

**DEPARTAMENTO DE ENERGÍA NUCLEAR
UNIVERSIDAD DE KANTGOWRONG**

**MANUAL DE OPERACIÓN Y MANUAL
DE INSPECCIÓN Y SERVICIO
REACTOR NUCLEAR DE ENERGÍA NR-1001**

SEPTIEMBRE DE 1972

XCM 201

MANUAL DE OPERACIÓN
REACTOR NR-1001

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA NUCLEAR
UNIVERSIDAD DE KANTGOWRONG

REVISIÓN: SEPTIEMBRE DE 1972

ÍNDICE

página

CAPÍTULO I

ADVERTENCIAS Y POLÍTICAS DE LA EMPRESA..... 3

CAPÍTULO II

MAPA CENTRAL..... 4

CAPÍTULO III

FUNCIONAMIENTO DE LOS COMPONENTES

1. válvula.....	5
2. Bomba.....	6
3. Medidor de caudal.....	7
4. Medidor de presión.....	8
5. Intercambiador de calor.....	9
6. Level sensor.....	10
7. Accumulador.....	11
8. Turbina.....	12
9. Generador/alternador.....	13

CAPÍTULO IV

ÁREAS

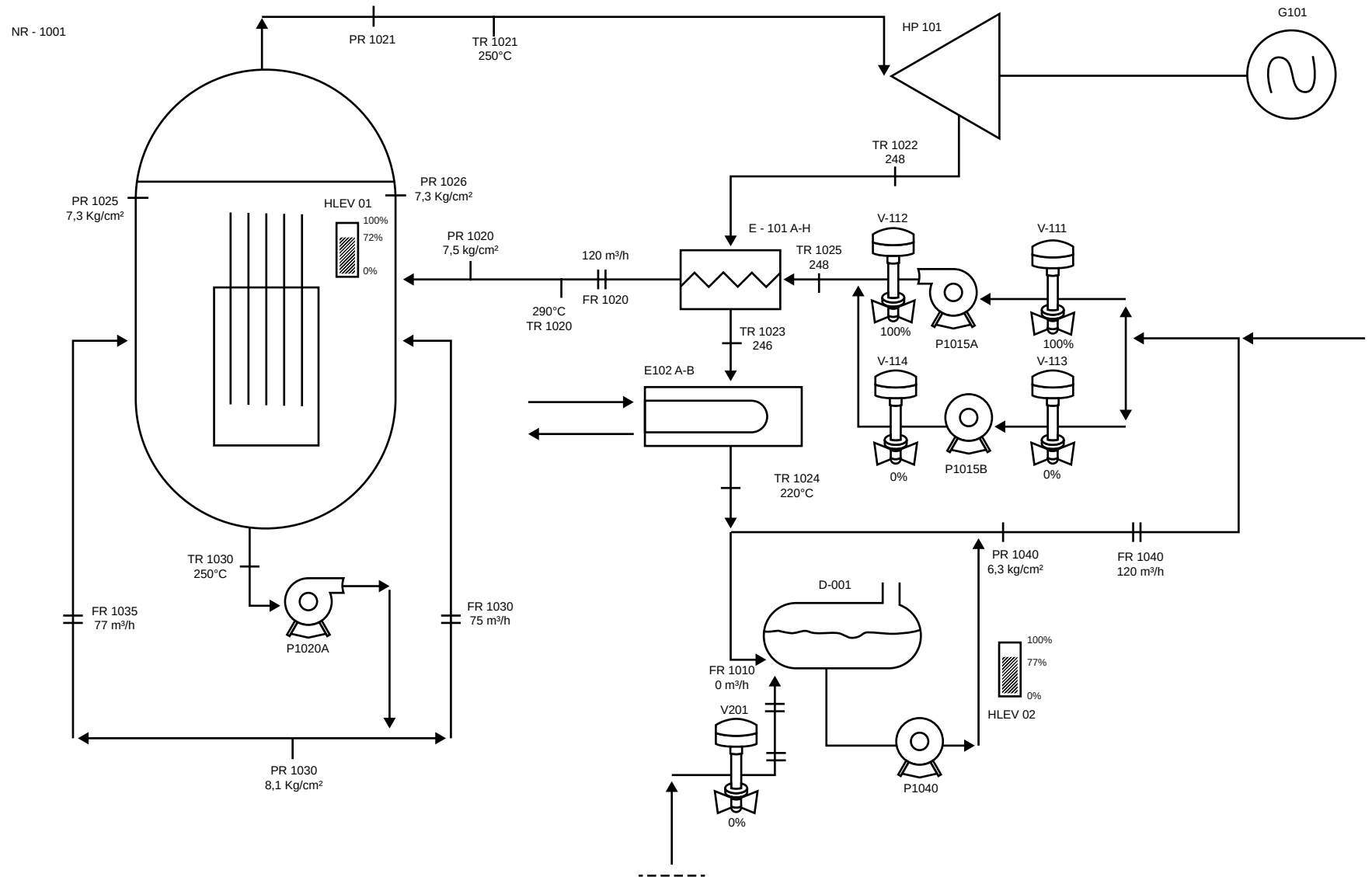
1. Reactor.....	14
2. Barras de control.....	15
2. Generación de energía.....	16
3. Recuperación de calor.....	17
4. Condensación.....	18
5. Circuito de bombeo agua de circulación.....	19

CAPÍTULO V

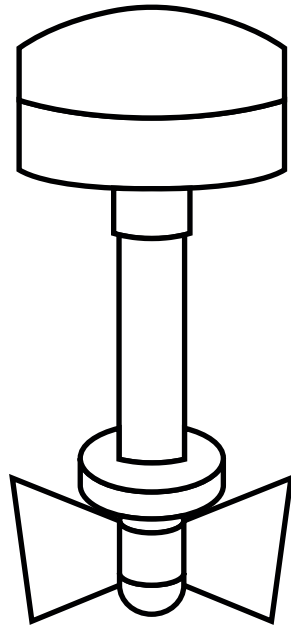
LISTAS DE COMPONENTES

Detectores de temperatura.....	20
Detectores de presión.....	21
Detectores de caudal.....	22
Medidores de nivel / Bombas.....	23
Válvulas.....	24

