

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL ALMACÉN TEMPORAL INDIVIDUALIZADO EN LA CENTRAL NUCLEAR DE COFRENTES



FERNANDO TURRIÓN LÓPEZ

Ingeniero del Servicio Técnico Nuclear. Responsable de diseño y construcción del ATI
IBERDROLA GENERACIÓN NUCLEAR



JESÚS HERNANDO PÉREZ

Ingeniero del Servicio Técnico Nuclear. Jefe del proyecto ATI
IBERDROLA GENERACIÓN NUCLEAR



MIGUEL ÁNGEL DEL BARRIO AROBES

Ingeniero del Departamento de Servicios a Centrales
IBERDROLA GENERACIÓN NUCLEAR



EVA SALAS SÁNCHEZ

Responsable de licencia del ATI
IBERDROLA GENERACIÓN NUCLEAR



JAVIER GONZÁLEZ GARCÍA

Ingeniero Civil y Dirección facultativa de la construcción del ATI
BOSLAN INGENIERÍA Y CONSULTORÍA

INTRODUCCIÓN

El combustible gastado generado en la operación de la Central Nuclear de Cofrentes (CNC) se almacena en las piscinas de combustible gastado ubicadas en el Edificio de Combustible. De acuerdo con la capacidad útil de las mismas y con las previsiones de generación de combustible gastado, la saturación de las piscinas de la central se producirá al finalizar el ciclo de operación 23, en el año 2021.

El VI Plan General de Residuos Radiactivos vigente (julio 2006), en el que se presentan las estrategias y actuaciones a llevar a cabo en España en los distintos campos de la gestión de los residuos radiactivos y desmantelamiento, contempla, en relación con la gestión del combustible gastado y los residuos de alta actividad, la puesta en marcha de un Almacén Temporal Centralizado (ATC). Asimismo, en caso de que no estuviera disponible el ATC en las fechas de necesidad de almacenamiento del combustible gastado de cualquier central española, prevé alternativas de almacenamiento individualizado como solución transitoria.

Dada la indisponibilidad del ATC como la solución para la gestión del combustible gastado en la fecha de saturación de las piscinas, C.N. Cofrentes emprendió la construcción

de un Almacén Temporal Individualizado (ATI), dentro de los terrenos de la central, para el almacenamiento en seco del combustible gastado en contenedores destinados a tal fin.

DISEÑO Y LICENCIAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

El diseño del ATI comenzó en su fase inicial con el diseño conceptual en el año 2016, finalizándose con la ingeniería de detalle en 2018. Los distintos estudios realizados en cada una de las fases permitieron desarrollar el proyecto dando cumplimiento a la funcionalidad y a los requisitos aplicables a una instalación de estas características.

Estudios para definición de la implantación

El estudio de las posibles ubicaciones teniendo en cuenta los criterios aplicables permitió definir posteriormente la localización y dimensiones exactas del ATI, de la zona de maniobras asociada, los viales necesarios para el transporte de contenedores de combustible, sistema de edificios auxiliares, accesos y zonas de vallado.

Los principales criterios utilizados para ajustar su implantación fueron estar localizada en una zona no inundable, minimizar el impacto radiológico y quedar alejada de la influencia de estructuras cercanas. Como resultado de ello, la ubicación elegida se situó al noroeste de la planta junto a las torres de refrigeración (Figura 1).



Figura 1. Ubicación del ATI.

Proceso de licenciamiento del ATI de C.N. Cofrentes

La construcción en el emplazamiento de C.N. Cofrentes del ATI fue tramitada como una modificación de diseño de la instalación, regulada por los artículos 25, 26 y 27 del Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas, (RINR) los cuales han sido desarrollados en la Instrucción del CSN IS-21 sobre requisitos aplicables a las modificaciones en centrales nucleares.

