumenta gradualmente la generación, se produce la transición al alcanzar aproximadamente 50 MW de potencia generada, cambiando del respectivo transformador de arranque al modo de autoabastecimiento, permitiendo que la unidad sostenga sus cargas internas.

### **1.7.2 Generadores de emergencia**

La planta no tiene capacidad de arranque en negro.

Para la Unidad 3, un generador diésel de emergencia con una potencia nominal de 1.250 kVA garantiza un apagado seguro, suministrando cargas esenciales como el sistema DCS, el sistema de enfriamiento y el sistema de aceite lubricante, pero solo para este propósito. La sala del generador diésel está equipada con protección automática de rociadores.

Para la Unidad 4, un generador diésel de emergencia con una potencia nominal de 1,000 kVA, cumple la misma función, respaldando un apagado seguro al alimentar el sistema DCS, el sistema de enfriamiento y el sistema de aceite lubricante. Su habitación también está protegida por un sistema de rociadores automáticos.

Los generadores de emergencia se prueban semanalmente, funcionando sin carga durante 30 minutos, mientras que las pruebas de carga se realizan al menos una vez al año para garantizar la confiabilidad.

### **1.7.3 Baterías de emergencia de CC**

Los sistemas de baterías de las unidades V3 y V4 de la planta utilizan baterías de plomo-ácido ventiladas (VLA) HOPPECKE 9 OPZS 900, que proporcionan energía de respaldo confiable para operaciones críticas. Cada unidad cuenta con dos bancos de baterías (uno activo y otro en espera activa), cada uno compuesto por 110 baterías por banco con un voltaje nominal de 2 V por batería. Las baterías tienen una capacidad nominal de 900 Ah a 10 horas a 20 °C, una densidad nominal de 1,24 Kg/l a 20 °C y pesan 140 kg cada una, con unas dimensiones de 330 x 270 x 590 mm.

Los cargadores de baterías para las unidades V3 y V4 son fabricados por CEG. El cargador para la unidad V3 (I-4064) y la unidad V4 (I-4160) comparten las mismas especificaciones: una tensión de flotación nominal de 245 Vcc, una corriente máxima de 600 A, una corriente de flotación de 1 A, una tensión de carga de refuerzo de 264 V CC y una corriente de refuerzo máxima de 135 A durante un máximo de 16 horas.

Las actividades de prueba se llevaron a cabo en 2020, 2022 y 2024, mientras que los reemplazos preventivos de celdas están programados cada cinco años, con los últimos reemplazos completados en 2020 y el próximo planificado para 2025. Un contratista lleva a cabo inspecciones trimestrales para ambas unidades, incluidas inspecciones visuales, limpieza, medición de voltaje para cada celda, verificaciones de estanqueidad y determinación de la gravedad específica para el 10% de las celdas.

Las pruebas de capacidad se realizan cada tres a cinco años para monitorear el envejecimiento de la batería y determinar el momento de reemplazo. Para la unidad V3, la última prueba de capacidad en octubre de 2023 utilizó una prueba de rendimiento de dos pasos: el primer paso aplicó 479 A durante un minuto y el segundo paso se descargó a 261 A durante 180 minutos, con un voltaje final de 1,8 V por celda, arrojando resultados satisfactorios. Para la unidad V4, la última prueba de capacidad en febrero de 2024 utilizó una prueba de descarga de corriente constante de 254 A durante 180 minutos, con un voltaje final de al menos 1,8 V por celda, lo que también arrojó resultados satisfactorios.



Sala de baterías con extracción forzada y sensor de hidrógeno

#### 1.7.4 Aire comprimido

Los sistemas de aire comprimido de la unidad V3 constan de tres compresores Atlas Copco de tornillo rotativo (ZR 275-10-50), cada uno con una potencia nominal de 315 kW, que proporcionan 34 Nm<sup>3</sup>/min a 9,5 bar. La unidad V4 cuenta con un compresor Atlas Copco de tornillo rotativo (modelo ZT 160FF, 168 kW, 8,6 bar) fabricado en 2018, junto con dos compresores de pistón. Normalmente, el compresor de tornillo rotativo funciona junto con un compresor de pistón, mientras que el segundo compresor de pistón permanece en espera. La combinación de dos compresores (de pistón o de tornillo rotativo) es adecuada para satisfacer las demandas de la planta.

El sistema de aire comprimido cumple varias funciones, incluido el suministro de aire de servicio para el funcionamiento de equipos mecánicos, herramientas neumáticas, llaves y actividades de mantenimiento. Además, suministra aire de instrumentos de alta pureza, sin aceite y sin humedad para dispositivos de control e instrumentación de plantas operados neumáticamente. También admite la limpieza de filtros de mangas dentro del sistema de tratamiento de emisiones.

El aire del instrumento se procesa a través de un depósito de aire del instrumento, un prefiltro, un secador de aire y un posfiltro, lo que garantiza una alta pureza. Del mismo modo, el aire de servicio se distribuye a través de un depósito de aire de servicio y un prefiltro. La presión del aire de descarga de los compresores se regula a través de un microprocesador dedicado (Elektronikon MKIV), que gestiona las operaciones de carga y descarga en función de la lógica programada.



Sala de Compresores

### **1.7.5 Abastecimiento de agua**

El agua potable se suministra a través de un convenio con ESVAL y se utiliza como respaldo para los sistemas de preparación de purines, evitando el uso de agua de proceso desalinizada en caso de que algún equipo no esté disponible.

La instalación también incluye una planta de almacenamiento y dosificación de cloro, que utiliza hipoclorito de sodio al 10% para el tratamiento.

### **1.7.6 Combustible diésel y otras sustancias peligrosas**

Las sustancias y residuos peligrosos se almacenan en edificios de hormigón con techo ligero e incombustible, situados de forma segura y separados de los bloques de energía.



**Almacén de Residuos Peligrosos**



**Almacenamiento de gases comprimidos en cilindros**



**Acceso principal al sitio**



**Taller de Mantenimiento**