MAPA CENTRAL



VÁLVULA



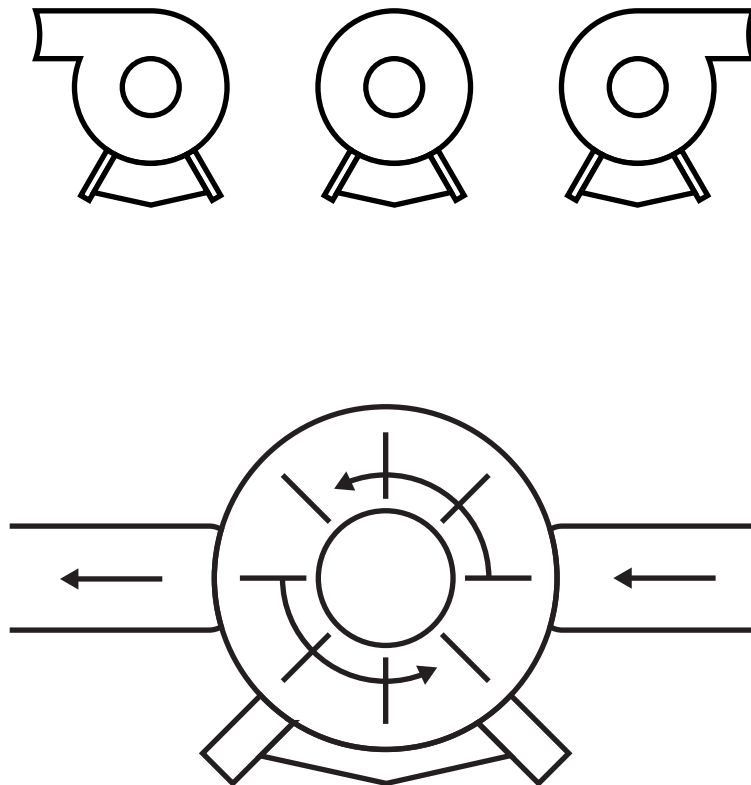
Código: V

La válvula es un dispositivo mecánico esencial que permite regular, iniciar, interrumpir o desviar el flujo de un fluido dentro de una instalación. En una central nuclear, las válvulas desempeñan un papel crucial para garantizar la seguridad, la eficiencia y el control de los distintos circuitos. Pueden instalarse en los circuitos primarios (que transportan el refrigerante desde el reactor hasta los generadores de vapor), en los circuitos secundarios (que llevan el vapor a las turbinas), en los sistemas de refrigeración de emergencia y en las instalaciones auxiliares.

Las válvulas pueden accionarse manualmente o de forma automática, mediante actuadores eléctricos, neumáticos o hidráulicos, controlados por sensores o por operadores desde la sala de control. Algunas válvulas están diseñadas para reaccionar de forma autónoma ante condiciones críticas, como sobrepresiones o variaciones bruscas de temperatura, activándose para proteger la integridad de la instalación.

Existen distintos tipos: válvulas de compuerta, adecuadas para aperturas y cierres completos; válvulas de globo, utilizadas para regular con precisión el flujo; válvulas de bola y de mariposa, populares por su rapidez de maniobra. Cada tipo tiene características específicas en función del fluido, la presión de funcionamiento y la función que debe cumplir. Las válvulas deben someterse a un mantenimiento regular e inspecciones exhaustivas para asegurar que se abren y cierran correctamente. Un fallo en una válvula puede comprometer el equilibrio del sistema y, en algunos casos, poner en riesgo la seguridad de la instalación. Por ello, su estado se supervisa y registra constantemente en los sistemas de control.

BOMBA



Código: **P**

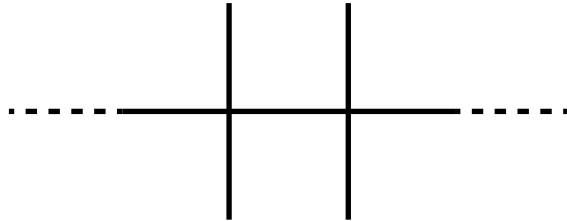
La bomba es un dispositivo mecánico diseñado para mover un fluido de un punto a otro del sistema, aumentando su presión para hacerlo circular dentro de los circuitos. En una central nuclear, las bombas tienen un papel central: garantizan el flujo constante de agua u otros fluidos en los sistemas de refrigeración, en los circuitos primarios y secundarios, y en las instalaciones auxiliares.

En el circuito primario, por ejemplo, las bombas de refrigerante son responsables del transporte continuo de agua a alta presión desde el reactor hasta los generadores de vapor. Este flujo permite absorber el calor producido por el núcleo y transferirlo al circuito secundario, sin contacto directo entre el agua radiactiva y el vapor que impulsa la turbina. Las bombas deben funcionar de forma continua y fiable, incluso en condiciones extremas de temperatura y presión. Normalmente están alimentadas por potentes motores eléctricos y están diseñadas con redundancias: cada bomba crítica tiene una o más unidades de reserva listas para entrar en funcionamiento en caso de fallo. En los sistemas de seguridad también existen bombas de emergencia, activadas automáticamente en caso de accidente o corte de energía, que pueden estar alimentadas por generadores independientes.

Existen distintos tipos de bombas, entre ellas las centrífugas, que utilizan la fuerza centrífuga para impulsar el fluido hacia el exterior y hacerlo circular por las tuberías, y las bombas volumétricas, más precisas, que se usan cuando es necesario mover cantidades exactas de líquido.

El monitoreo de las bombas es constante. Sensores dedicados miden parámetros como presión, temperatura, vibraciones y caudal, para detectar con antelación señales de desgaste o fallos. El mantenimiento preventivo es fundamental: una bomba fuera de servicio puede comprometer todo el sistema de refrigeración y representar un riesgo para la seguridad de la instalación.

MEDIDOR DE CAUDAL



Código: **FR**

El medidor de caudal es un instrumento utilizado para determinar la cantidad de fluido que atraviesa una sección de una tubería en un intervalo de tiempo determinado. En una central nuclear, el caudal representa un parámetro fundamental para el control y la seguridad del sistema, ya que permite comprobar si los fluidos –como el agua del circuito primario, el vapor del secundario o los líquidos de refrigeración– están circulando con la velocidad y el volumen esperados.

Un flujo adecuado garantiza que el calor generado por el núcleo del reactor se transfiera y disipe eficientemente. Un caudal demasiado bajo puede indicar un problema, como una obstrucción, un fallo en las bombas o una fuga. Por el contrario, un caudal excesivo puede generar presiones anómalas y

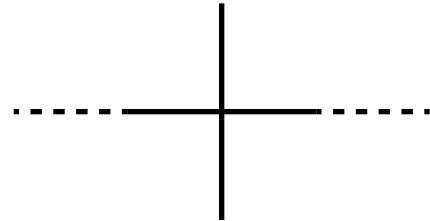
esfuerzos mecánicos en las estructuras. Por tanto, el monitoreo continuo del caudal es esencial para mantener la planta en condiciones de operación seguras y estables.

Existen varios tipos de medidores de caudal utilizados en centrales nucleares, cada uno con características adecuadas a condiciones operativas específicas. Los más comunes incluyen los medidores de diferencia de presión (como los orificios, los tubos de Venturi o los medidores de diafragma), que calculan el caudal en función de la diferencia de presión creada por el paso del fluido a través de un estrechamiento. Otros modelos emplean tecnologías ultrasónicas o electromagnéticas, que ofrecen lecturas precisas y sin partes móviles, ideales para entornos de alta temperatura o fluidos radiactivos.

El medidor de caudal está conectado a los sistemas de control de la planta y envía datos en tiempo real a la sala de mando. Las variaciones de caudal se registran, se analizan y, si es necesario, activan alarmas o intervenciones automáticas para corregir la anomalía. En algunos casos, se prevén sistemas redundantes, es decir, varios medidores instalados en el mismo tramo de tubería, para permitir la comparación de lecturas y aumentar la fiabilidad general.

El mantenimiento y la calibración periódica de los medidores de caudal son indispensables para garantizar la precisión de las mediciones a lo largo del tiempo. Una lectura errónea puede comprometer el equilibrio térmico de todo el sistema y, en los peores casos, llevar a condiciones operativas peligrosas. Por ello, el personal técnico verifica constantemente el rendimiento de estos instrumentos e interviene rápidamente en caso de deriva o fallo.

MEDIDOR DE PRESIÓN



Código: **PR**

El medidor de presión es un instrumento esencial para el monitoreo de los fluidos dentro de los distintos sistemas de una central nuclear. La presión es un parámetro crítico, ya que influye directamente en la seguridad, la eficiencia y la integridad mecánica de la planta. Controlar la presión en los circuitos primario y secundario, en los tanques, en los generadores de vapor y en los sistemas auxiliares permite detectar anomalías a tiempo, prevenir daños estructurales y garantizar condiciones operativas dentro de los límites de diseño.