En el artículo 25 del RINR y en el apartado 3.1 de la IS-21 se especifica que una modificación en la instalación de la central (con el alcance dado en la instrucción) que suponga la modificación de los criterios, normas y condiciones en las cuales se basa su autorización de explotación, requiere que se deba solicitar autorización para la misma y esta sea efectiva antes de la entrada en servicio de la modificación. Adicionalmente, y de manera independiente, cuando a juicio de la Dirección General de la Energía o del Consejo de Seguridad Nuclear, una modificación sea de gran alcance o implique obras de construcción y montaje significativas, requerirá una solicitud de autorización de ejecución y montaje, que deberá ser efectiva antes de iniciarse las actividades.

La construcción del ATI en el emplazamiento de CNC, como en el caso de la construcción de este tipo de instalaciones en el emplazamiento de otras centrales españolas, se ha considerado una modificación de gran alcance, por lo que ha sido necesario solicitar de manera independiente ambas autorizaciones, una previa de ejecución y montaje y otra de puesta en servicio.

Al respecto, el 19 de julio de 2017, Iberdrola Generación Nuclear presentó la solicitud de autorización de ejecución y montaje de acuerdo con el artículo 25.1 del RINR, y su documentación asociada para el Almacén Temporal Individualizado de C.N. Cofrentes al Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital. La implantación final del ATI fue congelada para su presentación al CSN dentro de esta solicitud, sirviendo como punto de partida para el desarrollo de la inge-

nería de detalle de la instalación y para la presentación de la solicitud de puesta en servicio.

Estudio de impacto ambiental

Se han realizado todos los trabajos necesarios para cumplir el trámite de Evaluación Ambiental para la autorización de un Almacenamiento Temporal Individualizado (ATI) de combustible usado en la central nuclear de Cofrentes, de acuerdo con lo establecido en la Ley 21/2013 de Evaluación Ambiental.

Los hitos principales de esta tarea fueron la presentación del documento inicial el 5 de octubre de 2016 conforme a lo indicado en el punto 2 del artículo 34 de la Ley 21/2013 de Evaluación Ambiental y la presentación del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) el 27 de octubre de 2017 de acuerdo a lo recogido en el artículo 35 de la Ley de Evaluación Ambiental.

Con fecha de 12 de junio de 2019 la Dirección General de Biodiversidad y Calidad Ambiental formuló declaración de impacto ambiental favorable a la realización del proyecto del ATI.

Estudios de ingeniería básica

Para corroborar la validez del emplazamiento, optimizar el diseño a las características de la C.N. Cofrentes y sentar las bases del desarrollo de la ingeniería de detalle, se realizaron los siguientes trabajos más destacables:

Bases de diseño del ATI

Se recopilaron los criterios básicos de diseño y las restricciones aportadas por las características propias del emplazamiento, considerándose aspectos tales como, número de contenedores, dimensiones y características de los contenedores, término fuente a considerar en los contenedores, espacios de maniobra o criterios de constructibilidad y operabilidad, verificando todo frente a la legislación aplicable en España, a otras instalaciones en centrales nucleares españolas y las propias bases de diseño de C.N. Cofrentes.

Desarrollo de la implantación

De acuerdo con los criterios de diseño básicos, se definió la localización y dimensiones exactas del ATI de C.N. Cofrentes, de la zona de maniobras asociada, los viales necesarios para el transporte de contenedores de combustible, edificios auxiliares y accesos, así como zonas de vallado. Para el desarrollo de esta tarea se consideraron las condiciones de contorno limitantes para la instalación de cara al almacenamiento y transporte de contenedores y teniendo en cuenta igualmente las limitaciones impuestas por la normativa aplicable derivada de las instrucciones técnicas del CSN o de otros organismos.

Estudio geotécnico

Se ejecutó una campaña de ensayos geotécnicos completa para caracterizar el terreno de la zona y todos los cálculos asociados. Las características del terreno y la profundidad del nivel freático permitieron definir la cota de cimentación entorno a unos 3 metros bajo el terreno natural original.