Los medidores de presión detectan la fuerza ejercida por el fluido sobre las superficies internas del sistema. Estos dispositivos se instalan en puntos estratégicos y transmiten

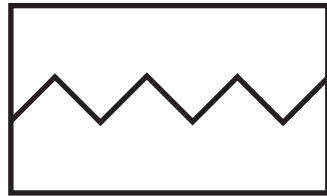
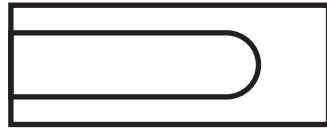
en lecturas continuas a los sistemas de control, donde la información se compara con los valores esperados. Si se detectan desviaciones significativas, el sistema puede activar alarmas, ajustar la apertura de válvulas o iniciar procedimientos de emergencia.

Entre las tecnologías más utilizadas están los transductores de presión, que transforman la presión en una señal eléctrica proporcional. Otros instrumentos emplean elementos mecánicos deformables, como el tubo de Bourdon, los diafragmas o las cápsulas elásticas, para medir la presión de forma directa. En los sistemas modernos, los sensores digitales garantizan una alta precisión y están diseñados para resistir condiciones extremas de temperatura, radiación y vibraciones. El medidor de presión es fundamental, por ejemplo, en el circuito primario, donde el agua se mantiene a una presión muy elevada para evitar su ebullición, incluso a temperaturas superiores a los 300°C. Una caída de presión en este circuito puede indicar una fuga de refrigerante, una rotura o una avería en las bombas. En el circuito secundario, en cambio, la presión del vapor debe controlarse para asegurar una eficiencia óptima en la turbina y evitar sobrepresiones en los generadores.

La calibración periódica de los medidores de presión es obligatoria. Incluso pequeñas imprecisiones pueden comprometer la capacidad del sistema para reaccionar correctamente ante situaciones críticas. Por ello, los sensores se prueban y sustituyen periódicamente, siguiendo protocolos rigurosos. Además, en los puntos más sensibles de la instalación suelen instalarse sistemas redundantes, que permiten la verificación cruzada de las lecturas.

En un entorno complejo como el de una central nuclear, el medidor de presión no es solo un instrumento de medición, sino una barrera de control activa, fundamental para el funcionamiento seguro y estable de toda la planta.

INTERCAMBIADOR DE CALOR



Código: **E**

El intercambiador de calor es un componente fundamental en los sistemas termo-hidráulicos de una central nuclear. Su función principal es transferir energía térmica de un fluido caliente a otro más frío sin que entren en contacto directo. En la mayoría de los reactores de agua a presión (PWR), el intercambiador de calor principal es el generador de vapor, que transfiere el calor del circuito primario (agua radiactiva) al circuito secundario (agua no radiactiva), generando vapor que alimenta la turbina.

El principio de funcionamiento se basa en la conducción térmica a través de superficies metálicas: los tubos del intercambiador separan los dos fluidos y permiten la transferencia de calor de forma controlada y eficiente. El agua a

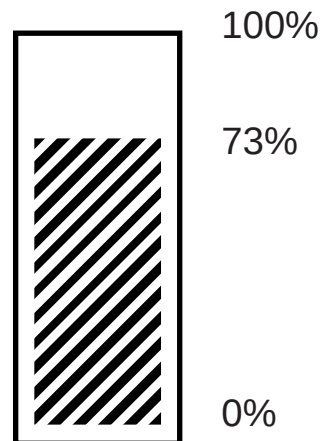
alta temperatura procedente del reactor circula por el interior de los tubos, mientras que el agua del circuito secundario fluye por el exterior, absorbiendo el calor y transformándose en vapor. Este proceso permite mantener la radiactividad contenida en el circuito primario, manteniendo el circuito secundario limpio y seguro.

La estructura de un intercambiador de calor está diseñada para resistir presiones y temperaturas muy elevadas, así como la acción corrosiva del agua tratada químicamente. Los materiales utilizados deben tener una alta conductividad térmica y excelentes propiedades mecánicas. Los tubos suelen estar fabricados en aleación de níquel o acero inoxidable para garantizar durabilidad y fiabilidad a largo plazo.

El correcto funcionamiento del intercambiador de calor es esencial para la eficiencia global de la central. Si disminuye su capacidad de transferencia térmica –por incrustaciones, daños en los tubos o fugas–, se reduce la producción de vapor y el sistema de refrigeración del reactor puede verse comprometido. Por ello, el intercambiador está equipado con instrumentos de monitorización y se somete a controles periódicos mediante inspecciones visuales, pruebas de estanqueidad y análisis del rendimiento térmico.

Un posible daño en las paredes internas podría provocar un contacto directo entre los dos fluidos, con riesgo de contaminación radiactiva en el circuito secundario. En estos casos, se activan procedimientos de aislamiento y vaciado, seguidos de intervenciones técnicas especializadas. La presencia de sistemas redundantes y válvulas de cierre permite limitar rápidamente cualquier consecuencia operativa o ambiental. El intercambiador de calor representa, por tanto, un punto clave del ciclo térmico de la central. Su eficiencia e integridad estructural son elementos determinantes tanto para el rendimiento energético de la instalación como para su seguridad global.

MEDIDOR DE NIVEL



Código: **HLEV**

El medidor de nivel es un dispositivo esencial para controlar el volumen de fluido contenido en tanques, cisternas y generadores de vapor dentro de una central nuclear. En particular, el nivel del agua en los sistemas de refrigeración y en el generador de vapor debe mantenerse constantemente dentro de límites operativos precisos para garantizar la seguridad y eficiencia de la planta. Una variación anómala puede indicar una fuga, un mal funcionamiento de las bombas, una obstrucción en las líneas o un error en los sistemas de control. En el generador de vapor, por ejemplo, el nivel del agua debe ser lo suficientemente alto para permitir la absorción del calor procedente del circuito primario, pero no tan alto como para dificultar la formación de vapor o el funcionamiento de

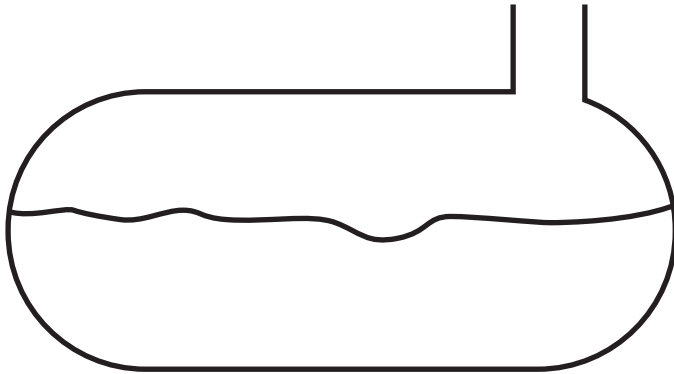
la turbina. Un nivel demasiado bajo podría causar sobrecalentamiento y dañar las tuberías, mientras que un nivel demasiado alto podría hacer llegar agua líquida a la turbina, comprometiendo su integridad.

Los medidores de nivel pueden funcionar con diversas tecnologías. Entre los sistemas más comunes se encuentran los transductores de presión diferencial, que miden la variación de la presión hidrostática del fluido. Otros dispositivos se basan en principios ópticos, capacitivos, ultrasónicos o radar, que permiten mediciones sin contacto directo, ideales en entornos de alta temperatura o radioactividad. En algunos casos también se utilizan indicadores visuales de flotador, pero solo en circuitos secundarios o tanques de servicio. Los sensores están conectados a los sistemas de supervisión y control y transmiten lecturas en tiempo real. En caso de variaciones anómalas, el sistema puede activar alarmas, modificar la velocidad de las bombas o regular la apertura de las válvulas para restablecer el nivel correcto. Los valores de umbral se establecen durante el diseño y se prueban durante ejercicios y mantenimientos programados.

Un aspecto clave es la redundancia: en puntos críticos, como los generadores de vapor o los tanques de agua borada, se instalan múltiples sensores independientes para garantizar el funcionamiento continuo incluso si uno de ellos falla. La coherencia entre las señales recibidas se verifica constantemente y, en caso de discrepancias, se inicia un diagnóstico automático.

El medidor de nivel no es solo un instrumento de lectura, sino parte integrante de la lógica de control de la planta. Proporciona datos esenciales que influyen directamente en las decisiones de regulación automática y manual. Su correcto funcionamiento se garantiza mediante mantenimiento regular, calibración precisa y pruebas funcionales según los protocolos de seguridad nuclear.

ACUMULADOR



Código: **D**

El acumulador es un contenedor de gran capacidad utilizado para el almacenamiento seguro y controlado de líquidos dentro de una central nuclear. En concreto, las cisternas pueden contener agua de refrigeración, soluciones de agua borada, fluidos de servicio o, en algunos casos, condensados del circuito secundario. Su función principal es garantizar la disponibilidad constante de los fluidos necesarios para el funcionamiento y la seguridad de la instalación, incluso en condiciones extraordinarias o de emergencia.

Existen distintos tipos de acumuladores en una central nuclear: algunos son atmosféricos y no están presurizados, mientras que otros operan bajo presión para mantener las propiedades físico-químicas del fluido. La cisterna del depósito de

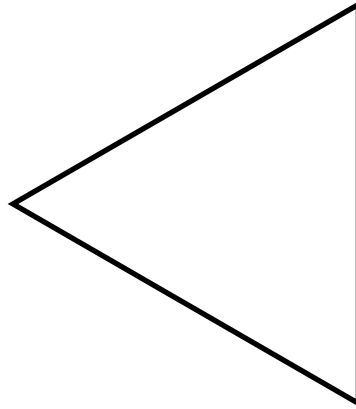
agua borada, por ejemplo, es un componente crucial del sistema de parada de emergencia del reactor. En caso de anomalía o necesidad de apagado rápido, se inyecta agua borada en el circuito primario para absorber los neutrones e interrumpir la reacción en cadena nuclear.

La estructura del acumulador está fabricada con materiales de alta resistencia a la corrosión, como acero inoxidable o aleaciones especiales, para garantizar la estanqueidad y la durabilidad a largo plazo. Las paredes están a menudo aisladas térmicamente o protegidas, según el tipo de fluido contenido y el entorno operativo. El fondo del depósito está inclinado o equipado con conductos de drenaje para facilitar el vaciado completo durante las fases de vaciado o mantenimiento.

Cada acumulador está equipado con sensores de nivel, temperatura y presión conectados al sistema de supervisión. Esto permite controlar en tiempo real las condiciones del fluido y activar automáticamente las bombas o válvulas asociadas. La presencia de válvulas de seguridad y respiraderos permite gestionar posibles sobrepresiones o anomalías térmicas. Además, algunas cisternas están conectadas a circuitos de recirculación para el tratamiento continuo del agua, mediante desmineralización, filtrado o adición de aditivos químicos. Desde el punto de vista de la seguridad, los acumuladores se consideran componentes de riesgo controlado. Por ello, están sujetos a inspecciones periódicas, pruebas de integridad estructural y controles no destructivos como ultrasonidos o radiografías. Cualquier fuga o mal funcionamiento debe notificarse de inmediato, y la intervención debe seguir protocolos específicos establecidos en el plan de emergencia de la planta.

Por último, los acumuladores también desempeñan un papel importante durante las fases de arranque y apagado del reactor, cuando es necesario gestionar grandes volúmenes de fluido de forma gradual y segura. Su uso correcto contribuye al mantenimiento del equilibrio térmico, al control de la reactividad y a la protección del entorno frente a posibles contaminaciones.

TURBINA



Código: HP

La turbina es uno de los componentes fundamentales del sistema de conversión de energía térmica en energía mecánica dentro de una central nuclear. Su función principal es transformar la energía del vapor a alta presión y alta temperatura –generado en el generador de vapor– en energía rotacional, que luego se utiliza para accionar el generador eléctrico. La turbina se encuentra en el circuito secundario de la central, es decir, nunca entra en contacto directo con los fluidos radiactivos del circuito primario, lo que garantiza una mayor seguridad operativa y facilidad de mantenimiento.

Por lo general, las turbinas utilizadas en aplicaciones nucleares son de vapor y están compuestas por varias secciones: de alta presión, de presión intermedia y de baja presión. El vapor entra

primero en la sección de alta presión, donde parte de su energía se convierte en energía mecánica. Luego atraviesa las otras secciones, perdiendo progresivamente presión y temperatura hasta llegar al condensador. Este esquema de múltiples etapas permite aprovechar al máximo la energía del vapor y aumentar la eficiencia general de la máquina.

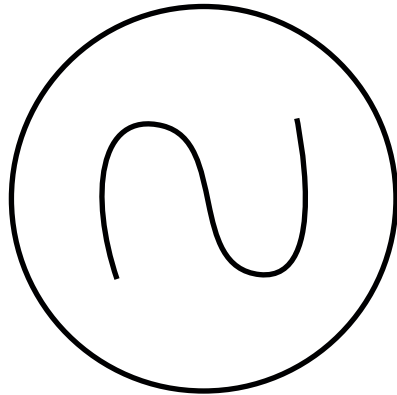
Las turbinas están formadas por un rotor que gira a alta velocidad dentro de una carcasa fija (el estator), y por álabes dispuestos en secuencia que guían y aceleran el flujo de vapor. Cada etapa de la turbina está diseñada para aprovechar de forma óptima la diferencia de presión entre la entrada y la salida. El control de la turbina se realiza mediante válvulas reguladoras de flujo que modulan la cantidad de vapor introducido, permitiendo ajustar la carga a las condiciones operativas de la planta.

Las turbinas nucleares están sujetas a tolerancias extremadamente estrictas, tanto en cuanto al equilibrio mecánico como a la resistencia de los materiales a los esfuerzos térmicos y mecánicos. Los componentes internos operan a altas temperaturas y deben resistir ciclos térmicos repetidos, vibraciones constantes y fuerzas centrífugas considerables. Por ello, se fabrican con aleaciones metálicas especiales y se someten a inspecciones frecuentes y mantenimiento programado.

El funcionamiento de la turbina se supervisa continuamente mediante sensores de vibración, temperatura, presión y velocidad, conectados a los sistemas de control de la central. Cualquier variación anómala en los parámetros operativos puede indicar un problema mecánico o una alteración en el flujo de vapor, lo que requiere una intervención inmediata o una parada controlada de la máquina.

Por último, la turbina está sólidamente acoplada al alternador, con el que forma el eje motriz del sistema de producción eléctrica. Todo el conjunto turbina-generador está instalado en una sala dedicada, equipada con sistemas de aislamiento acústico, sistemas contra incendios y dispositivos de seguridad para la protección del personal y de la instalación.