Estudio de disposición general

En función de número, dimensiones de los contenedores, y distancias mínimas a mantener entre ellos para su manejo, se diseñó una superficie de almacenamiento de 2 lo-

sas de 20 x 31 metros, con capacidad de 12 contenedores cada una, en disposición de 2 filas de 6. Para el manejo de los contenedores y el tránsito de la grúa, se ha previsto un espacio perimetral a las losas de entre 10 y 15 metros, quedando así una superficie principal total de dimensiones 56 x 75 metros. Rodeando este conjunto se ha dispuesto un muro de contención de tierras de 6 metros de altura.

Cálculos de radiológicos

Se modelizaron radiológicamente los contenedores, los muros y taludes perimetrales, y se comprobó que las dosis teóricas en el exterior cumplían con los límites establecidos en la IS-29 del Consejo de Seguridad Nuclear.

Predimensionamiento de los distintos elementos estructurales

Se dimensionaron los muros perimetrales, pendientes de taludes, espesores de pavimentos y losas de almacenamiento de forma que pudieran servir de datos para cálculos y diseños posteriores (Figuras 2, 3, 4 y 5).

Ingeniería de detalle

Toda la ingeniería de detalle se desarrolló dando cumplimiento a los códigos y normas aplicables, definiendo de forma precisa todos los elementos que conforman el diseño de cara a su posterior ejecución.

Cálculo de las losas de almacenamiento

El cálculo global para el análisis y dimensionamiento de las losas de almacenamiento se soportó en estudios auxiliares



Figura 2. Sondeos geotécnicos en campo.

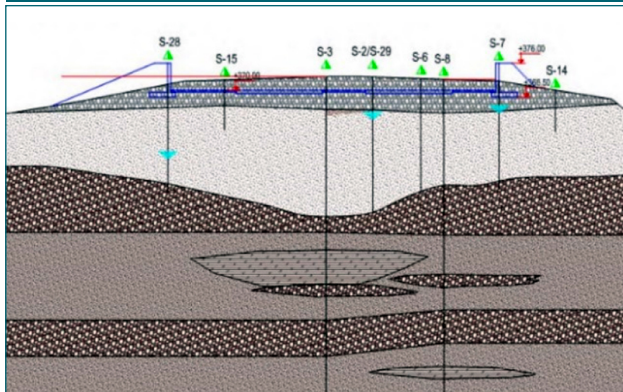


Figura 3. Perfil geotécnico.

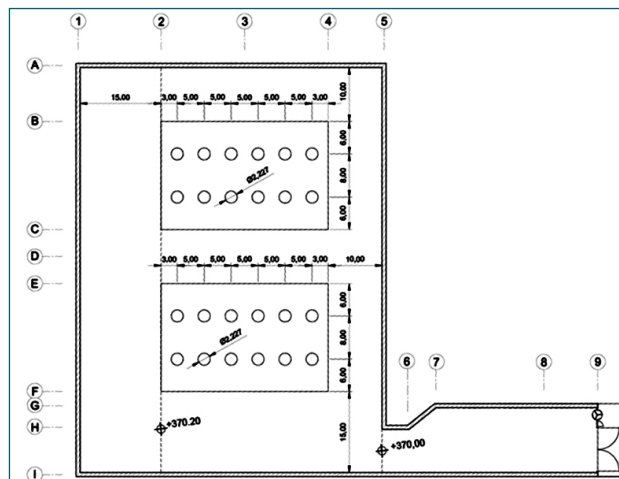


Figura 4. Disposición general

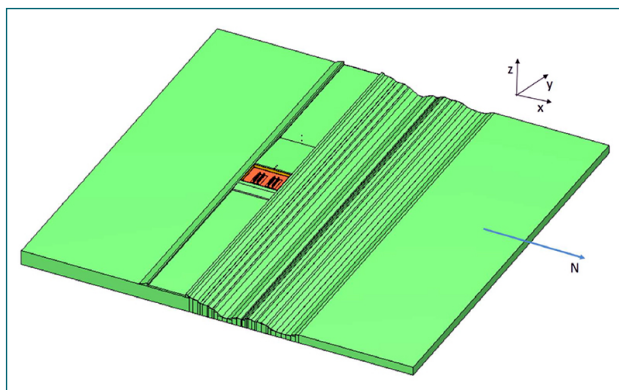


Figura 5. Cálculos de protección radiológica.

de las temperaturas y conductividades de los contenedores, losas y terreno, y la obtención de las impedancias dinámicas del suelo para diversas configuraciones de carga. El diseño sísmico de las losas se realizó considerando un sismo de diseño de 0,3g, según la *Regulatory Guide 1.60*.