GENERADOR/ ALTERNADOR



Código: **G**

El generador, también conocido como alternador, es el componente responsable de transformar la energía mecánica en energía eléctrica dentro de la central nuclear. Está acoplado mecánicamente al eje de la turbina y funciona según el principio de inducción electromagnética: cuando un conductor se mueve dentro de un campo magnético, se genera una corriente eléctrica. En una central nuclear, este proceso se realiza a gran escala y con una eficiencia muy elevada.

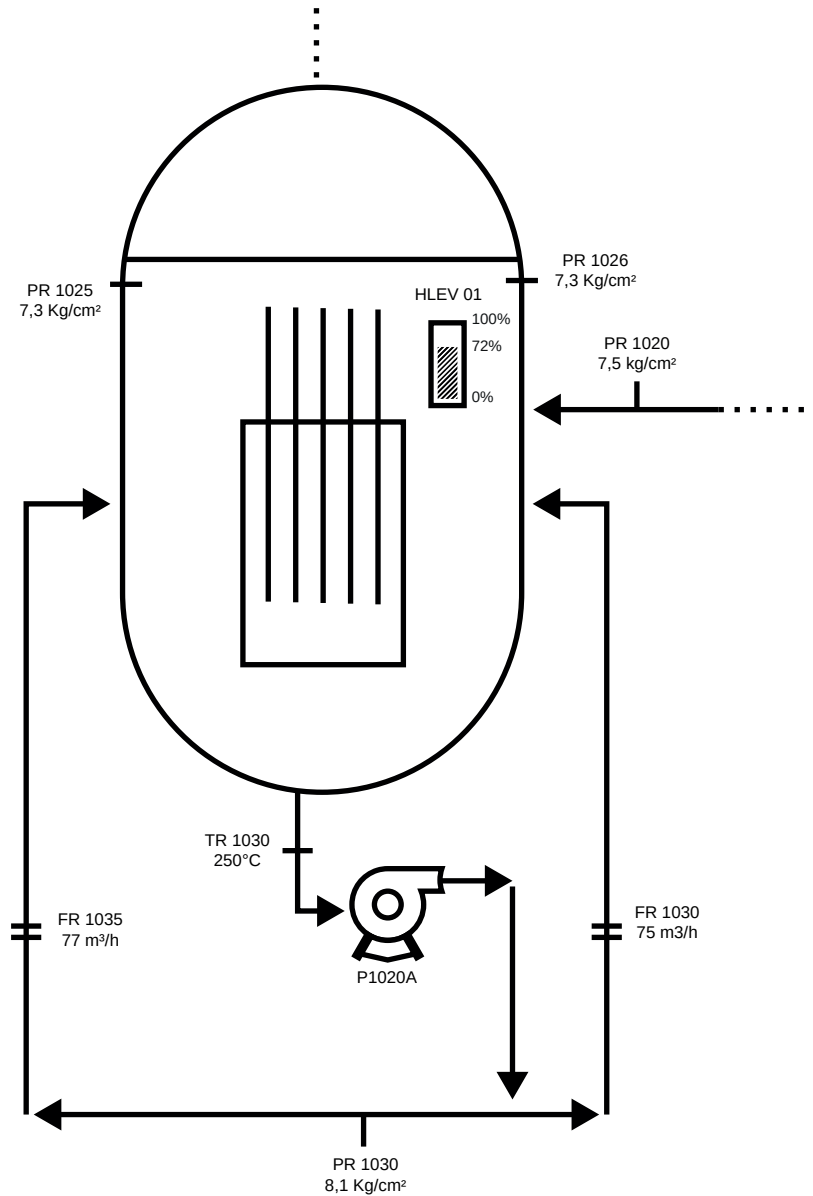
El alternador se compone principalmente de dos partes: el rotor y el estator. El rotor es el elemento móvil que gira junto con la turbina y está equipado con electroimanes o bobinados alimentados con corriente continua. Al girar, el rotor genera un campo magnético giratorio. El estator, parte

fija del generador, está formado por bobinados de cobre dispuestos para captar ese campo magnético giratorio, lo que induce una corriente alterna trifásica de alta tensión. El generador está diseñado para trabajar con potencias extremadamente altas, con una tensión de salida que puede superar los 20.000 voltios y una potencia que alcanza varios miles de megavatios. Por ello, es fundamental garantizar la estabilidad mecánica y térmica del sistema. El generador cuenta con sistemas de refrigeración, a menudo por hidrógeno o aire forzado, para disipar el calor generado durante su funcionamiento continuo. En algunos casos, también se utiliza refrigeración líquida para el estator. La tensión generada se envía a un transformador de potencia que la eleva aún más para su transmisión a través de la red eléctrica nacional. Antes de este paso, el generador es constantemente supervisado mediante sensores que registran parámetros críticos como la temperatura de los bobinados, vibraciones del eje, presión del gas refrigerante y aislamiento eléctrico.

En términos de seguridad y fiabilidad, el generador está protegido por sistemas automáticos de desconexión que se activan en caso de sobrecarga, cortocircuito o fallo mecánico. En situaciones críticas, puede desacoplarse de la turbina mediante un acoplamiento de seguridad o detenerse de emergencia con un sistema de frenado dedicado.

El conjunto turbina-generador está sometido a un programa de mantenimiento que incluye ensayos no destructivos de los bobinados, pruebas de aislamiento y verificación del equilibrado dinámico. Dada su importancia estratégica para el funcionamiento de la central, el alternador es uno de los componentes más vigilados y protegidos de toda la instalación.

REACTOR



Código: α (alpha)

Válvulas:

Sensores:

FR1030, FR1035, FR1040, PR1030, PR1025, PR1026, HLEV01, PR1020, TR1020, TR1030, FR1030

Bombas:

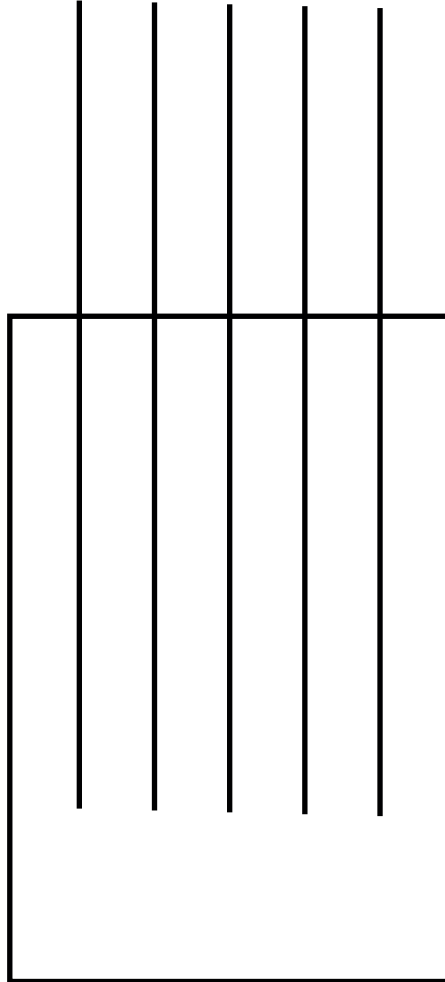
P1020A

Reactor:

NR1001

El reactor representa el corazón de la central nuclear. En esta zona se produce energía térmica mediante la fisión controlada del combustible nuclear. El reactor recibe vapor procedente del sistema de recuperación, que se utiliza para alimentar su propio circuito interno. Allí, el calor generado por el proceso nuclear eleva aún más la temperatura del fluido, que se transforma en vapor de alta energía. Este vapor sobrecalentado se canaliza y se dirige hacia la turbina, donde se convertirá en energía mecánica. El circuito interno del reactor está diseñado para garantizar el máximo aislamiento, el control de la reactividad y la seguridad del proceso.