Diseño de estructuras auxiliares, sistemas e instalaciones

Se desarrolló el diseño de las estructuras y sistemas auxiliares que darían soporte a la operación de la instalación tales como la grúa de manejo de contenedores, la monitorización de la presión entre tapas de los contenedores, las redes de pluviales, el sistema de PCI y el sistema eléctrico.

Estudio hidrogeológico

Con objeto de la caracterizar el agua subterránea, sus aportes y descargas y analizar el posible potencial para alcanzar las losas de almacenamiento, se han realizado los ensayos de bombeo pertinentes en sondeos piezométricos profundos. Actualmente dichos piezómetros están incluidos en la red de control de agua subterránea de la central de forma que quedan monitorizados periódicamente.

Servicios afectados e interfases

Se identificaron todos los servicios afectados por la implantación del ATI y de sus estructuras y auxiliares, y se planificaron las interfases con los sistemas y servicios de planta existentes, dando continuidad a los mismos en todo momento durante la obra de construcción (Figuras 6, 7, 8 y 9).

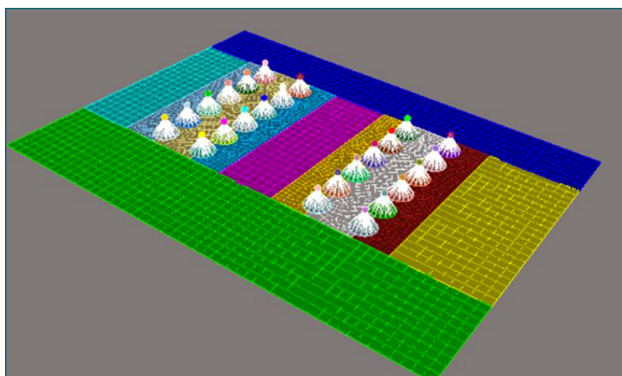


Figura 6. Modelización SASSI.

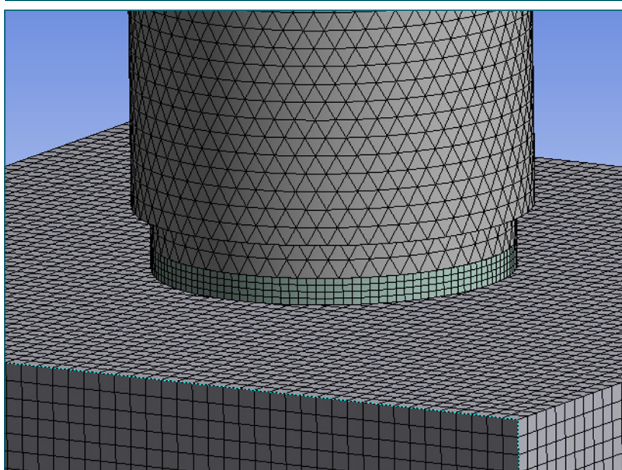


Figura 7. Modelización de losas y contenedores.

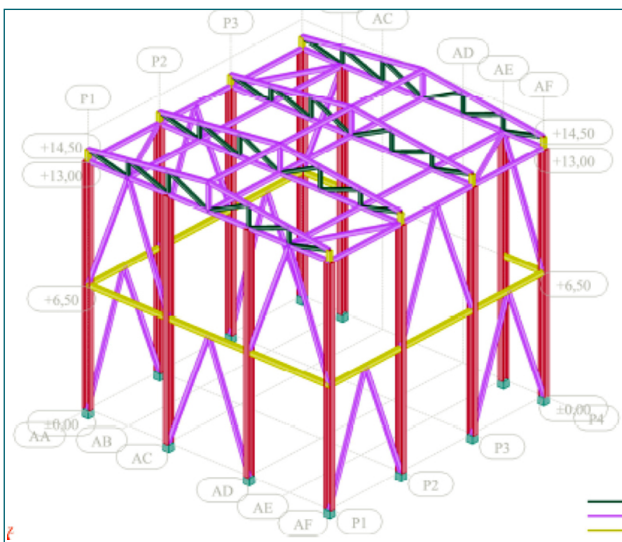


Figura 8. Estructura metálica auxiliar.

Diseño para construcción

El ATI es una instalación a la intemperie diseñada para almacenar 24 contenedores de combustible gastado dentro del emplazamiento de la central nuclear de Cofrentes.

La superficie de la instalación principal de almacenamiento es de 4200 m², rodeada en su perímetro por unos muros de hormigón armado de 6 metros de altura libre, cuyo trasdós, se ha rellenado con tierras hasta coronación. Consta de 2 losas de almacenamiento, de 31 x 20 m² cada una y un

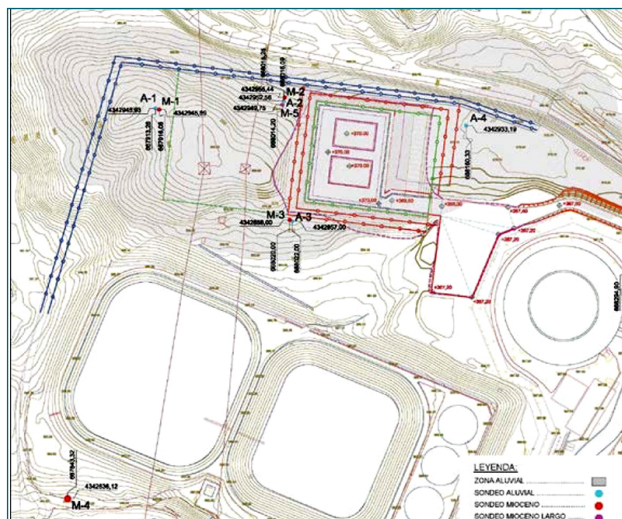


Figura 9. Ensayos hidrogeológicos.



Figura 10. Simulación 3D – Zona almacenamiento.

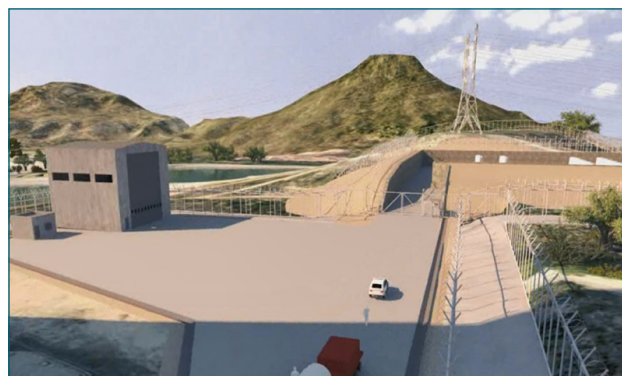


Figura 11. Simulación 3D –Edificios y acceso.



Figura 12. Vista ATI Construcción.



Figura 13. Vista edificios auxiliares.

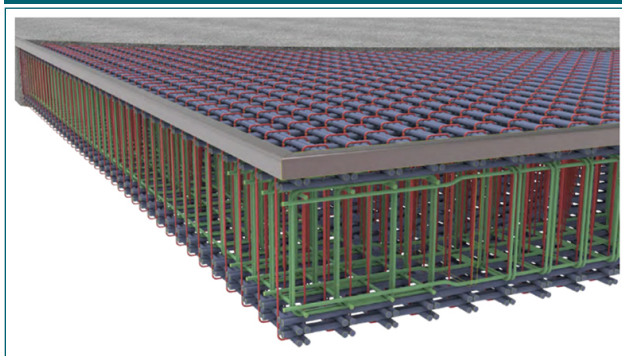


Figura 14. 3D armado losas almacenamiento.