BARRAS DE CONTROL

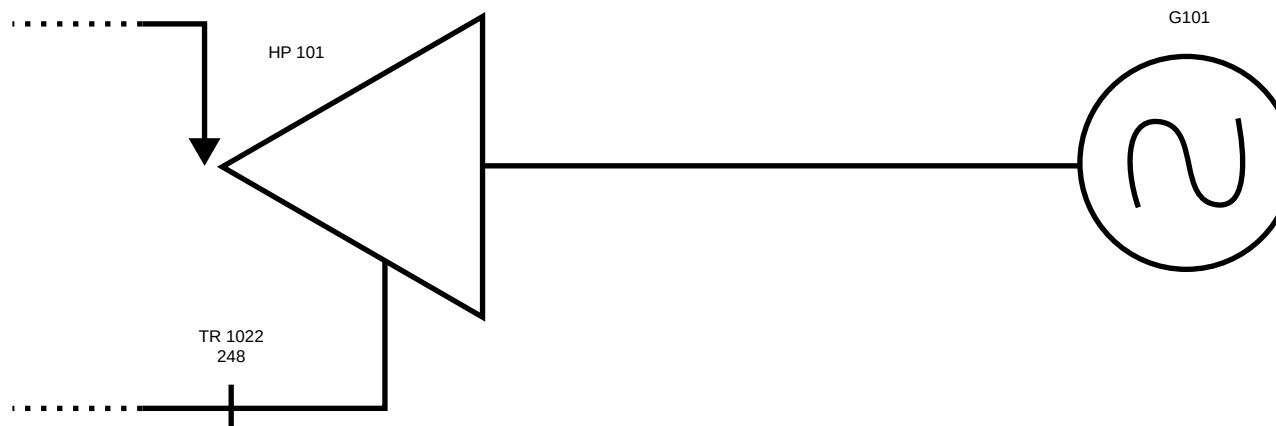


Código: ω (omega)

Válvulas:
V1001

Las barras de control son dispositivos fundamentales para la gestión de la reacción nuclear dentro del reactor. Están hechas de materiales capaces de absorber neutrones libres, como boro, plata, cadmio o aleaciones especiales. Al introducir las barras en el núcleo, las barras reducen la cantidad de neutrones disponibles para la fisión, ralentizando o deteniendo la reacción en cadena. Al levantarlas, se permite el paso de un mayor número de neutrones, aumentando la reactividad. Su movimiento vertical se controla con extrema precisión mediante sistemas automáticos o manuales, y es crucial en cada fase: arranque, funcionamiento, variaciones de carga y apagado de emergencia. En condiciones anómalas, una inserción completa y rápida de las barras permite la parada inmediata del reactor (SCRAM), garantizando la seguridad de la planta.

GENERACIÓN DE ENERGÍA



Código: **β** (beta)

Válvulas:

Sensores:

R1021, TR1022

Turbina:

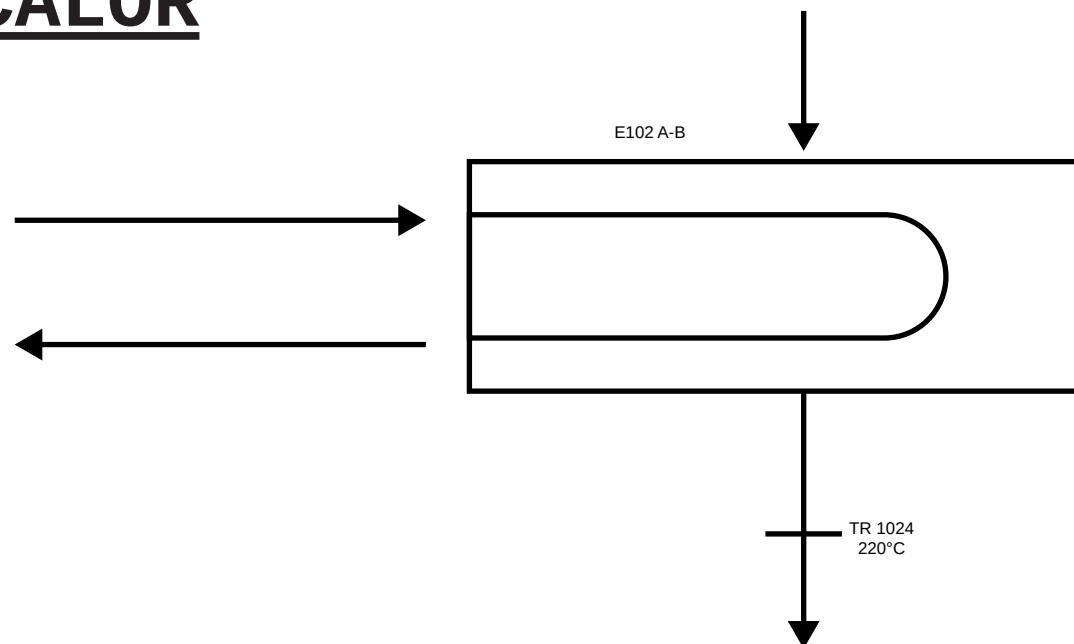
HP101

Generator:

G101

El área de generación de energía es el punto donde la energía térmica se convierte en energía eléctrica. El vapor a alta temperatura, aproximadamente 250°C, procedente del reactor entra en la turbina y hace girar sus álabes, transformando la energía del vapor en energía mecánica. La turbina está solidamente acoplada a un alternador, que genera corriente eléctrica mediante el principio de la inducción electromagnética. Tras atravesar la turbina, el vapor, aún muy caliente (alrededor de 248°C), se dirige hacia el circuito de bombeo del agua de circulación, donde comienza un nuevo ciclo de transferencia y recuperación energética. La eficiencia del sistema depende del equilibrio adecuado entre presión, temperatura y caudal del vapor.

RECUPERACIÓN DE CALOR



Código: **γ** (gamma)

Válvulas:

Sensores:

TR1025 , TR1023, FR1020, TR1020

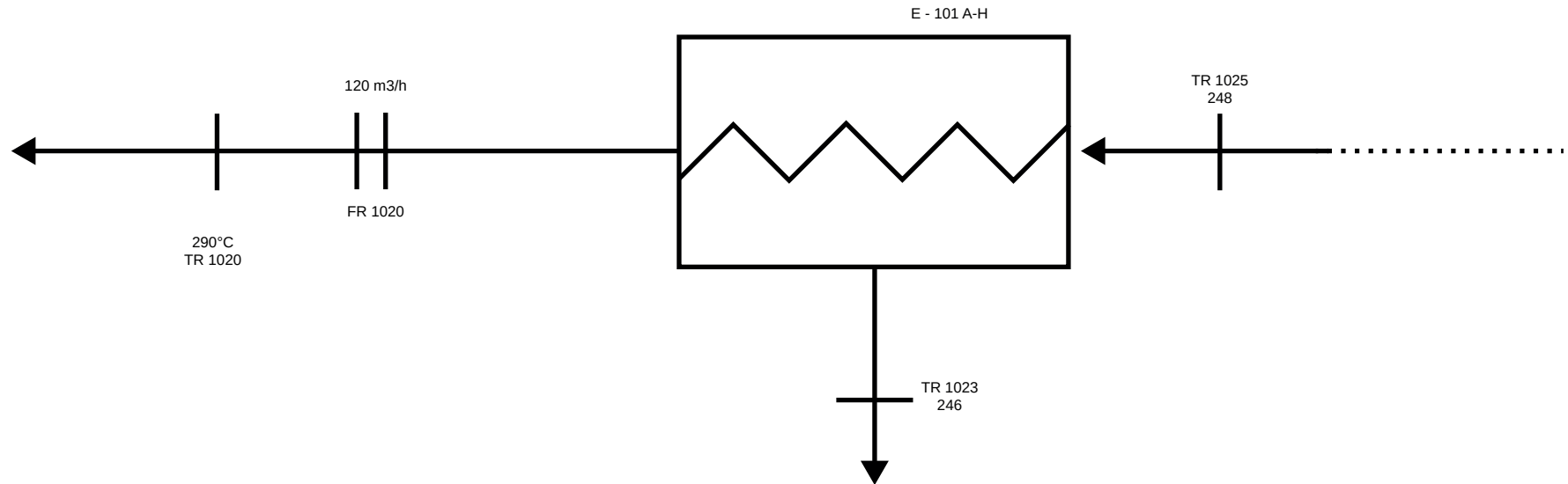
Bombas:

Instalaciones:

E101

La planta de recuperación de calor tiene la función de optimizar el uso de la energía térmica residual del vapor que sale de la turbina. Recibe el vapor a unos 248°C y lo separa según la temperatura. La parte más caliente, que mantiene un valor cercano a los 248°C, se reinyecta directamente en el reactor para alimentar su circuito interno, contribuyendo así al mantenimiento de la temperatura del núcleo y reduciendo la demanda energética inicial. El vapor que baja por debajo de los 246°C se desvía hacia la planta de condensación, donde comienza el proceso de enfriamiento y conversión en agua. Este sistema permite una recuperación eficiente de la energía térmica residual y un control dinámico de las condiciones operativas del reactor.

CONDENSACIÓN



Código: ϵ (epsilon)

Válvulas:

V111, V112

Sensores:

TR1025, TR1023, FR1020, TR1020

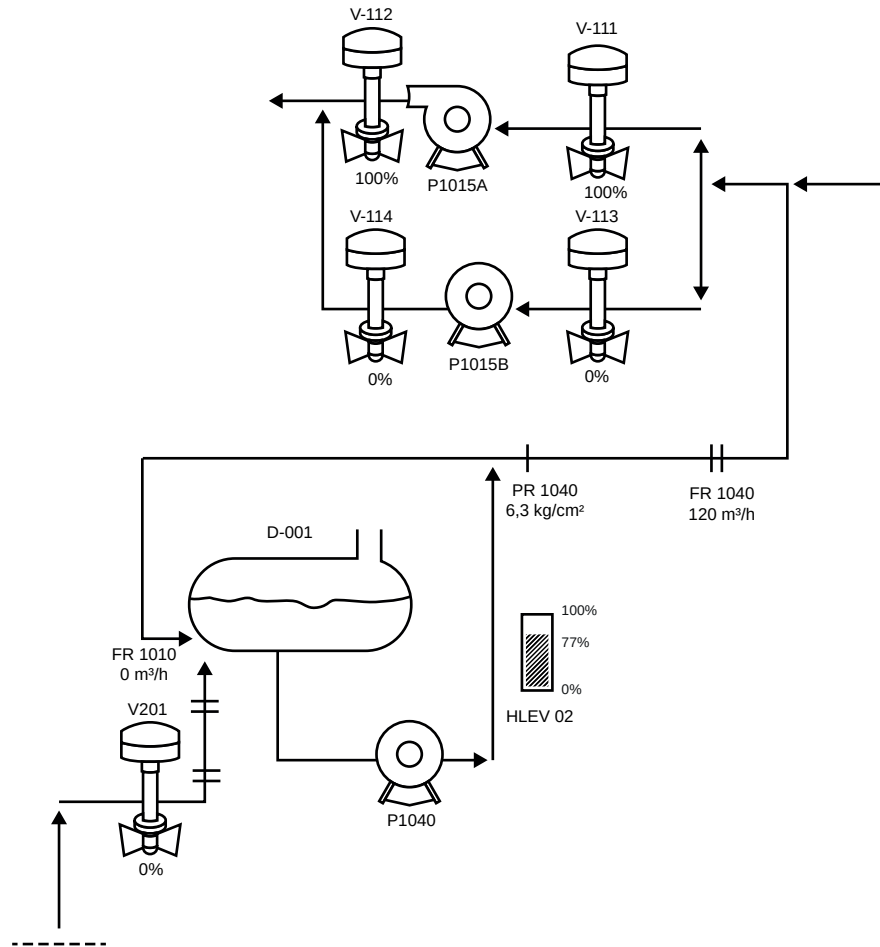
Bombas:

Instalaciones:

E101

La planta de condensación tiene la función de enfriar el vapor residual procedente del sistema de recuperación de calor, reduciendo su temperatura hasta lograr la transición completa al estado líquido. El vapor con una temperatura inferior a los 246°C se dirige a intercambiadores térmicos o condensadores de superficie, donde transfiere calor a un fluido más frío, a menudo agua técnica o proveniente de torres de enfriamiento. El vapor se condensa y vuelve al estado líquido, listo para ser reintroducido en el circuito mediante el sistema de bombeo. El proceso de condensación es esencial para mantener el ciclo cerrado, ahorrar energía y reducir las pérdidas térmicas. El control de la temperatura y de la presión en esta fase es fundamental para la estabilidad de toda la planta.

CIRCUITO DE BOMBEO AGUA DE CIRCULACIÓN



Código: **ζ** (zeta)

Válvulas:

V111, V112, v114, v115, XV107, V201

Sensores:

FR1030, FR1040, PR1030, HLEV02

Bombas:

P1040, P1015A, P1015B

Acumulador:

D001

El circuito de bombeo del agua de circulación tiene la función de garantizar el movimiento continuo del fluido caloportador dentro de la planta. En una central nuclear, este circuito es fundamental para transferir el calor generado en el reactor hacia el sistema de recuperación, asegurando que el líquido circule de forma constante por el núcleo, los generadores de vapor y otros intercambiadores. Las bombas utilizadas deben mantener un caudal elevado bajo presión, con fiabilidad continua incluso en condiciones variables de temperatura y carga. El sistema está redundado, monitorizado por sensores e integrado con dispositivos de seguridad para garantizar la estabilidad termohidráulica de la instalación.

DETECTORES DE TEMPERATURA

- TR1020

Mide la temperatura del vapor proveniente del circuito de bombeo hacia el circuito del reactor.

- Temperatura de operación: 230°C
- 235°C: El reactor está generando demasiado calor: investigar.
- <220°C: Temperatura de operación demasiado baja: investigar.

- TR1030

Mide la temperatura de entrada del vapor al núcleo.

- Temperatura de operación: 250°C
- 255°C: El reactor está generando demasiado calor: intervenir sobre las barras de control.
- <245°C: Temperatura demasiado baja: intervenir sobre las barras de control.

- TR1021

Mide la temperatura del vapor a la salida del reactor hacia la turbina.

- Temperatura de operación: 250°C
- 255°C: El reactor está generando demasiado calor: intervenir sobre las barras de control.
- <245°C: Temperatura demasiado baja: intervenir sobre las barras de control.

- TR1022

Mide la temperatura del vapor a la salida de la turbina.