Figura 15. Fotografía disposición armado losas.

metro de espesor, bordeadas por pasillos perimetrales de entre 10 y 15 m de anchura que permitirán la circulación de la grúa de manejo de contenedores.

Se han construido dos edificios anexos que albergarán los cuadros de instalaciones y la grúa de manejo, y una explanada auxiliar de unos 3000 m² para efectuar las maniobras necesarias previas al almacén de los contenedores.

La instalación se completa con un vial de unos 500 m de longitud que conecta la planta con la explanada de maniobras, y un sistema de vallados de seguridad que integra todo el conjunto de la instalación en la zona protegida de la central (Figuras 10, 11, 12, 13, 14 y 15).

CONSTRUCCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Después del proceso de diseño y licenciamiento iniciado en 2016, se obtuvo la autorización de ejecución y montaje en junio de 2019. Los trabajos de ejecución comenzaron en

agosto de 2019, finalizando, en agosto de 2020, la zona de almacenamiento e instalaciones auxiliares.

Recursos materiales y humanos necesarios

A lo largo de toda la construcción, han participado más de 80 empresas invirtiendo más de 100 000 horas-hombre de trabajo. Las principales cuantías y volúmenes movilizados en el proyecto se resumen en la siguiente tabla:

	CANTIDAD
Superficie afectada	50.000 m ²
Superficie construida	31.000 m ²
Movimiento de tierras	45.000 m ³
Acero de armar	1.500 t
Hormigón	10.000 m ³
Vallados	1.800 m
Firmes y pavimentos	8.100 m ²

Tabla. Cantidades principales.



Figura 16. Simulación 3D ATI – Perspectiva.

Elementos especiales de la construcción

Algunas de las consideraciones adoptadas para el diseño del ATI, tuvieron que ser especialmente estudiadas a la hora de su implantación.

Compensación de volúmenes de tierras

La elevada cantidad de material resultante de la excavación fue considerada en la fase de proyecto, y se adaptó el diseño del ATI, para compensar los volúmenes de tierra de desmonte y terraplén rellenando los trasdoses de los muros hasta coronación. Esto contribuía además a un mayor blindaje perimetral y a una apreciable reducción de dosis radiológica, a la minimización del impacto ambiental.

El terreno en su mayor parte estaba constituido por conglomerados altamente cementados los cuales, además de proporcionar una elevada capacidad portante, daban suelos adecuados y seleccionados aptos para rellenos estructurales después de un proceso de machaqueo y selección.

Durante el proceso de movimiento de tierras se estudiaron los espacios disponibles para acopio y tratamiento de áridos que no impactaran en el avance del resto de los trabajos, ya que la zona se encontraba muy delimitada por distintos elementos existentes como torres eléctricas, vallados de zona supervisada y protegida, y acusados desniveles (Figuras 17, 18 y 19)

Vallados de seguridad física

El ATI se ha ubicado en una zona que originalmente quedaba fuera del área protegida. Por las propias características de la instalación y de su operación en el futuro, la zona de almacenamiento, sus edificios auxiliares y el vial de conexión con planta, han de quedar dentro de dicha zona protegida



Figuras 17, 18 y 19. Movimiento y tratamiento de tierras.

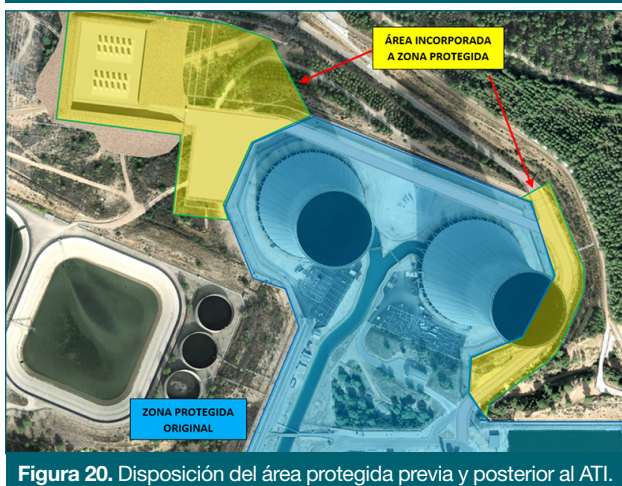


Figura 20. Disposición del área protegida previa y posterior al ATI.

para lo que ha sido necesario ampliarla eliminando parte del trazado del vallado antiguo, y poniendo en servicio nuevos tramos y sus correspondientes sistemas.

Estas operaciones de transición, eliminación y puesta en marcha de antiguos y nuevos sistemas de detección e intrusión han sido especialmente estudiadas, planificadas y coordinadas, contando en muchas ocasiones con refuerzos especiales en la seguridad física durante su ejecución (Figura 20).

Accesos en operaciones especiales

Debido a los requisitos constructivos de algunos elementos estructurales, se han tenido que ejecutar suministros especiales en un intervalo de tiempo acotado. Así, por ejemplo, el hormigonado de cada una de las losas de almacenamiento se realizó de una sola vez por tener una disposición sin juntas, lo que implicó el acceso de forma fluida de 80 hormigoneras en un intervalo de 12 horas.

A lo largo de todo el periodo de construcción, han accedido más de 1500 vehículos pesados al emplazamiento con los suministros necesarios para la ejecución (Figuras 21 y 22).

Sucesos externos durante la construcción

Durante la construcción, eventos ajenos a la misma han dificultado el avance y rendimientos, y pudieron llegar a suponer la paralización momentánea del proyecto. Estos, fundamentalmente han sido los factores meteorológicos y la aparición de la pandemia de la COVID-19.

Impacto meteorológico

Durante el periodo comprendido entre diciembre de 2019 y abril de 2020, la zona de levante sufrió episodios de lluvias



Figura 21. Hormigonado losa Sur.



Figura 22. Hormigonado losa Norte.

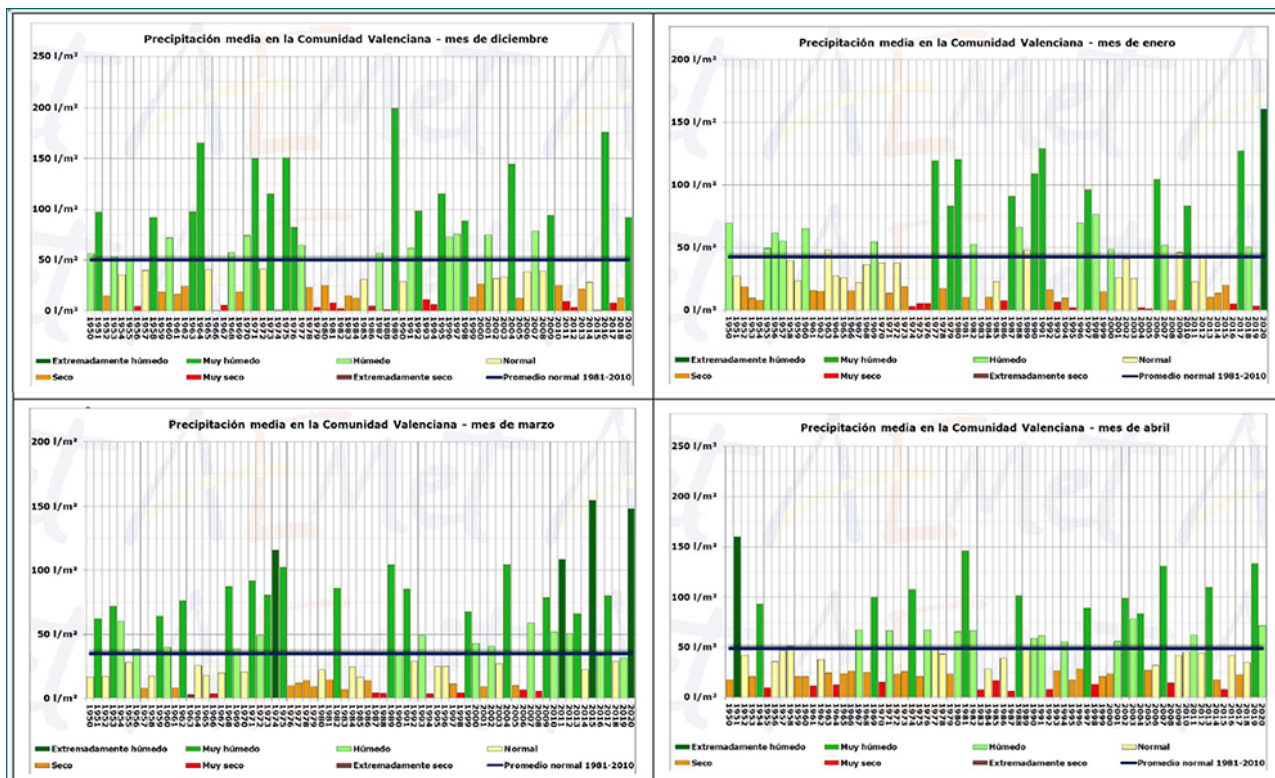


Figura 23. Gráficos mensuales pluviometría de la Comunidad Valenciana. Fuente: AEMET.



Figura 24. Fotografías durante los meses de enero y marzo - Pluviometría.

torrenciales continuadas, con medias mensuales de entre 3 y 4 veces la media habitual.

Concretamente, en el emplazamiento de la central nuclear de Cofrentes, la precipitación mensual en esos meses osciló entre 52 y 133 mm, haciendo un máximo diario de 52 mm/día en el mes de enero, y con una constancia de 12 días lluviosos al mes durante los meses de marzo y abril.

Estas condiciones se produjeron durante la fase de construcción, de movimiento de tierras, y de hormigonados, lo que resultó en una reducción drástica de la eficiencia e hizo necesaria una replanificación de los recursos posteriores que pudieran compensar los tiempos perdidos (Figuras 23 y 24).

Pandemia COVID-19 – Estado de alarma

A lo largo del mes de marzo del 2020, se decretó el estado de alarma en el país con la aplicación de medidas que progresivamente irían siendo más restrictivas entre las que se

encontraban la limitación de los desplazamientos y trabajos no esenciales, incluyendo en estos, las obras de construcción.

Debido a la importancia del ATI para la continuidad de la operación de la central, éste fue definido como obra de construcción esencial, y se dispusieron todos los medios logísticos necesarios que aseguraran los desplazamientos y la estancia de los trabajadores, teniendo en todo momento coordinación con las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad locales y asignadas.

A pesar de todo, numerosas empresas de suministro de materiales fueron afectadas gravemente por la situación, obligando en muchos casos a su cierre parcial o total.

La recontractación de suministradores con garantías y dispuestos al suministro durante ese periodo de elevada incertidumbre, supuso un esfuerzo de gestión, que finalmente se acometió con éxito pudiendo concluir la obra en plazo y

pudiendo compensar los retrasos que a priori, se produjeron con este motivo.

CONCLUSIONES

El Almacén Temporal Individualizado surge como respuesta a la saturación las piscinas del Edificio de Combustible y la necesidad de almacenar el combustible gastado en la operación de la central nuclear de Cofrentes.

Su diseño y licenciamiento comenzó en 2016, culminándose la construcción en 2020, permitiendo de esta forma, la carga de contenedores con combustible gastado de las piscinas y la continuidad de la operación de la central más allá de la recarga de 2021.

REFERENCIAS

- IS-29: Instrucción de 13 de octubre de 2010 del Consejo de Seguridad Nuclear, número IS-29, sobre criterios de seguridad en instalaciones de almacenamiento temporal de combustible gastado y residuos radiactivos de alta actividad.
- NUREG 1536 Revision 1, July 2010. Standard Review Plan for Spent Fuel Dry Storage Systems at a General License Facility.
- Datos de pluviometría de la Comunidad Valenciana. Periodos diciembre 2019 - abril 2020. Fuente AEMET. ■



Figuras 29 y 30. Estado final de la instalación construida