- Temperatura de operación: 248°C
- 250°C: El reactor está generando demasiado calor: investigar.
- <245°C: Temperatura de operación demasiado baja: investigar.

- TR1023

Mide la temperatura del vapor a la salida del sistema de recuperación de calor.

- Temperatura de operación: 246°C
- 248°C: El reactor genera demasiado calor o el sistema de recuperación está dirigiendo mal el vapor: investigar.
- <240°C: Temperatura de operación demasiado baja: investigar.
- TR1024

Mide la temperatura del agua a la salida del sistema de condensación.

- Temperatura de operación: 220°C
- 248°C: El reactor genera demasiado calor o el sistema de recuperación está dirigiendo mal el vapor: investigar.
- <240°C: Temperatura de operación demasiado baja: investigar.

- TR1025

Mide la temperatura del vapor que sale del circuito de bombeo e ingresa al sistema de recuperación de calor.

- Temperatura de operación: 210°C
- 248°C: El reactor genera demasiado calor o el sistema de recuperación está dirigiendo mal el vapor: investigar.
- <240°C: Temperatura de operación demasiado baja: investigar.

DETECTORES DE PRESIÓN

- PR1030

Mide la presión en el circuito interno del reactor. En caso de lecturas anómalas, comprobar también PR1025 y PR1026. Si no presentan anomalías, es probable un fallo del sensor. Verificar en campo.

- Presión de operación: 8,1kg/cm²
- 9,5kg/cm²
- <7,5kg/cm²

- PR1025

Mide la presión sobre las paredes del núcleo del reactor.

- Presión de operación: 7,3kg/cm²
- 9,0kg/cm²: Comprobar también PR1026. Si ambas

lecturas coinciden, el reactor se está sobrecalentando o no logra liberar el vapor generado. Verificar la apertura correcta de la válvula V1021.

- <6,5kg/cm²: El reactor está demasiado frío. Inter-venir sobre las barras de control.

- PR1026

Mide la presión sobre las paredes del núcleo del reactor.

- Presión de operación: 7,3kg/cm²
- 9,0kg/cm²: Comprobar también PR1025. Si ambas

lecturas coinciden, el reactor se está sobrecalentando o no logra liberar el vapor generado. Verificar la apertura correcta de la válvula V1021.

- <6,5kg/cm²: El reactor está demasiado frío. Inter-venir sobre las barras de control.

- PR1040

Mide la presión de salida del acumulador.

- Presión de operación: 6,3kg/cm²
- 8,0kg/cm²: Verificar también PR1040.

- Si anómalo: reducir potencia de P1040.
- Si normal: verificar en campo.

- Si el medidor de campo es anómalo: reducir potencia de P1040.

- <5,5kg/cm²: El nivel de agua en el acumulador podría estar bajo. Verificar en campo HLEV02.

- Si está por debajo del 60%: abrir V201.

DETECTORES

DE CAUDAL

- FR1030

Mide el caudal de agua en el circuito interno del reactor. En caso de lecturas anómalas, verificar también PR1035. Si este no presenta anomalías, probable fallo del sensor.

- Caudal de operación: 75m³/h
- 80m³/h: Verificar también PR1035.
 - Si similar: reducir potencia de P1030.
 - Si normal: verificar en campo.

- Si medidor de campo es anómalo: reducir potencia de P1030.

- <5,5m³/h: Riesgo de sobrecalentamiento. Aumentar potencia de P1020A.

- FR1035

Igual que FR1030: mide el caudal de agua en el circuito interno del reactor.

- Caudal de operación: 75m³/h
- 80m³/h: Verificar también PR1030.
 - Si similar: reducir potencia de P1030.
 - Si normal: verificar en campo.

- Si medidor de campo es anómalo: reducir potencia de P1030.

- <5,5m³/h: Riesgo de sobrecalentamiento del núcleo. Aumentar potencia de P1020A.

- FR1020

Mide el caudal de agua a la salida del sistema de recuperación de calor.

- Caudal de operación: 120m³/h
- 135m³/h: Verificar también TR1030.
 - Si anómalo: reducir potencia de P1015A.
 - Si normal: verificar en campo.
- Si medidor de campo es anómalo: reducir

potencia de P1015A.

- <110m³/h: Posible fallo de P1015A. Verificar y activar circuito auxiliar P1015B, V114 y V115 si es necesario.

- FR1010

Mide el caudal de nueva agua hacia el sistema de acumulación. Introducir agua es una medida de emergencia en caso de pérdida en algún sistema. En operación normal, el caudal debe ser 0,0m³/h.

- Caudal de operación: 0,0m³/h
- 0m³/h: Verificar en campo si V201 está cerrada.
 - Si abierta: cerrar inmediatamente.
 - Si cerrada: ignorar la anomalía.

- FR1040

Mide el caudal de agua en el circuito de bombeo de agua de circulación.

- Caudal de operación: 120m³/h
- 130m³/h: Verificar también PR1040.
 - Si anómalo: reducir potencia de P1040.
 - Si normal: verificar en campo.

- Si medidor de campo es anómalo: reducir potencia de P1040.

- <100m³/h: Nivel de agua del acumulador podría estar bajo. Verificar HLEV02.

- Si por debajo del 60%: abrir V201.

MEDIDORES DE NIVEL

- HLEV01

Mide el nivel del agua en el núcleo.

- Nivel de operación: 73%
- 75%: Exceso de líquido. Posible aumento de presión en el contenedor del núcleo. Investigar.
- <65%: Deficiencia de líquido. Posible fuga en el sistema. Investigar.

- HLEV02

Mide el nivel de agua en el acumulador.

- Nivel de operación: 71%
- 77%: Exceso de líquido. Aumentar potencia de P1040.
- <60%: Deficiencia de líquido. Disminuir potencia de P1040.

- P1020A

BOMBAS

Bomba principal del circuito interno del reactor. Mantiene constante el caudal de agua en el núcleo.

- Estado operativo: 70%

- P1020B

Bomba auxiliar de la 1020A. Mantiene el caudal en el circuito del reactor.

- Estado operativo: 0%

- P1015A

Bomba principal del circuito de bombeo de agua de circulación.

- Válvula de entrada: V-111
- Válvula de salida: V-112
- Estado operativo: 70%

- P1015B

Bomba auxiliar del circuito de bombeo de agua de circulación.

- Válvula de entrada: V-113
- Válvula de salida: V-114
- Estado operativo: 70%

- P1040

Bomba de circulación a la salida del acumulador.

- Estado operativo: 70%

VÁLVULAS

- V-111

Válvula de entrada del circuito principal de bombeo de agua de circulación. Abrir junto con V-112 en caso de desactivación de P1015A.

- Estado operativo: 100%

- V-112

Válvula de salida del circuito principal de bombeo de agua de circulación. Abrir junto con V-111 en caso de desactivación de P1015A.

- Estado operativo: 100%

- V-113

Válvula de entrada del circuito auxiliar de bombeo de agua de circulación. Abrir junto con V-114 en caso de activación de P1015B.

- Estado operativo: 0%

- V-114

Válvula de salida del circuito auxiliar de bombeo de agua de circulación. Abrir junto con V-113 en caso de activación de P1015B.

- Estado operativo: 0%

- V-201

Válvula de entrada de agua nueva. Abrir en caso de caída del nivel del acumulador por fugas en el sistema.

- Estado operativo: 0%

NUCLEAR MELTDOWN

Finanziato por la Unión Europea
Next Generation Eu

2025



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU