



GUÍA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE DEPÓSITOS DE AGUA POTABLE

Diciembre 2022

ÍNDICE

1	PRESENTACIÓN.....	3
2	INTRODUCCIÓN.	5
3	CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	6
	3.1 TIPOLOGÍA.....	6
	3.2 CAPACIDAD	8
	3.3 UBICACIÓN	11
	3.4 ALTURA ÚTIL, RESGUARDO Y ESPESOR DE MUROS.	12
	3.5 DISTRIBUCIÓN	13
4	COMPONENTES HIDRÁULICOS.....	16
	4.1 TUBERÍAS DE ENTRADA Y SALIDA DE AGUA.....	17
	4.1.1 Tuberías de entrada	18
	4.1.2 Tuberías de salida	23
	4.1.3 By-pass tubería entrada y tubería salida.....	27
	4.2 TUBERÍA DE VACIADO O DESAGÜE DE FONDO	28
	4.3 ALIVIADERO.....	30
5	CÁMARAS Y SALAS. COMPONENTES Y ACABADOS.....	32
	5.1 COMPARTIMENTOS O CÁMARAS.....	32
	5.2 SALAS DE VÁLVULAS (CARACTERÍSTICAS Y ACABADOS).....	39
	5.3 SALA Y SISTEMA DE CLORACIÓN	44
	5.3.1 Funcional del sistema de cloración por hipoclorito	48
	5.4 SALA DE CUADROS ELÉCTRICOS	62
6	OTROS ELEMENTOS DE LAS INSTALACIONES.....	65
	6.1 CUBIERTA	65
	6.2 VENTILACIÓN	70
	6.3 ELEMENTOS AUXILIARES.....	71
	6.3.1 Puertas	71
	6.3.2 Acabados interiores e iluminación.....	72
	6.3.3 Señalización de riesgos	73
	6.3.4 Accesos.....	75
	6.3.5 Urbanización de la parcela, acabados y jardinería.....	75
7	SEGURIDAD ANTIINTRUSISMOS.....	78
	7.1 REQUISITOS BÁSICOS PREVIOS PARA PROTECCIÓN FÍSICA DE LAS INSTALACIONES.....	78
	7.2 CRITERIOS TÉCNICOS.....	80
	7.3 DOCUMENTACIÓN RELATIVA A SEGURIDAD ANTI-INTRUSISMOS A PRESENTAR	83
8	PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.....	85
9	DOCUMENTACIÓN GENERAL	87
10	DISEÑO ESTRUCTURAL.....	88
	10.1 NORMATIVA DE APLICACIÓN.	88
	10.2 INFORMACIÓN GEOTÉCNICA.....	88
	10.3 BASES DE CÁLCULO.....	90

10.3.1	Acciones.	90
10.3.2	Hipótesis de cálculo.	94
10.3.3	Características de los materiales.....	98
10.3.4	Armados mínimos.	101
10.3.5	Vida útil.	104
10.3.6	Estructuras de hormigón.....	105
10.4	JUNTAS.	107
10.4.1	Juntas de dilatación.....	108
10.4.2	Juntas de retracción.....	108
10.4.3	Juntas de hormigonado.....	109
10.5	ANÁLISIS ESTRUCTURAL.	110
10.5.1	Muros.	110
10.5.2	Salas de válvulas.....	111
10.5.3	Pórticos interiores y cimentación.	112
10.5.4	Cubierta.....	113
11	EJECUCIÓN DE OBRA CIVIL.....	114
11.1	PROCESO CONSTRUCTIVO.	114
11.2	DE LA EXCAVACIÓN.	115
11.3	DE LAS FISURAS Y ESTANQUEIDAD DEL DEPÓSITO.....	115
11.4	DE LA PUESTA EN OBRA DEL HORMIGÓN.	118
11.5	DE LA COMPACTACIÓN Y EL CURADO DEL HORMIGÓN.	119
11.6	DE LOS ADITIVOS PARA MORTEROS Y HORMIGONES.	120
11.7	DE LOS ACEROS.....	120
11.8	DE LOS ENLUCIDOS.....	121
11.9	DE LA EJECUCIÓN DE LA LOSA DE CIMENTACIÓN.	121
11.10	DE LA EJECUCIÓN DE LOS MUROS.	124
11.11	DE LA EJECUCIÓN DE JUNTAS.	127
11.12	DE LAS CUBIERTAS.....	129
11.13	DEL INTERIOR DEL DEPÓSITO.	132
11.14	DE LA IMPORTANCIA DE LOS DETALLES CONSTRUCTIVOS.	134
11.15	DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO ESTRUCTURAL DEL DEPÓSITO.	138
12	INDICE DE ILUSTRACIONES E IMÁGENES.....	143
13	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	149
14	NORMATIVA Y LEGISLACIÓN CITADA EN EL TEXTO.....	150
14.1	Legislación nacional.....	150
14.2	Normas UNE-EN.....	150
14.3	Sistemas de gestión de calidad ISO.....	151

1 PRESENTACIÓN

En un escenario de cambio climático como el que vivimos durante los últimos tiempos, el compromiso medio ambiental y social constituyen los pilares fundamentales sobre los que se sustenta la Empresa Municipal de Aguas y Saneamiento de Murcia (EMUASA).

La gestión eficiente de un recurso básico tan escaso como es el agua supone un reto constante para garantizar la continuidad y calidad en el servicio, así como contribuir a la mejora del nivel de vida de las personas en equilibrio constante con el medio ambiente.

Con una población abastecida que supera los 400.000 habitantes, repartidos en una superficie de más de 890 km², desde EMUASA y el Ayuntamiento de Murcia siempre se mantiene viva la pasión por el agua y la sostenibilidad, aplicando las mejores tecnologías siempre al servicio de Murcia y los murcianos.

EMUASA se caracteriza por ser una empresa comprometida, medioambiental y socialmente responsable. Prueba de ello es la implantación de varios “Sistemas de Gestión” certificados de acuerdo a las normas de Calidad (ISO 9001), Medioambiental (ISO 14001), Gestión Energética (ISO 50001), Prevención de Riesgos Laborales (ISO 45001), Gestión de la Inocuidad del Agua (ISO 22000) y Sistema de Gestión de Continuidad de Negocio (ISO 22301), entre otros, para garantizar el cumplimiento de la normativa, por encima de lo exigido por la legislación en vigor, con el fin de ofrecer un servicio de calidad y respetuoso con el medio ambiente.

Entre los sistemas de gestión, destacamos el Sistema de Gestión de la Inocuidad (ISO 22000). Es esta una norma internacional que tiene el propósito de asegurar la protección del consumidor y fortalecer su confianza. Para ello, se considera el agua como un alimento y establece los elementos clave para garantizar la seguridad e inocuidad de éste, definiendo además aquellos requisitos que debe llevar a cabo una organización para demostrar su capacidad para controlar los riesgos de seguridad alimentaria y garantizar que los alimentos sean seguros para su consumo.

Es esta la primera norma a nivel internacional que establece las medidas de seguridad que debe seguir una empresa en la cadena de producción alimentaria, desde la manipulación de un alimento hasta su consumo, independientemente del tipo de empresa, asegurando de esta forma la protección del consumidor final.

EMUASA fue una de las primeras empresas a nivel nacional en apostar por el cumplimiento de la norma ISO 22000, adelantándose así a la legislación de los planes de seguridad del agua.

No menos importantes son el Sistema de Gestión Ambiental (ISO 14001) y el de Gestión Energética (ISO 50001). El primero demuestra el compromiso asumido con la protección del medio ambiente a través de la gestión de riesgos medioambientales asociados a la actividad de EMUASA. El segundo es la garantía de que la gestión energética llevada a cabo es eficaz y permite realizar mejoras continuas en el rendimiento energético, contribuyendo así a un uso razonable de los recursos energéticos y, por tanto, a

la conservación del medio ambiente. Todo ello, en un marco que garantice un ambiente de trabajo seguro en materia de Prevención de Riesgos Laborales (ISO 45001).

En este sentido, EMUASA forma parte de la Estrategia de Economía Circular del Municipio de Murcia y, por tanto, propone adaptar el diseño de las infraestructuras hidráulicas para asegurar un futuro sostenible para todos, en concordancia tanto con el Plan de Acción para el Clima y la Energía Sostenible (PACES) como en el nuevo Plan de Acción para la Economía Circular, entre otros.

En consecuencia, EMUASA y el Ayuntamiento de Murcia han apostado por la redacción de diferentes guías que aúnen la experiencia acumulada por los servicios técnicos, con el fin de definir las características que han de cumplir las instalaciones hidráulicas gestionadas por esta empresa y que formarán parte del patrimonio municipal. Todo ello con el objetivo de asegurar la calidad del agua, la continuidad del servicio, la eficiencia energética y el respeto al medio ambiente a la par que se garantiza la seguridad en el trabajo.

2 INTRODUCCIÓN.

El presente documento pretende recoger algunos criterios técnicos para el diseño y construcción de los depósitos de agua potable que pasarán a formar parte de las infraestructuras municipales que gestiona EMUASA, así como las características que han de cumplir las obras anexas, desde el punto de vista hidráulico y de la operación de las instalaciones de forma que permitan alcanzar una gestión sostenible del agua en la ciudad a largo plazo, adecuando la calidad de los recursos al uso al que están destinados.

Si bien no se trata de un Pliego de Prescripciones Técnicas, cuya elaboración corresponderá al proyectista, en el futuro proyecto se deberán tener en cuenta los criterios expuestos en este documento, además de la normativa y legislación vigente que pueda ser de aplicación a este tipo de proyectos, así como de prevención de riesgos laborales durante la operación y mantenimiento de la instalación.

Es importante reseñar que los depósitos de agua potable se estudiarán teniendo en cuenta que forman parte de un sistema más complejo y, por tanto, es labor del proyectista estudiar éstos dentro del conjunto del que van a formar parte, incluyendo posibles necesidades de regulación de presión o caudal y siempre desde el punto de vista de la operación de las instalaciones y la eficiencia energética, toda vez que se garantiza la calidad del agua. Así, en este documento se describen una serie de criterios básicos a tener en cuenta que podrán ser complementados con otras instalaciones o elementos adicionales que pudieran ser necesarios dependiendo de la función prevista para el depósito proyectado.

El objetivo principal sobre el que gravita este documento es minimizar los riesgos de seguridad alimentaria, de acuerdo con la aplicación de la norma ISO 22000, al considerar la inocuidad del agua como alimento y en la cual EMUASA está certificada.

3 CARACTERÍSTICAS GENERALES

En general, los depósitos deberán diseñarse para prevenir la contaminación o cualquier cambio químico, físico o biológico que sea perjudicial para la calidad del agua. Por ello, los materiales a utilizar no podrán producir alteración alguna en las características físicas, químicas, bacteriológicas y organolépticas de las aguas, a fin de no ocasionar efecto adverso alguno para la salud de las personas, aun teniendo en cuenta el tiempo y los tratamientos fisicoquímicos a que éstas hayan podido ser sometidas, siendo de aplicación lo especificado por la vigente reglamentación Técnico – Sanitaria.

En cualquier caso, se deberá cumplir con lo dispuesto en las normas UNE-EN 1508, UNE-EN 805 y UNE-EN 22000, así como con el Real Decreto 3/2023 por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano en sustitución del Real Decreto 3/2023.

Todos los proyectos de depósitos de agua potable precisarán de un informe favorable al mismo emitido por la Consejería de Sanidad de la Región de Murcia.

Los depósitos contemplados en esta guía se refieren a depósitos situados en la red de distribución. Para depósitos en plantas de tratamiento de agua potable o almacenamiento para su uso posterior en la Red Urbana de Riego (RUR) se consultará con EMUASA y se estudiará cada caso en particular. Si bien, la mayoría de las especificaciones incluidas en esta guía serán de aplicación.

3.1 TIPOLOGÍA

La elección de uno u otro tipo de depósito dependerá, en general, de la geología del terreno, de su topografía, de las cotas hidráulicas que requiera la red de suministro y del impacto ambiental generado.

La capacidad del depósito dependerá de las funciones para las cuales esté previsto, dependiendo de si se tratará de depósitos de regulación, carga o mixtos; así como de la zona a la que pretende abastecer.

Se deberá estudiar la ubicación más adecuada y se tendrán en cuenta tanto las cotas de ubicación de los propios depósitos como las de las zonas a las que abastezcan.

En general, se procurará su ubicación en zonas altas de tal modo que, a ser posible, garanticen la presión a las zonas de consumo evitando la necesidad de equipos de presión y reduciendo, de ese modo, tanto los costes constructivos como los de mantenimiento y energéticos.

Generalmente se diseñará de forma que exista un equilibrio entre el caudal de entrada y salida a lo largo de un periodo de tiempo. La duración del almacenaje basado en ese equilibrio suele ser de 24 horas.

Los periodos de almacenaje deberán ser los mínimos posibles que aseguren la continuidad del suministro a la población abastecida, recomendando que éstos no superen las 72 horas. En general, la capacidad del depósito será determinada por EMUASA de acuerdo con la planificación global de las infraestructuras hidráulicas del municipio de Murcia.

En cuanto a su tipología, se tendrá en cuenta lo siguiente:

a. En relación con su posición con respecto al terreno:

En general, se construirán superficiales o semienterrados y no se preverán depósitos elevados ni enterrados.

En el caso de existencia de algún tipo de limitación medioambiental, deberá coordinarse previamente con EMUASA.

b. En relación con su función:

Comúnmente se tratará de depósitos mixtos, esto es, servirán como reguladores de caudal y de presión.

c. En relación con la red:

Generalmente se tratará de depósitos intermedios. No se preverán depósitos de cola.

d. En relación con su procedimiento constructivo y el material:

Serán de hormigón armado contruidos *in situ* por funcionamiento estructural.

e. En relación con su geometría:

Serán de planta rectangular. A modo de referencia durante el diseño, hay que mencionar que la proporción teóricamente óptima entre lados es la 3/2.

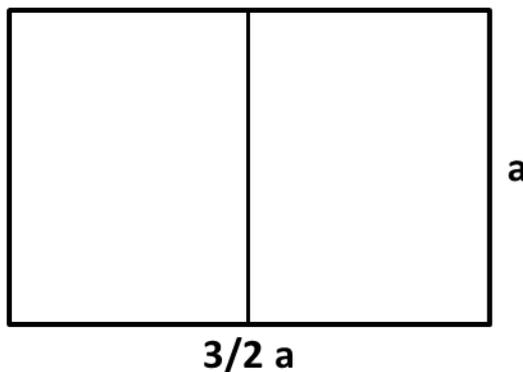


Imagen 1 Proporción óptima teórica

Los depósitos rectangulares resultan más fáciles de encofrar y ejecutar, permiten un encaje topográfico mejor y son más aptos para ampliaciones. Por contra necesitan un mayor espesor de muro y las leyes de esfuerzos son más complicadas, con concentraciones importantes en los encuentros muros-losa.

Las paredes deberán ser rectas y de espesor constante.

Su altura se verá limitada dependiendo de la capacidad útil del depósito, considerándose recomendable lo indicado en la Guía Técnica sobre depósitos de agua potable publicada por el CEDEX (año 2010):

Capacidad útil (m ³)	Altura de agua recomendable
Hasta 500	3 a 4
>500 a 10.000	4 a 5
>10.000	5 a 7

Tabla 1 Altura de agua recomendable según CEDEX

Se compondrán de, al menos, dos compartimentos o cámaras con el fin de poder proceder a la limpieza de cada compartimento de forma independiente sin suspender el suministro. Deberán diseñarse para ser estancos y se prestará especial atención a las juntas de construcción o de dilatación, así como a los diferentes conductos que atraviesan elementos estructurales. En general, se cumplirá con lo establecido en el Real Decreto 3/2023, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

El agua entrará por una cara del depósito y saldrá por la cara opuesta.

3.2 CAPACIDAD

La capacidad del depósito dependerá de las funciones para las cuales esté previsto. Generalmente se diseñará de forma que exista un equilibrio entre el caudal entrante y saliente a lo largo de un periodo de tiempo. La duración del almacenaje basado en ese equilibrio suele ser de 24 horas. Los periodos de almacenaje deberán ser los mínimos posibles de modo que aseguren la continuidad de la alimentación, recomendando que éstos no superen las 72 horas.

Cuando hablamos de capacidad de un depósito nos referimos a la capacidad útil del mismo.

Para la determinación de dicha capacidad, además, deberán tenerse en cuenta los volúmenes de regulación, de reserva por averías y de reserva para incendios.

a. Volumen de regulación.

Un depósito de agua debe ser capaz de modular las diferencias entre suministro y demanda.

Para establecer esta capacidad, en primer lugar, es necesario conocer las pautas de la demanda de la localidad a abastecer mediante una curva de demandas horarias durante 24 horas. En el gráfico adjunto se representa una curva adimensional de este tipo, es decir, para cada hora del día se representa el cociente entre el caudal horario y el caudal diario medio.

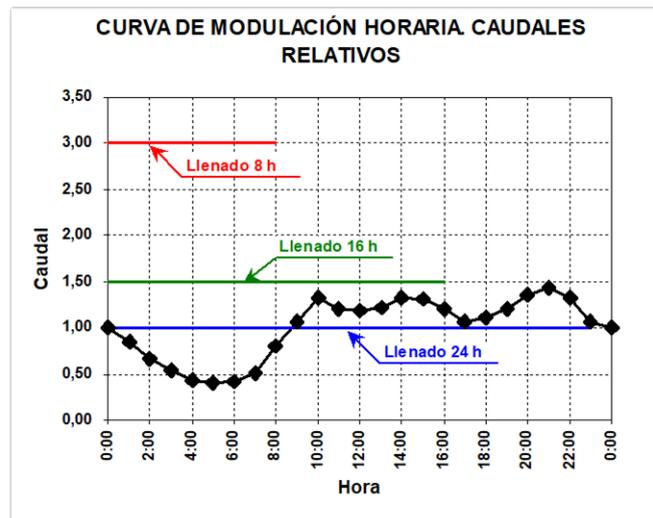


Imagen 2 Ejemplo de curva de modulación horaria

Por otra parte, se debe establecer la forma de llenado. Si, como suele ser frecuente en entradas por gravedad, el caudal de llenado es constante, deberá coincidir aproximadamente con el caudal medio diario. Como es natural, durante las horas en que el caudal demandado es inferior al medio diario (habitualmente las horas nocturnas), el depósito tenderá a llenarse mientras que en las horas en las que el caudal demandado es superior, el depósito tenderá a reducir su nivel.

Pueden darse otras formas de llenado. En el gráfico se representan casos de llenado por bombeo: en 16 horas y en 8 horas. Los caudales de llenado son respectivamente $24/16=1,50$ veces y $24/8=3$ veces el caudal medio diario. Con la curva de demanda indicada, en ambos casos durante el todo el tiempo de bombeo, el caudal de llenado es superior a la demanda, por lo que el depósito se va llenando durante estas horas, mientras que se vacía durante el tiempo en que el caudal de llenado es nulo.

Se puede establecer de forma inmediata un balance temporal de caudales, de forma que para cada intervalo de tiempo resulta:

$$\Delta V = (Q_e - Q_s) \Delta t$$

donde:

ΔV = Incremento de volumen almacenado durante el intervalo temporal

Q_e = Caudal de entrada durante el intervalo

Q_s = Caudal de salida durante el intervalo

Δt = Intervalo de tiempo temporal, habitualmente 1 hora.

Las unidades empleadas deben ser consistentes entre sí. Aunque los gráficos presentados son adimensionales, habitualmente se trabaja con caudales en $m^3/hora$ y $\Delta t = 1$ hora, por lo que los volúmenes resultan directamente en m^3 .

Extendiendo este balance a las 24 horas de un día, se puede representar una curva de volúmenes acumulados, en el que el volumen final de cada intervalo es igual al inicial, sumado al incremento calculado.

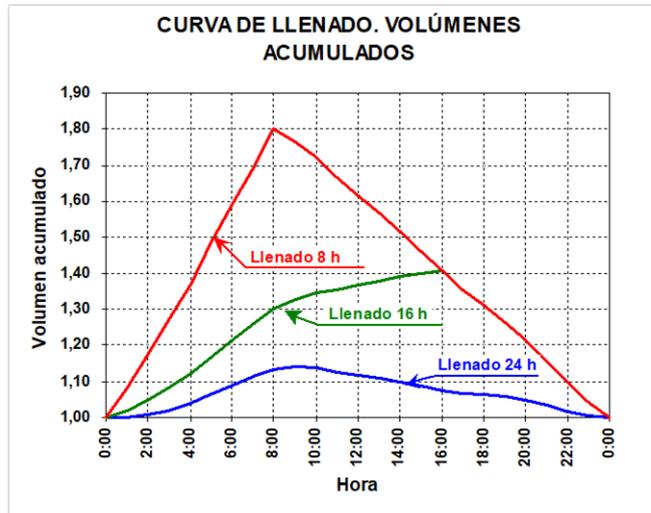


Imagen 3 Ejemplo de curva de llenado

La capacidad necesaria del depósito es la diferencia entre el volumen máximo y el mínimo de la curva de volúmenes acumulados.

Con los datos del ejemplo indicado puede observarse que con una curva de llenado uniforme resulta una capacidad de regulación aproximadamente igual al 15% de la demanda diaria, mientras que con un llenado en 16 horas resulta el 40% y con un llenado en 8 horas se precisa una capacidad del 80%.

b. Capacidad de reserva por averías.

Debe preverse el almacenamiento de un volumen adicional equivalente al consumo durante el tiempo necesario para reparar una avería en el sistema de aducción sin suspender el suministro. Las variables a considerar son las siguientes:

- Existencia de sistemas alternativos de aducción al depósito.
- Existencia de otros depósitos que pueden abastecer a la zona afectada mientras se repara la avería.
- Complejidad del sistema de aducción.
- Capacidad de respuesta del servicio de conservación frente a averías.

La reserva frente a averías será mínima en el caso de grandes poblaciones con sistemas de abastecimiento redundantes y servicio de abastecimiento con gran capacidad de respuesta. El caso opuesto es característico de pequeñas poblaciones con un solo depósito abastecido desde un único pozo. En este caso es preciso evaluar el tiempo necesario para atender cualquier avería en el propio pozo o conducción de transporte, plazo que puede elevarse a más de un día.

c. Capacidad de reserva por incendios.

La norma NBE CPI-96 “Condiciones de protección contra incendios en los edificios” establecía que las redes de abastecimiento deben permitir el funcionamiento simultáneo de dos hidrantes consecutivos durante dos horas con un caudal de 1.000 l/min cada uno. De la aplicación de este criterio resulta un volumen de reserva mínimo necesario de 240 m³.

Aunque esta norma fue derogada por el Código Técnico de la Edificación, el volumen de 240 m³ puede tomarse como una referencia orientativa, aunque no tiene en cuenta el tamaño de la población ni la tipología de la zona afectada.

3.3 UBICACIÓN

Conociendo las cotas topográficas de la zona a abastecer y estableciendo un rango de presiones máximas y mínimas de servicio al nivel del terreno, se puede establecer el rango de ubicación de las cotas del depósito:

- La cota mínima viene dada por la suma de la cota topográfica del punto más elevado a abastecer, la presión mínima admisible en metros de columna de agua y las máximas pérdidas de carga desde el depósito a este punto.
- La cota máxima es la suma de la cota topográfica del punto más bajo de la zona abastecida y la máxima presión admisible.

En ocasiones no existen terrenos disponibles que cumplan estas condiciones o, por contar la zona a abastecer con una carrera de cotas excesiva, estas condiciones conducen a una contradicción y la cota mínima necesaria resulta más elevada que la máxima. En estos casos habrá que aplicar soluciones concretas, tales como situar varios depósitos a distintas cotas, abastecer las zonas más elevadas mediante inyecciones directas en red o disponer reducciones de presión en las zonas más bajas, con el consiguiente desaprovechamiento energético.

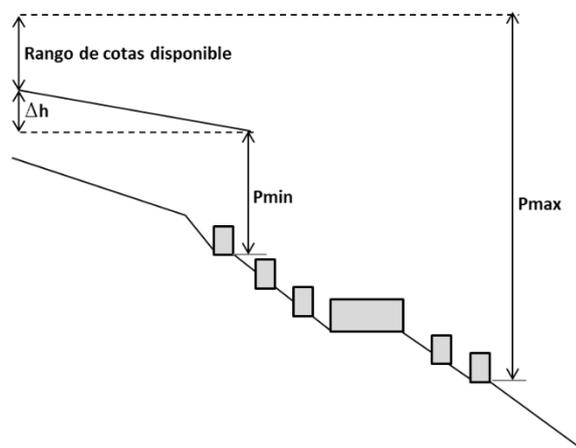


Imagen 4 Ejemplo de rango de cotas disponible

En cualquier caso, los estudios geotécnicos deberán asegurar que el terreno cumple las condiciones mínimas para cimentar un depósito. Si estas condiciones se dan a una determinada profundidad bajo la superficie, es obligado realizar las excavaciones necesarias.

Por regla general, no se deberán ejecutar terraplenes para alcanzar una cota de solera elevada, ya que cualquier fuga de agua podría provocar el lavado del terraplén y la ruina del depósito. También está contraindicado apoyar parte del depósito sobre un terraplén y parte sobre el terreno natural, ya que la diferencia de elasticidades de los dos medios puede provocar asentamientos diferenciales, con riesgo de pérdida de estanqueidad y la rotura del depósito.

El Real Decreto 3/2023 establece que todo depósito de una instalación interior, siempre que sea posible, deberá situarse por encima del nivel del alcantarillado, estando siempre tapado y dotado de un desagüe que permita su vaciado total, limpieza y desinfección, norma extensible a cualquier tipo de depósito de abastecimiento.

3.4 ALTURA ÚTIL, RESGUARDO Y ESPESOR DE MUROS.

Una altura de depósito excesiva complica el funcionamiento estructural del depósito, impone grandes presiones en su base, con el consiguiente riesgo de fisuras, y dificulta su limpieza y mantenimiento.

Para depósitos rectangulares de capacidad inferior a 10.000 m³ se recomiendan alturas de lámina de agua comprendidas entre 4 y 5 m, pudiéndose bajar hasta 3 m en depósitos pequeños, de menos de 500 m³. En depósitos de más de 10.000 m³ se pueden construir muros de espesor constante con una carga de agua hasta de 6 o 7 m de acuerdo con la *Tabla 1 Altura de agua recomendable según CEDEX* incluida en el punto 3.1 TIPOLOGÍA.

En cualquier caso, deberá comprobarse que el terreno de cimentación tiene capacidad suficiente para soportar la carga de agua establecida, tanto desde el punto de vista de resistencia como por el de deformabilidad.

Deberá situarse el umbral del aliviadero a la cota del máximo nivel útil del agua. Por encima de este nivel es necesario establecer un resguardo que impida que el agua alcance la cubierta y evite una concentración excesiva de cloro en la atmósfera interior. Un valor orientativo del resguardo es 0,50 m. Conviene comprobar que, en caso de funcionamiento del aliviadero, el resguardo sea suficiente para absorber la sobreelevación de agua asociada al máximo caudal de entrada en el supuesto de que las salidas de agua se encuentren cerradas, sin que llegue a alcanzarse el nivel del elemento estructural de la cubierta situado a una cota más baja: por ejemplo, vigas con descuelgue bajo la cubierta.

En depósitos rectangulares se recomienda un espesor de muros igual al 10% de la carga de agua con un mínimo de 0,30 m.

3.5 DISTRIBUCIÓN

Cada depósito dispondrá de.

- Cámaras de almacenamiento de agua potable (al menos, dos).
- Sala de válvulas de salida (donde se alojarán las conducciones de salida, vaciado y rebosadero).
- Sala de cuadros eléctricos, que incluirá los equipos de telemando y telecontrol
- Sala de cloración
- Sala de válvulas para las conducciones de entrada

Las salas serán independientes entre sí y se cuidará especialmente la prevención de asientos diferenciales entre éstas y el depósito.

La sala de válvulas de salida albergará todos los equipos necesarios para la explotación, tales como válvulas de control de vaciado, válvulas de desagüe, rebosadero con válvula de retención, picajes para la cloración, caudalímetro, manómetros, sondas y visores de nivel, ventosas, contadores, etc.

La sala de válvulas de entrada albergará todos los equipos necesarios para el control del llenado del depósito, así como una descarga que permita el vaciado total de las tuberías de entrada y cualquier otro elemento que sea necesario, como por ejemplo contador de control y otros elementos que pueda requerir cada instalación en particular, si fueran precisos.

En la sala de cuadros eléctricos se ubicará el cuadro general de distribución, cuadro del sistema de seguridad, telemando o telecontrol y equipos eléctricos.

En la sala de cloración se dispondrán todos los equipos relacionados con el sistema de cloración (bombas de cloración, bomba dosificadora de hipoclorito, analizador de cloro y pH, rotámetros de distribución para cámaras, etc.).

Las salas estarán juntas, en la misma línea de fachada, excepto la sala de válvulas de entrada que estará en la cara opuesta.

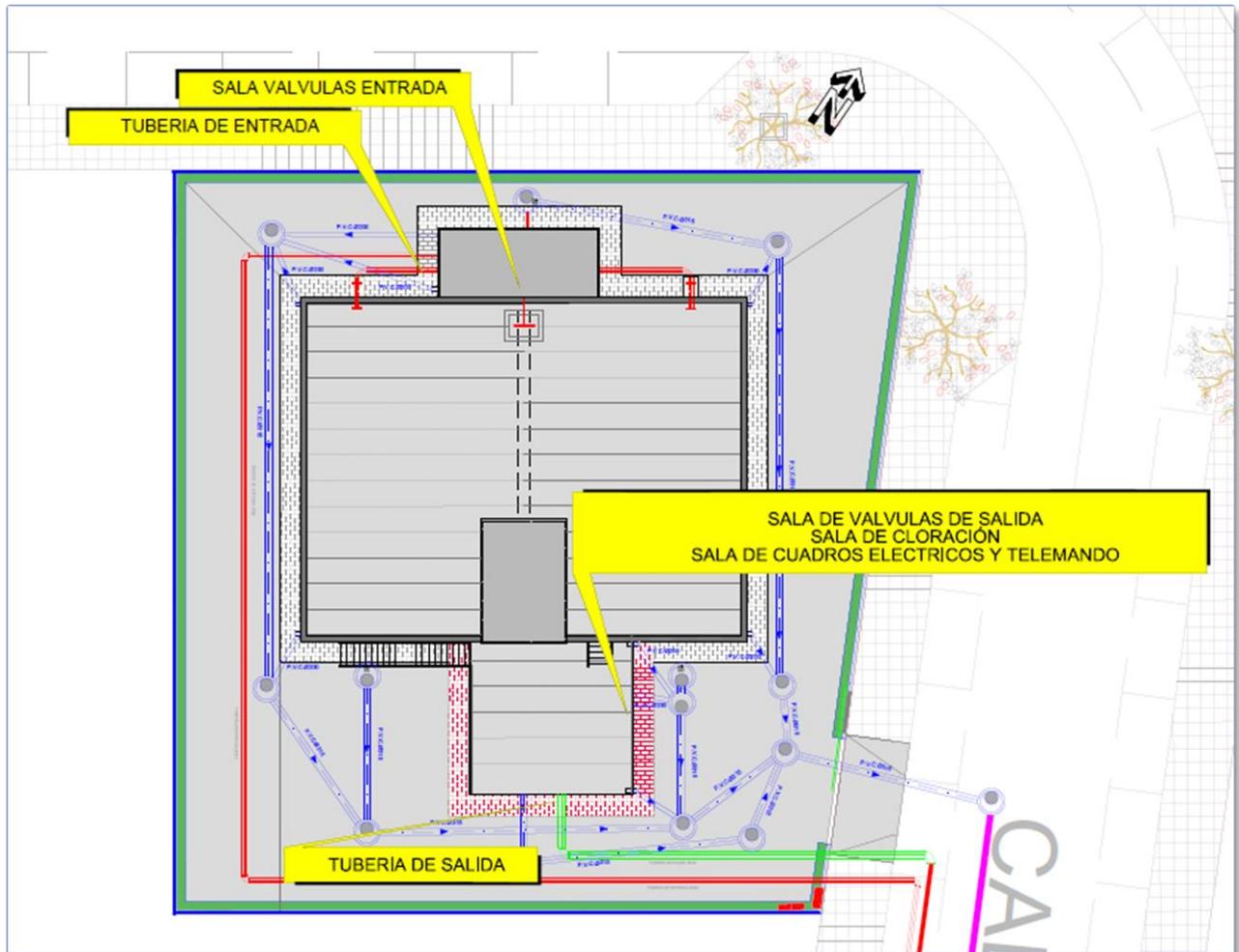


Imagen 5: Ejemplo de distribución de cámaras y salas en depósito existente

En la siguiente imagen se observa el detalle de la sala de válvulas de salida, así como las salas de cloración y telemando correspondientes al mismo depósito que en la imagen anterior. En esta segunda imagen se puede apreciar la separación e independencia de las mismas:

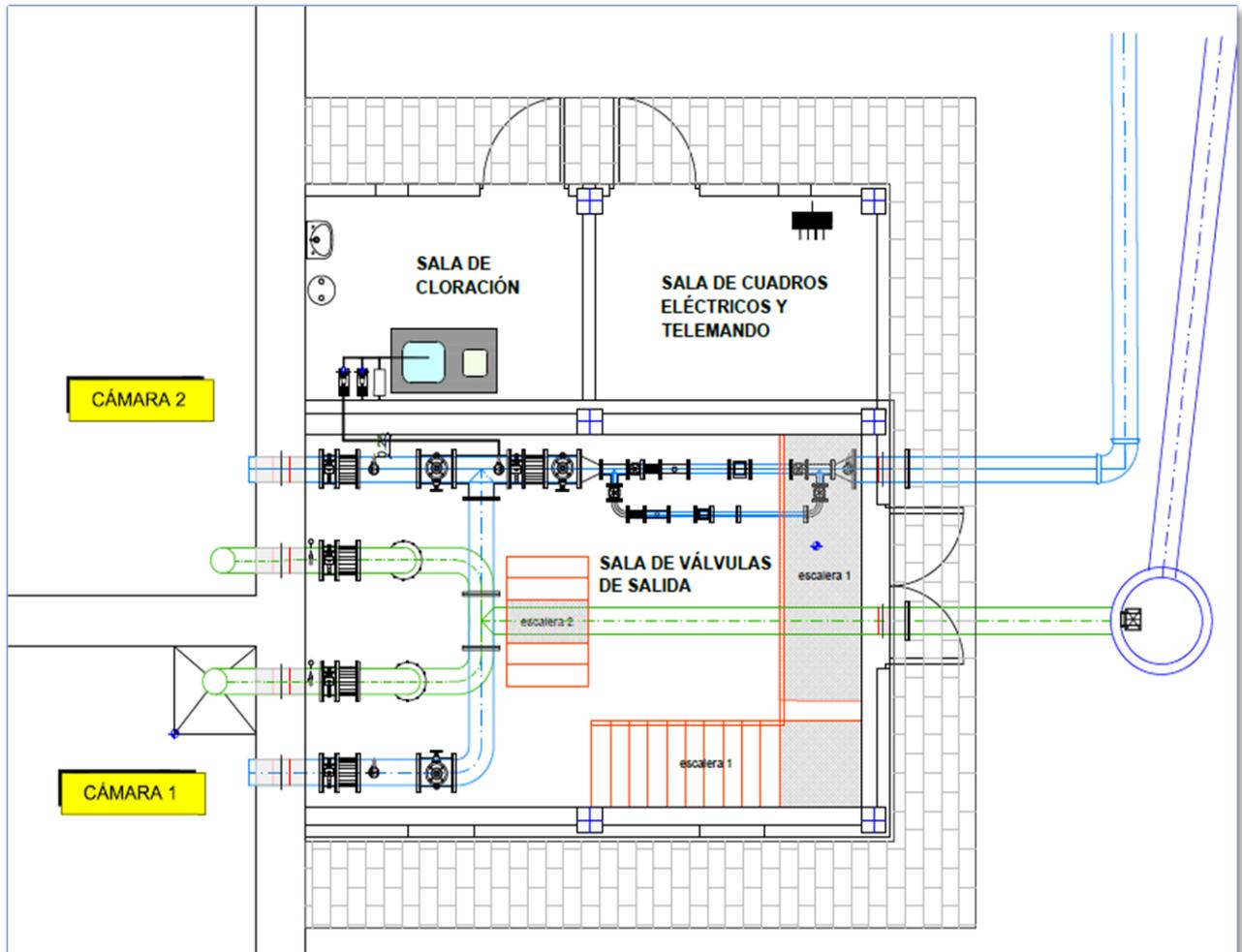


Imagen 6: Ejemplo de sala de válvulas de salida, sala de cloración y sala de cuadros eléctricos

Se dotará al depósito de un sistema de telecontrol o telemando que deberá cumplir con las especificaciones de EMUASA y permitirá la medición de parámetros de caudal, presión, nivel de agua en cada cámara, etc. así como parámetros de calidad. Además, contará con un software de control para la operación y mantenimiento del depósito y del sistema de cloración. Todo ello compatible con el sistema de telemando de EMUASA definido en la presente Guía.

En los siguientes apartados se describen en mayor detalle las instalaciones mencionadas en esta sección.

4 COMPONENTES HIDRÁULICOS

Cada compartimento o cámara del depósito constará de, al menos, las siguientes tuberías:

- tubería de entrada
- tubería de salida
- tubería de desagüe o vaciado
- vertedero o aliviadero

En dichas tuberías, se dispondrá de los equipos de medición de nivel de agua, elementos de corte, ventosas, picajes para tomas en carga para instrumentación, caudalímetros necesarios, etc.

Las tuberías de entrada y salida se dispondrán en extremos opuestos de las cámaras y lo más alejadas posible, con el fin de forzar la circulación del agua en el interior del depósito. Se buscará la diagonal de cada cámara.

Además, se preverá un bypass general del depósito que conecte la tubería de entrada y la de salida, con su correspondiente válvula de seccionamiento. Si por la configuración es posible, dicha válvula se ubicará en una de las salas. Si no fuera posible, se ubicará en una arqueta de hormigón armado que cumpla con las especificaciones de EMUASA descritas en la Guía Básica de Instalaciones definida en la página web www.emuasa.es.

4.1 TUBERÍAS DE ENTRADA Y SALIDA DE AGUA

Las tuberías de entrada y salida de agua de cada cámara serán independientes y deberán ubicarse en caras opuestas, lo más alejadas posible entre ellas, de forma que se fuerce una circulación continua del agua en el interior del depósito y se garantice una correcta renovación de la misma. Se buscará la diagonal de cada cámara.

Se dispondrá, asimismo, de grifos toma-muestras en las conducciones de entrada y salida del depósito.

A modo de ejemplo podemos observar la distribución de tuberías de la siguiente figura. Como se puede ver, se han ubicado las tuberías de entrada en la cara opuesta a las de salida o suministro y desalineadas unas con respecto a las otras.

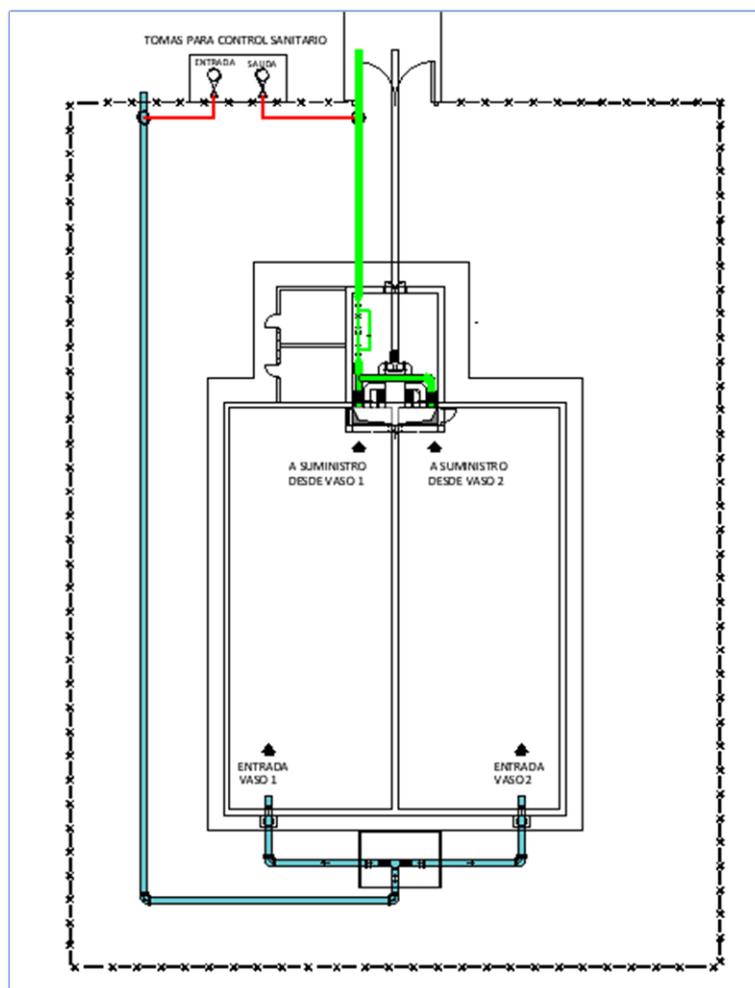


Imagen 7: Ejemplo disposición de tuberías de entrada (azul) y salida (verde) de las cámaras o vasos

4.1.1 Tuberías de entrada

La tubería de entrada a cada cámara terminará en un codo a 90° que evite la proyección hacia arriba del líquido.

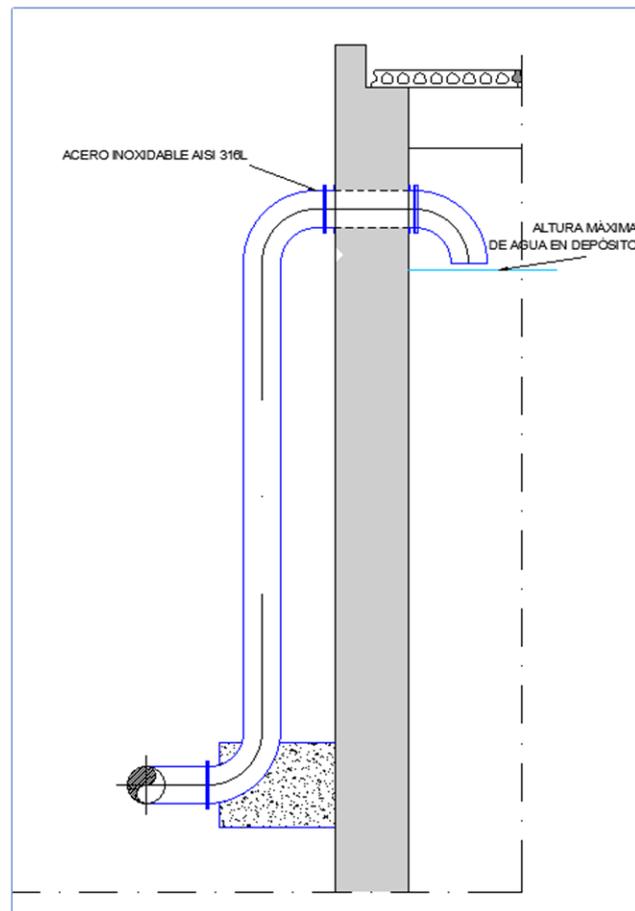


Imagen 8 Ejemplo de codo en tubería de entrada a depósito

En general, la tubería de entrada deberá desembocar a una cota superior a la máxima cota de agua prevista en el interior de las cámaras, esto es, por encima del aliviadero, con el fin de evitar el retroceso de agua por la tubería de entrada.

Las tuberías de entrada deberán quedar protegidas para evitar calentamientos de las mismas al estar a la intemperie:



Imagen 9 Ejemplo de protección de tubería de entrada a vaso en depósito existente y sala para alojamiento de elementos de entrada

Se preverá la colocación de un medidor de caudal previo a la entrada al depósito para control de caudales, que se instalará de la sala de válvulas para las conducciones de entrada y estará conectado con el sistema de telemando y telecontrol de EMUASA.

En la tubería de entrada y antes de la bifurcación a las cámaras, se dispondrá un picaje que llevará agua hasta un armario de toma de muestras. En este mismo armario también se alojarán los elementos de toma de muestras procedentes de la tubería de salida del depósito.

La tubería general, dispondrá de una válvula de corte motorizada y conectada con el sistema de control y telemando de EMUASA. Tras la bifurcación necesaria para el llenado de las cámaras, cada tubería de entrada a cada compartimento o cámara dispondrá de una válvula de cierre que permita aislarlos de forma independiente con el fin de poder realizar labores de mantenimiento, limpieza o vaciado. Estas últimas no necesitan ser motorizadas.

Las válvulas serán de mariposa para diámetros de 200 mm o superiores e incorporarán desmultiplicador de fábrica. Para diámetros inferiores podrán ser de compuerta.

Para el llenado del depósito se preverá una válvula automática con control de nivel pilotada, de control hidráulico, que controle el llenado de ambas cámaras. Será de control de nivel con piloto flotador o con piloto de altitud, dependiendo de las características del proyecto por lo que se deberá consultar en cada caso a EMUASA para determinar cuál será de aplicación dado que dependerá del funcionamiento previsto de cada sistema en particular. En las siguientes imágenes se muestra el caso de válvula de control de nivel y caudal con flotador vertical de 2 niveles.



Imagen 10 Válvula de control de nivel y caudal con flotador vertical

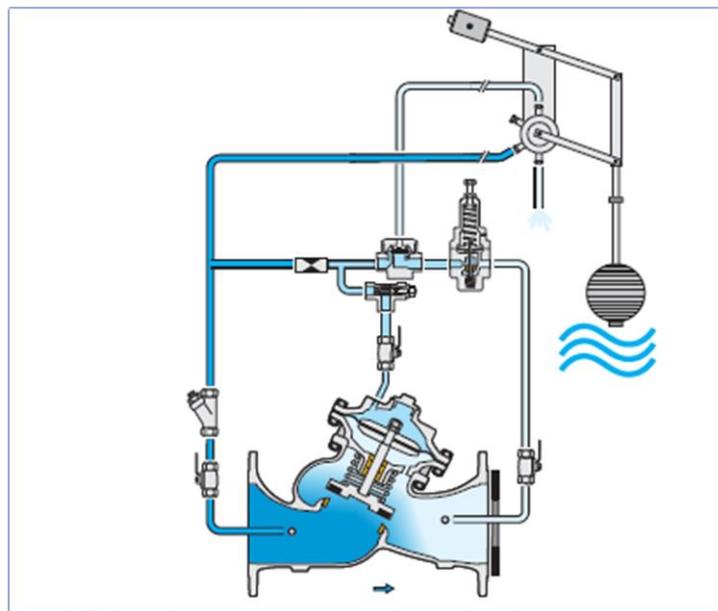


Imagen 11 Esquema funcionamiento válvula de control de nivel y caudal con flotador vertical.

La válvula deberá servir para el control de los dos vasos o cámaras. A continuación, se muestra esquema de válvula de control de nivel, reductora y limitadora de caudal para dos vasos independientes:

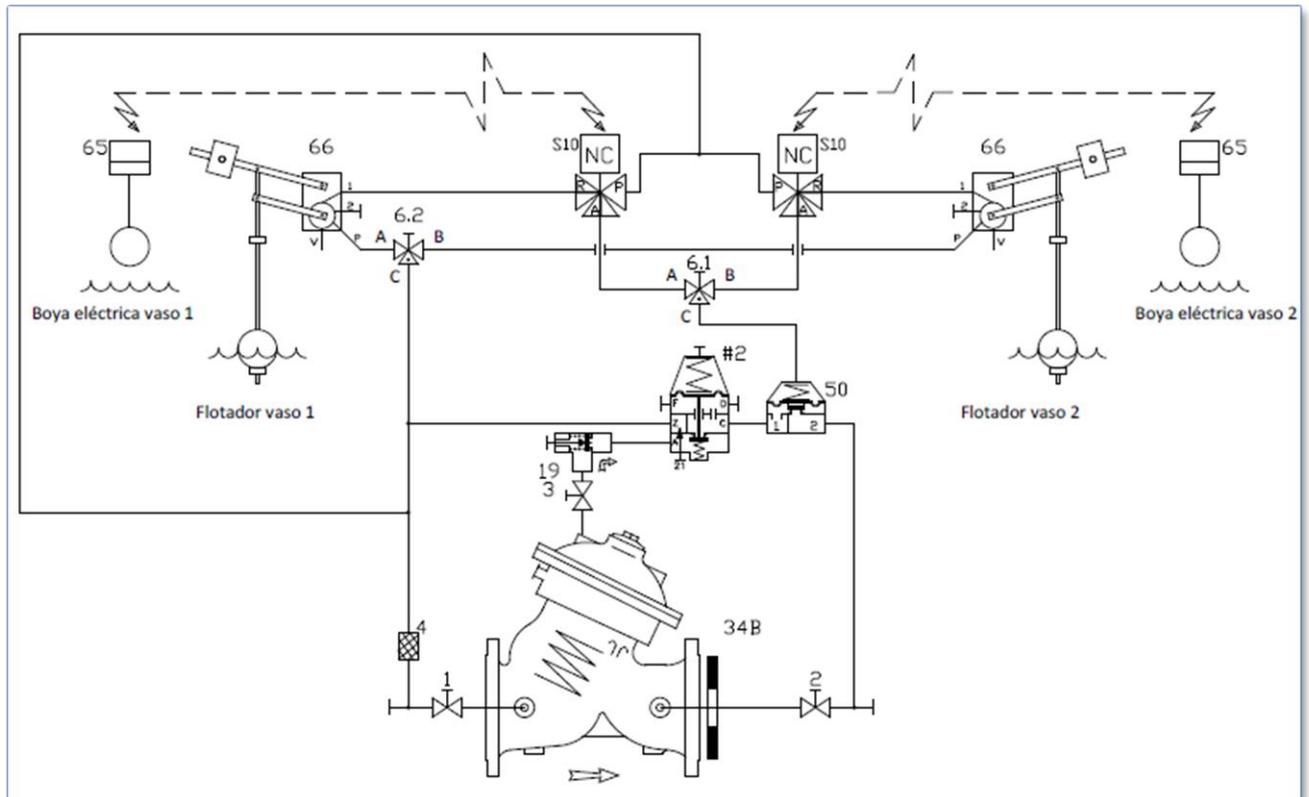


Imagen 12 Esquema de funcionamiento de válvula de control de nivel, reductora y limitadora de caudal para dos vasos independientes

Se preverá la colocación de una ventosa de tipo trifuncional o triple efecto, que incorporará una válvula de corte para su desmontaje.

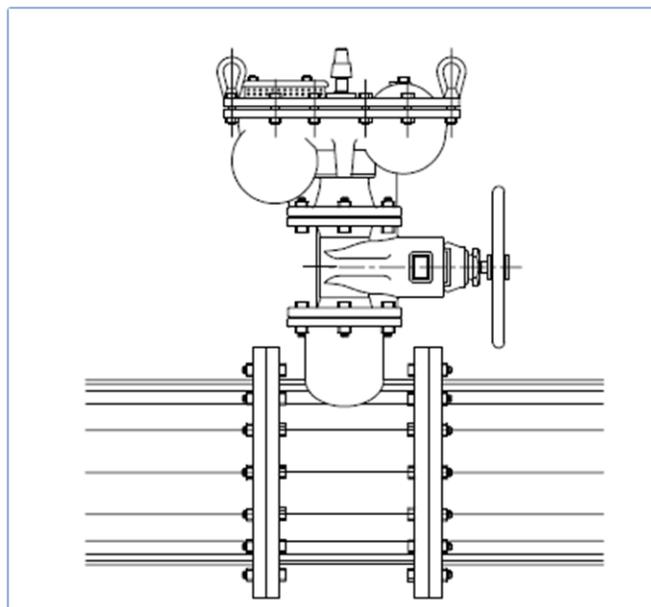


Imagen 13 Detalle de instalación de ventosa trifuncional

La tubería de entrada de agua al depósito dispondrá de una descarga de agua justo antes de la entrada a las cámaras. Estará diseñada conforme a la Guía Básica de Instalaciones de EMUASA disponible en la página web www.emuasa.es y constará de pieza en TE orientada hacia abajo, codo y válvula de corte. Se dispondrá una válvula antirretorno en la tubería de salida del pozo al que conecte y estará situada a menor cota que la salida de la tubería de descarga. Esta descarga permitirá el vaciado de las conducciones de entrada a las cámaras del depósito. La descarga verterá a la red de drenaje de las zonas de tránsito del recinto o a la red de saneamiento. En cualquier caso, deberá hacerlo a un lugar ideado para tal fin y/o con las correspondientes autorizaciones si fuera necesario.

En la siguiente imagen se puede observar un ejemplo básico de sala de válvulas de entrada en la que se aprecian los distintos elementos que la componen en el caso concreto al que pertenece. Cada instalación requerirá un estudio particularizado según las necesidades de operación.

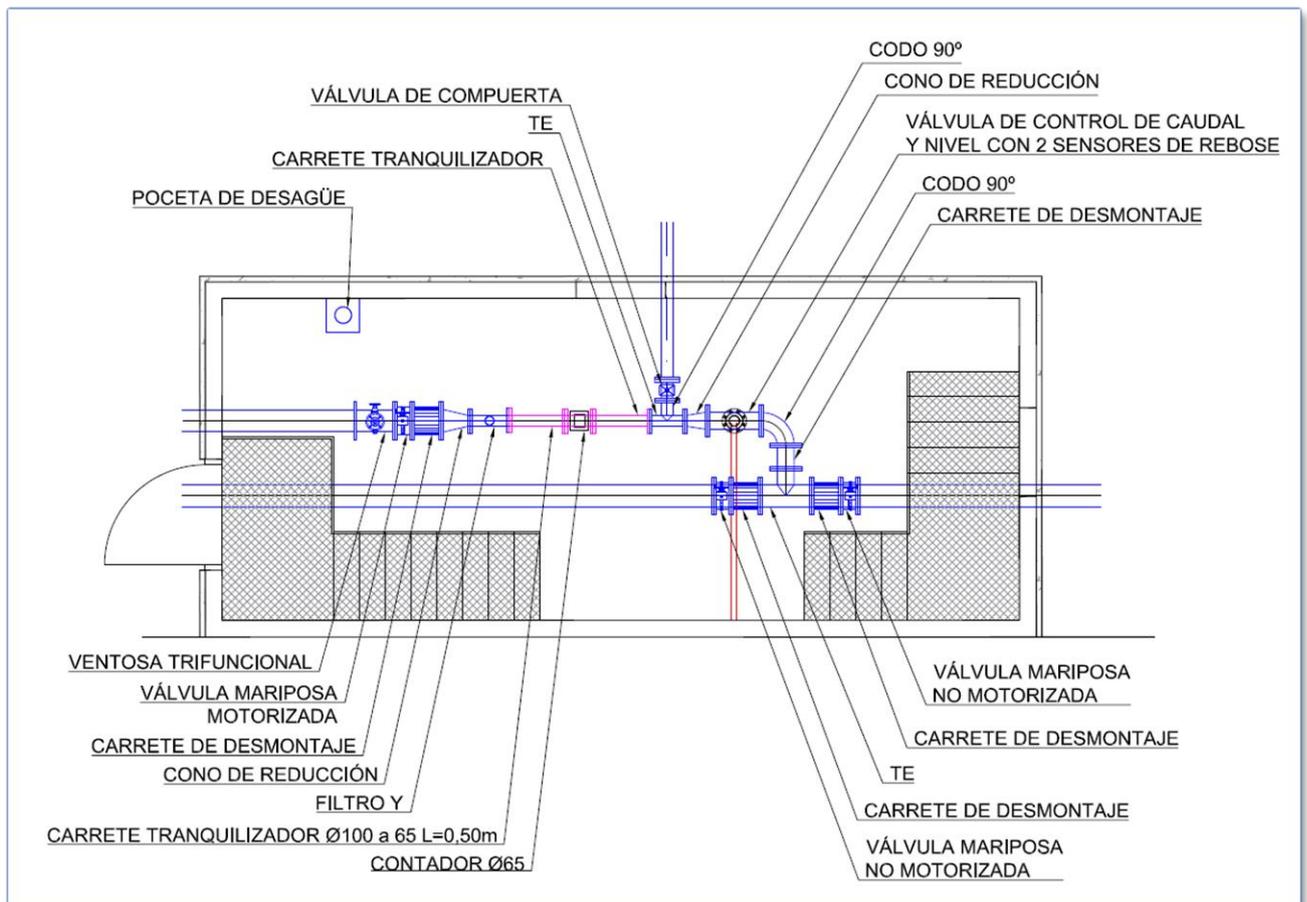


Imagen 14 Ejemplo de tuberías de entrada a cada cámara y válvulas de corte y maniobra

La tubería de entrada constará de un picaje para toma de muestras que conducirá el agua hacia un armario situado en el muro exterior de la instalación, que abrirá hacia el exterior para acceso al mismo sin necesidad de acceder a la instalación.

4.1.2 Tuberías de salida

La tubería de salida de agua de cada cámara se ejecutará mediante un tubo de acero inoxidable AISI 316 L embebido en la solera o en el muro, pudiendo ir provista de un filtro-colador.

Para la conformación de cada tubería de salida, en primer lugar, se preverá la colocación de la pieza pasamuros del depósito, que nos permitirá conectar el vaso con la sala de válvulas. Esta pieza será de acero inoxidable AISI 316L, por presentar buenas características de resistencia mecánica y frente a la corrosión. Para la mejora de la estanqueidad se deberá colocar un babero acompañado de una junta hidroexpansiva.

Cada tubería de salida se colocará a ras de la solera de las cámaras. Para ello se deberá prever la existencia de una poceta o cuenco para la tubería de desagüe de tal modo que los sedimentos irán a parar a dicha poceta. De esta manera se reducirá al mínimo la cantidad de agua que no sufrirá renovación, así como la cantidad de agua a desaguar durante las tareas de limpieza con respecto a otras opciones que consistirían en colocar la tubería de salida a cierta altura sobre la solera del depósito.

Cada tubería de salida constará de una válvula de cierre que permita el aislamiento dicha tubería. La válvula se colocará inmediatamente después del pasamuros de salida de cada cámara e irá alojada en el interior de la sala de válvulas de salida.

Con el fin de facilitar las labores de mantenimiento, se instalará un carrete de desmontaje junto a la válvula que permitirá la sustitución y revisión de la misma con facilidad.

Agua abajo de cada válvula de cierre de las tuberías de salida se colocarán ventosas, junto a las que se instalarán sendas válvulas de compuerta que permitan su desmontaje. Las ventosas serán de triple efecto y paso total con el fin de servir tanto para la admisión de aire en caso de vaciado de la conducción, la expulsión del mismo durante el llenado y la extracción de burbujas disueltas en el agua.



Imagen 15 Ejemplo de ventosa trifuncional instalada en tubería de salida de una de las cámaras

Tras la unión de las tuberías de salida de cada cámara, en la tubería principal o general, se instalará otra válvula de corte que irá motorizada y conectada con el centro de control de EMUASA para su control a distancia. Junto a ella, aguas abajo se colocará otra ventosa de tipo trifuncional.

Al igual que en caso de la tubería de entrada, las válvulas de corte serán de compuerta en el caso de que se trate de tuberías de diámetros inferiores a 200 mm y de mariposa para diámetros superiores. Estas últimas incorporarán siempre desmultiplicador instalado de fábrica y se instalarán con el eje en horizontal.



Imagen 16 Válvula de mariposa

La tubería principal de salida dispondrá de un caudalímetro electromagnético, que se instalará dentro de la sala de llaves. Con el fin de permitir la continuidad del suministro durante las labores de mantenimiento de dicho caudalímetro, así como en caso de avería, se preverá la ejecución de un by-pass al mismo con un segundo caudalímetro, que podrá ser de menor diámetro. Las dimensiones de los caudalímetros dependerán del caudal previsto y deberán ser aprobados por EMUASA.

Todas las tuberías serán de acero inoxidable AISI 316L.

Una configuración típica puede ser la mostrada en la siguiente imagen. Cada línea constará de dos válvulas de corte (aguas arriba y aguas abajo de cada contador), filtro previo, carrete de desmontaje y carretes tranquilizadores previos y posteriores al caudalímetro. Los elementos se configurarán de forma similar a la imagen. Las dimensiones y el tipo de válvulas dependerán de cada instalación en particular:



Imagen 17 Instalación típica de caudalímetro en tubería de salida situado en depósito existente

En las tuberías de salida, antes de la unión de ambas, se preverán sendos picajes que permitan la toma de muestras de cada cámara en los que se colocarán los correspondientes grifos para control de calidad.

Además, se dispondrá de otro picaje tras la unión de las mismas que conducirá el agua extraída hasta un armario de toma de muestras en el que también se alojarán los elementos procedentes de la tubería de entrada al depósito, mencionado anteriormente.

En dicho armario se identificará mediante cartelería a qué tuberías pertenece cada elemento mediante pequeña cartelería que incluya las leyendas “ENTRADA” y “SALIDA”. En el apartado 6.3 ELEMENTOS AUXILIARES se describe con más detalle este armario, así como las características a cumplir.



Imagen 18 Ejemplo de picajes en instalación existente



Imagen 19 Ejemplo de sala de válvulas de salida en depósito existente

En la siguiente imagen se muestra el ejemplo de un depósito existente que recoge las indicaciones anteriores, donde se puede observar la tubería de salida delineada en color azul. No obstante, cada diseño deberá adaptarse a las circunstancias de cada instalación en particular, teniendo en cuenta lo descrito en la presente guía. Será labor del proyectista el cálculo de dimensiones, configuración y necesidades de cada caso):

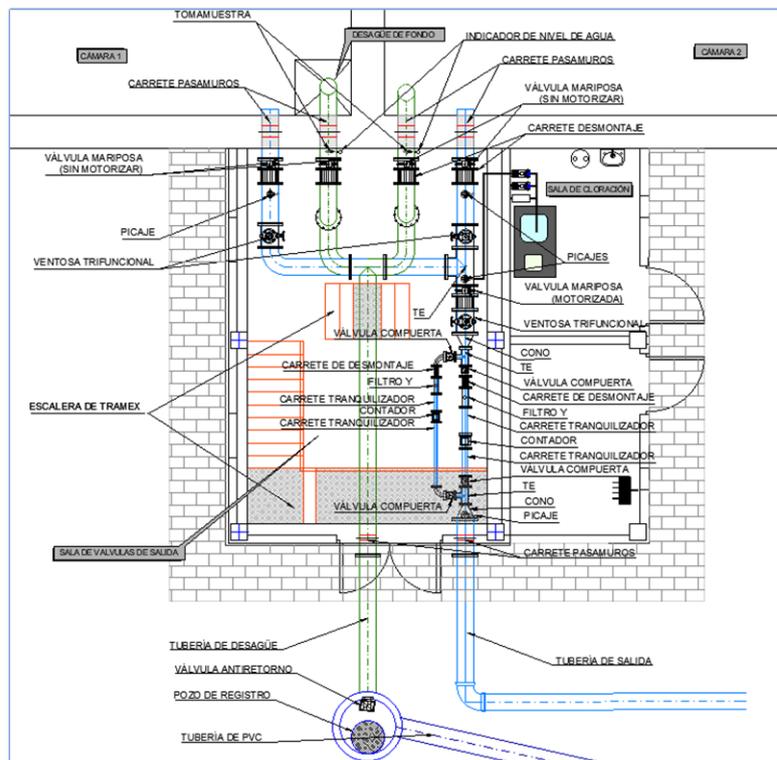


Imagen 20 Ejemplo de distribución de elementos instalados en tubería de salida. Sala de válvulas de salida.

4.1.3 By-pass tubería entrada y tubería salida

Se preverá la ejecución de un by-pass que conecte las tuberías de entrada y salida mediante una válvula de corte. Dicho by-pass estará previsto para el caso en que sea necesario dejar fuera de servicio el depósito.

Siempre que sea posible, la válvula de corte del by-pass se ubicará en una de las dos salas de válvulas. Para diámetros menores de 200 mm podrá ser de compuerta, debiendo ser de mariposa para diámetros de 200 mm o superiores e ir dotada de desmultiplicador instalado de fábrica.

Esta conexión en by-pass deberá permitir derivar el flujo directamente desde la tubería de entrada a la de salida por lo que, en caso de ser necesario, se preverá la colocación una válvula reguladora de presión que permita la alimentación directamente a los puntos de consumo en las condiciones de presión adecuadas. Se deberá estudiar cada caso en particular con fin de garantizar el suministro a través de este by-pass en caso de que sea necesario.

4.2 TUBERÍA DE VACIADO O DESAGÜE DE FONDO

Cada cámara dispondrá de un desagüe de fondo que permita el vaciado de éstas, con el fin de llevar a cabo labores de limpieza, mantenimiento o reparación.

Los desagües de fondo se ubicarán en el punto más bajo de la solera, hacia dónde confluirán todas las pendientes, las cuales que se realizarán con una inclinación de entre 0,5 y 1% hacia éstos.

Cada tubería de desagüe dispondrá de una válvula de seccionamiento, alojada en la sala de válvulas de salida, para permitir el vaciado del depósito. Estas válvulas se colocarán inmediatamente después del pasamuros de separación entre las cámaras y la sala de válvulas. Se utilizarán válvulas de compuerta hasta diámetros de tuberías de 200 mm y serán de mariposa con desmultiplicador para diámetros superiores. No irán motorizadas.

Todas las tuberías serán de acero inoxidable AISI 316L.

Al igual que en el caso de la tubería de salida, el pasamuros del desagüe ha de estar constituido por materiales que aseguren una buena resistencia a la corrosión y resistencia mecánica. Por esta razón, se empleará acero inoxidable 316L.

La tubería de desagüe se colocará por debajo de la solera del vaso y al ras del fondo de la poceta.

Sobre la poceta se colocará una rejilla tipo tramex de PRFV, para evitar caídas durante las labores de mantenimiento y limpieza.

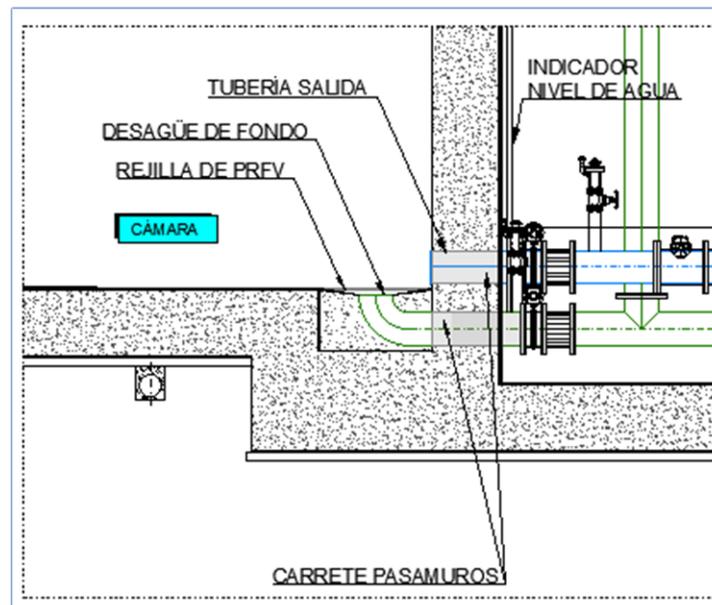


Imagen 21 Ejemplo de desagüe de fondo de una cámara

Estas instalaciones no deberán permitir la contaminación del agua almacenada ni la entrada de elementos extraños en el depósito. Se recomienda que, siempre que sea posible, los desagües no se

conecten a colectores de aguas residuales. En caso de que fuera inevitable, se prestará especial atención a la capacidad del colector y se deberá evitar la entrada de agua sucia y gases desde éste. En estos casos, además, el vertido a la red de saneamiento deberá hacerse a través de un sifón y se colocará una válvula anti-retorno. Nunca se conectará directamente.

En aquellas poblaciones en las que exista red separativa, se conectarán a la red de pluviales.

En caso de que el vertido se realice a algún cauce y otro medio receptor diferente a las redes municipales, se deberá obtener el permiso correspondiente.

El diámetro de la conducción de desagüe dependerá de:

- Volumen del depósito,
- tiempo de vaciado y
- capacidad de evacuación del medio receptor.

Como valores de referencia, se toman los indicados por la Guía Técnica sobre Depósitos de Agua Potable publicada por el CEDEX en 2010, que recomienda que el diámetro sea de 200 mm para depósitos hasta 5.000 m³ y de 300 mm para depósitos mayores, no siendo nunca inferiores a 150 mm. En cualquier caso, se realizarán los cálculos y comprobaciones pertinentes en función de los tres parámetros indicados.

Se colocará siempre una válvula antirretorno en el punto de desagüe y una rejilla o malla que impida entrada de elementos extraños. No obstante, la configuración definitiva variará según los requerimientos de cada instalación:

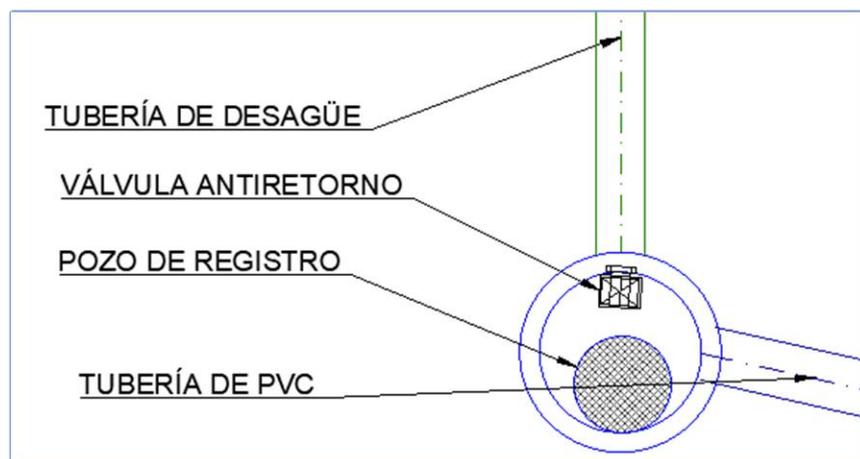


Imagen 22 Ejemplo de colocación de válvula antirretorno en salida de desagüe de fondo de depósito

4.3 ALIVIADERO

En cada cámara del depósito existirá un vertedero o aliviadero de emergencia que evite el rebose en caso de fallo de los mecanismos de regulación de llenado.

Este aliviadero deberá tener capacidad para evacuar el máximo caudal entrante y estará conectado a la tubería de desagüe, en la cámara de válvulas de salida, aguas abajo de la válvula de cierre.

El vertedero de cada compartimento o cámara deberá permitir el libre escape del exceso de agua con un caudal de evacuación al menos igual al máximo caudal de entrada al depósito, recomendando que sea capaz de evacuar el doble del caudal que llega por la tubería de entrada.

Este sistema no deberá tener ninguna válvula de seccionamiento.

La altura de los aliviaderos será aquella que corresponda con el nivel máximo que el agua pueda alcanzar en el interior del depósito.

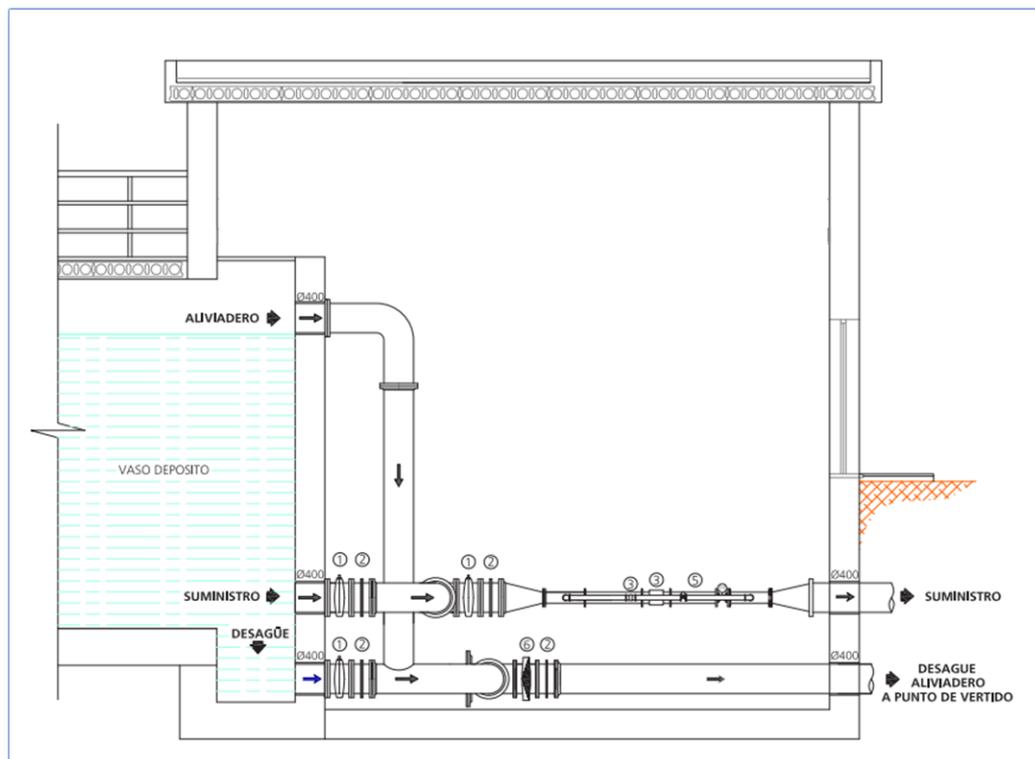


Imagen 23 Ejemplo de sala de válvulas de salida con aliviadero



Imagen 24 Detalle de aliviaderos de las cámaras. Sala de válvulas de salida

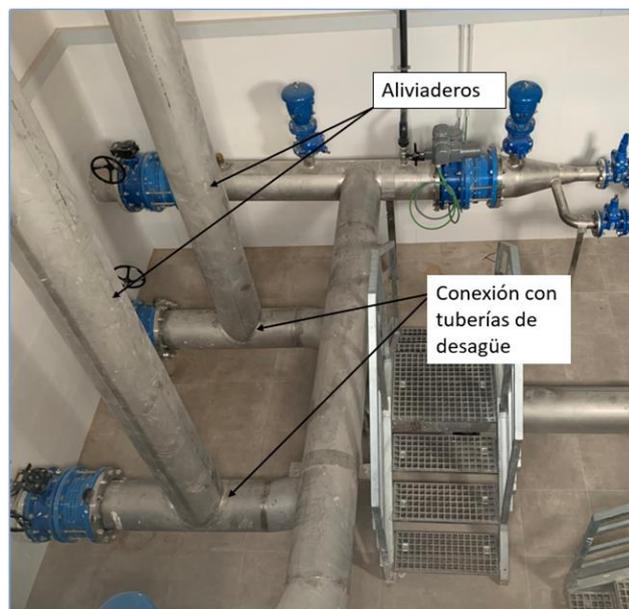


Imagen 25 Detalle de conexión de tuberías de alivio con desagües de fondo de las cámaras

5 CÁMARAS Y SALAS. COMPONENTES Y ACABADOS

5.1 COMPARTIMENTOS O CÁMARAS.

En depósitos de agua potable es especialmente importante la adecuada ejecución de los vasos. Así mismo, se deberá cuidar una serie de aspectos fundamentales para la funcionalidad de la infraestructura durante las labores de operación y mantenimiento.

Los materiales utilizados deberán cumplir con lo indicado en el Real Decreto 3/2023 por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano o legislación que lo sustituya. Se deberá garantizar la inocuidad de los mismos de forma que no se produzcan migraciones de sus componentes que puedan mermar la calidad del agua potable.

Como se ha indicado en puntos anteriores, los depósitos contarán con, al menos, dos cámaras o compartimentos para el almacenamiento de agua.

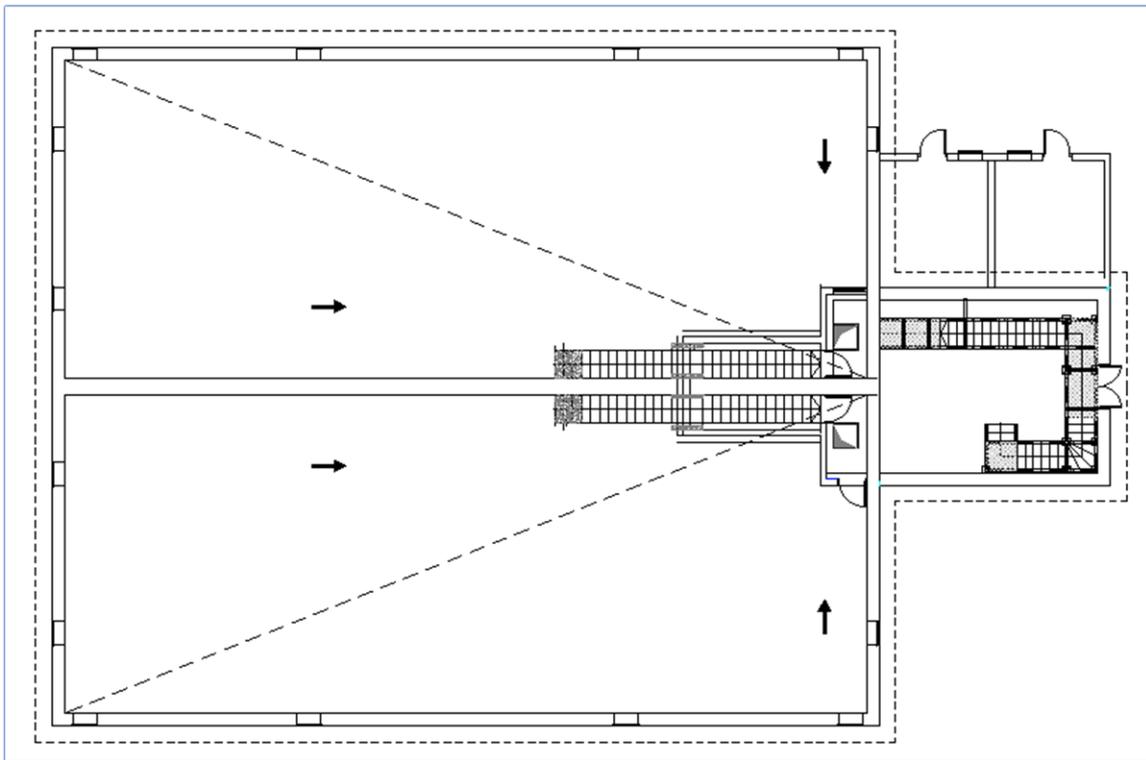


Imagen 26 Ejemplo de depósito existente con dos cámaras y acceso al interior mediante escalera de hormigón.

Los muros de separación de dichos compartimentos tendrán toda la altura del depósito, con el fin de evitar la contaminación del agua de un compartimento o cámara que se encuentre en servicio mientras se realizan trabajos de limpieza o reparación en el compartimento contiguo. En cualquier caso, en la parte superior de este muro se dejarán siempre unas aberturas para permitir la ventilación de las cámaras. Dichas aberturas podrán ser tapadas en caso de realización de obras o mantenimiento en el interior de una de las cámaras.

Se cuidarán especialmente las pendientes de las soleras de las cámaras, que se realizarán con una pendiente entre 0,5 y 1% hacia los puntos de desagüe. En éstos últimos se ubicará un cuenco o poceta desde el que partirá la oportuna conducción de desagüe o vaciado.

Las superficies interiores serán lo más lisas y libres de poros posible para facilitar la limpieza del depósito y evitar la proliferación de bacterias. Para ello, se llevará a cabo el fratasado de dichas superficies.

Se preverá el sellado de los encuentros ortogonales de la estructura (muros-losa) ya que se trata de zonas donde se pueden producir filtraciones y acumulación de esfuerzos. Asimismo, en estos encuentros, se ejecutarán medias cañas con mortero para facilitar las labores de limpieza y desinfección del interior de las cámaras.



Imagen 27 Encuentro muros - losa

Se evitará la existencia de pilares intermedios en el interior de las cámaras, salvo en depósitos de gran tamaño en los que no se puedan evitar y, en cualquier caso, se evitarán lugares de difícil limpieza.

En caso de que, por razones técnicas, no sea posible evitar la existencia de pilares intermedios, se requerirá justificación y se precisará la conformidad de EMUASA. En tal caso, se cuidarán especialmente los encuentros ortogonales entre éstos y la solera, del mismo modo que se indicaba para el caso de entre los muros y la solera.



Imagen 28 Encuentro pilares - solera

Los accesos al interior de las cámaras se realizarán siempre desde una caseta y nunca desde arquetas. Preferiblemente se hará desde la caseta de la sala de válvulas o por una sala habilitada para ello, pudiéndose hacer también desde la cubierta siempre y cuando se prevea la correspondiente caseta, que tendrá dos entradas independientes, una para cada cámara.

Cada acceso al interior de los vasos dispondrá de la correspondiente puerta con cerradura y estarán contruidos evitando que entren sustancias al interior como polvo, insectos, etc.

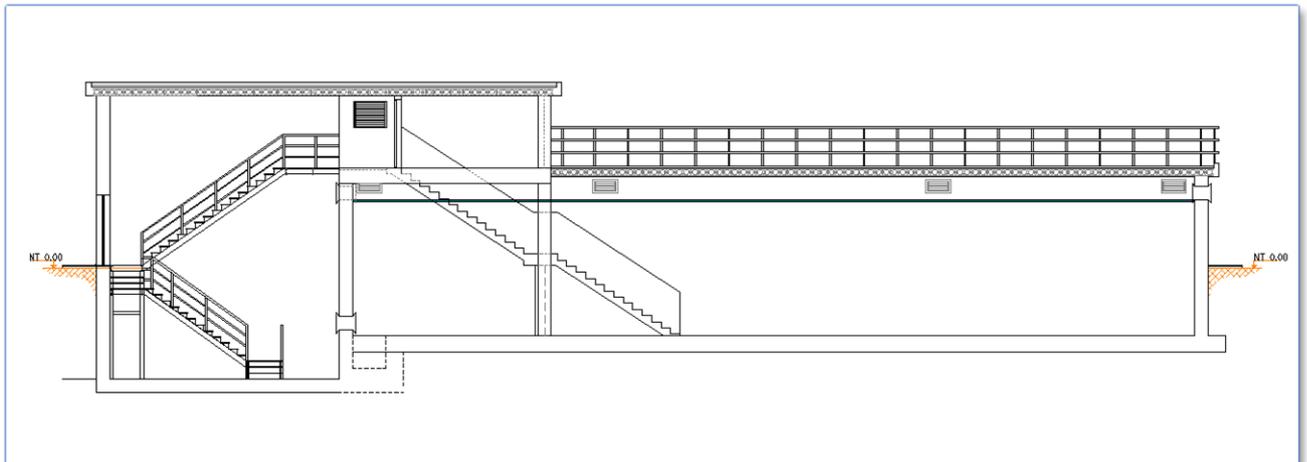


Imagen 29 Ejemplo de acceso a cámaras a través de la sala de válvulas de salida en depósito existente. Sección longitudinal



Imagen 30 Vista frontal de acceso a cámaras desde sala de válvulas en depósito existente.

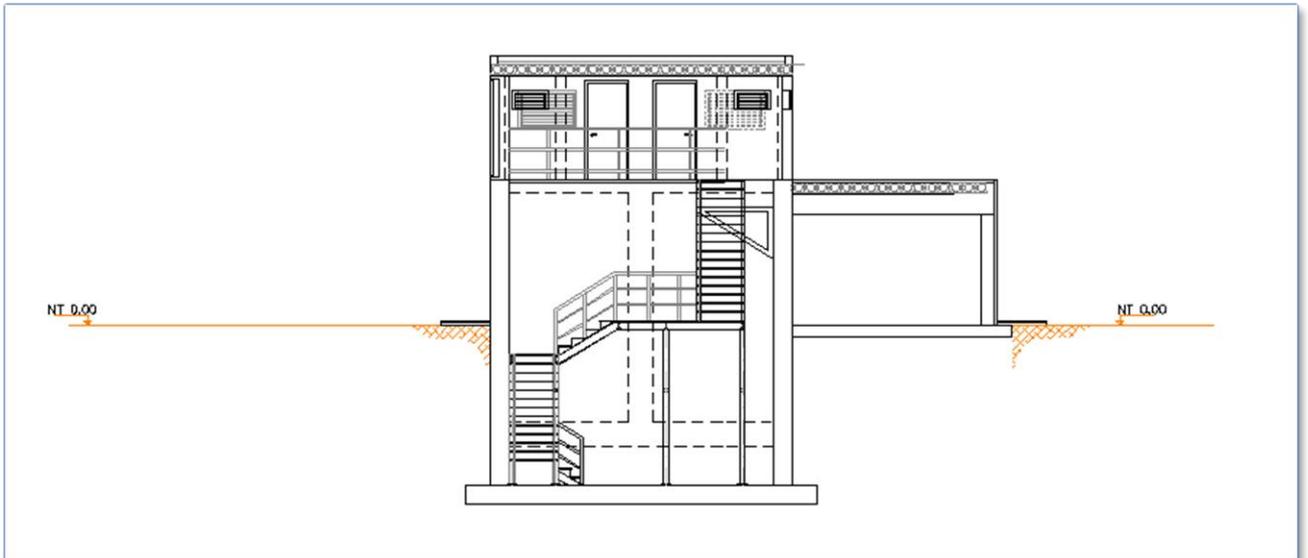


Imagen 31 Acceso a cámaras en depósito existente. Sección transversal sala de válvulas.

Las puertas deberán ser estancas y sus características se describen con mayor detalle en el apartado 6.3 “ELEMENTOS AUXILIARES

Las siguientes imágenes muestran ejemplos de acceso a cámaras a través de la sala de válvulas, siendo éste el caso más recomendable:



Imagen 32 Ejemplo de acceso desde sala de válvulas



Imagen 33 Ejemplo de acceso desde sala de válvulas

Los siguientes casos muestran ejemplos de acceso desde la cubierta mediante casetas construidas para tal fin, siendo preferible el acceso desde las salas de válvulas frente a estas opciones:



Imagen 34 Ejemplo de acceso desde cubierta



Imagen 35 Detalle interior de acceso a cámaras, acabados



Imagen 36 Detalle interior de acceso a cámaras, ventilación.

Se evitará la existencia de partes metálicas vulnerables de corrosión.

El acceso será siempre mediante escaleras de hormigón. A continuación, se muestra una fotografía de un depósito en fase de ejecución en la que se puede apreciar el acceso a una de las cámaras.



Imagen 37 Ejemplo de acceso a cámara mediante escalera de hormigón.

Cada compartimento de agua dispondrá de una arqueta de PRFV o cerramiento de aluminio para permitir visualizar el estado del agua sin necesidad de acceso de personal al interior de los mismos.



Imagen 38 Cerramiento de aluminio para visualización desde cámara de válvulas



Imagen 39 Arqueta de PRFV para visualización desde cubierta.

El acceso estará restringido y controlado, diseñando las infraestructuras necesarias para que los compartimentos de agua se abran el menor número de veces posible.

El depósito deberá disponer de un sistema de ventilación que permita el movimiento del aire producido en los cambios de nivel de agua.

Se deberán dejar huecos de interconexión entre compartimentos. Sin embargo, dichos huecos no deberán permitir el vertido de agua de un compartimento a otro para evitar cualquier problema de contaminación. Por tanto, deberán estar ubicados a un nivel superior al del vertedero de cada cámara.

En general, se deberán tomar medidas para controlar la calidad del aire que entra o sale del depósito y para evitar que el agua pueda contaminarse, evitando la entrada de polvo, insectos, otros animales o, en general, de cualquier materia extraña.

Con el fin de evitar alteraciones inaceptables del agua debidas al calor o al frío, serán necesarias medidas de aislamiento térmico. Además, se intentará minimizar la condensación en el interior de las cámaras de agua mediante circulación natural del aire.

Se dispondrán de visores de nivel conectados a los desagües de fondo para observar la altura de agua en cada compartimento. Estos visores estarán situados en la sala de válvulas de salida.



Imagen 40 Sala de válvulas salida

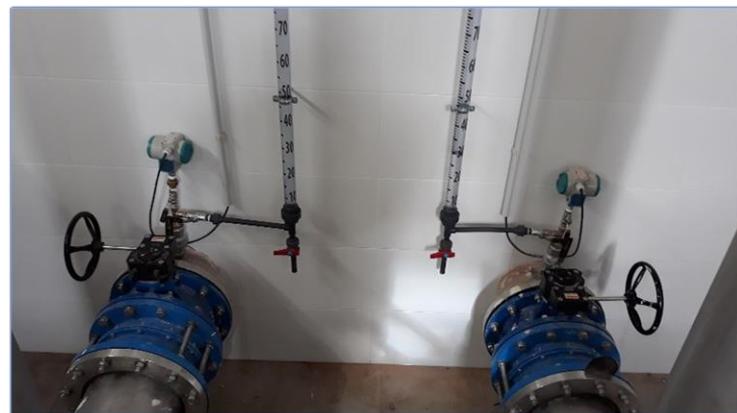


Imagen 41 Detalle visores de nivel de las cámaras

5.2 SALAS DE VÁLVULAS (CARACTERÍSTICAS Y ACABADOS)

Los depósitos habrán de contar con una sala de llaves para alojamiento de los elementos de entrada, así como otra para los ubicados en la salida de agua (válvulas, piezas especiales, conexiones, aparatos de medición, tomas de muestras, etc.) y para los controles de caudal.

Como se ha comentado en puntos anteriores, estas salas serán independientes de la sala de cuadros eléctricos y de la sala de cloración, con el fin de favorecer la conservación de los equipos. Estas últimas salas podrán colocarse adosadas a los muros del depósito o, si se prefiere, contar con una estructura independiente que se situará junto a la sala de válvulas de salida para facilitar el cableado y circuito de cloración entre salas.

En cualquier caso, todas las salas se habrán de dotar de una adecuada ventilación que deberá ser independiente de la de los compartimentos del depósito y se deberán prever los asientos diferenciales en la estructura.

En la siguiente imagen podemos ver un ejemplo en el que podemos observar la disposición de la sala de válvulas de salida, sala de cloración y sala de cuadros eléctricos. Todas ellas independientes entre sí.

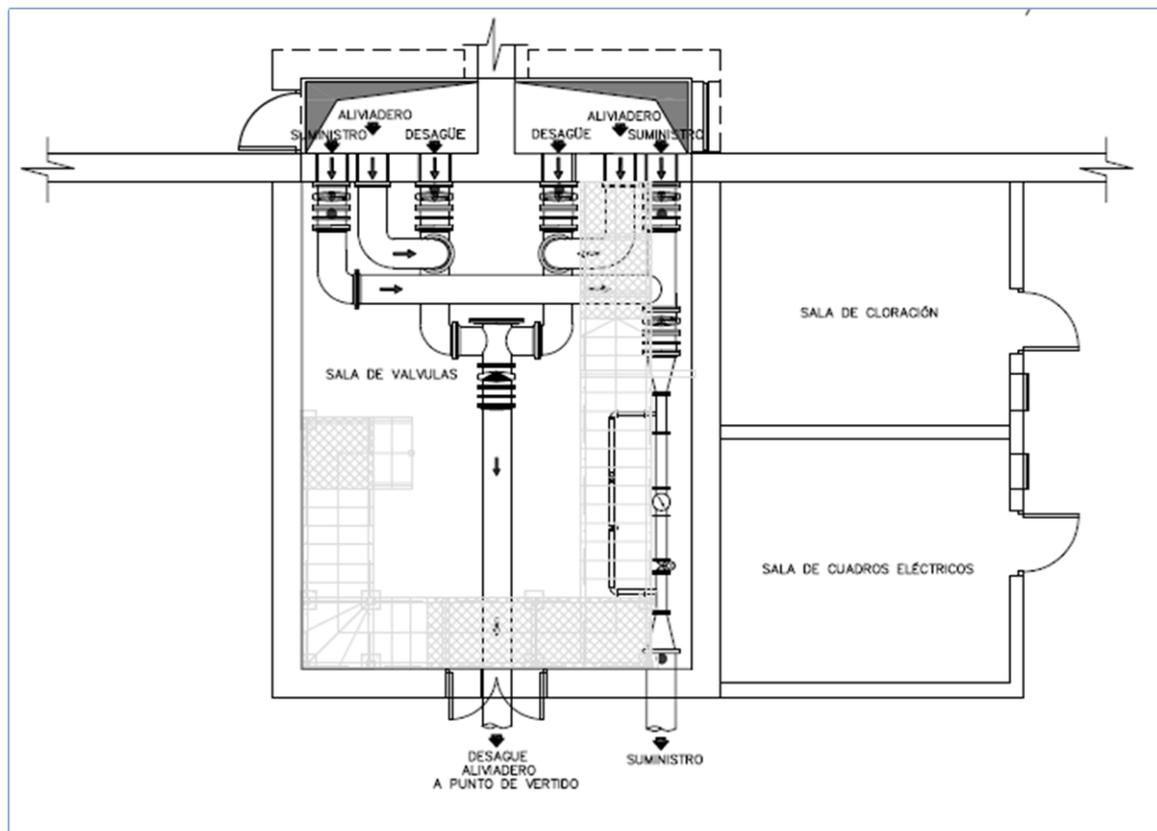


Imagen 42 Sala de válvulas de salida, sala de cloración y sala de cuadros eléctricos en depósito existente.

En el interior de las salas se deberá prever espacio suficiente para realizar las labores de mantenimiento y operación, así como de desmontaje de los diferentes elementos. Por consiguiente, las tuberías y demás elementos deberán colocarse entre ellas y con respecto a los muros de forma que permitan realizar los trabajos de mantenimiento y sustitución de los distintos accesorios y piezas teniendo en cuenta el espacio requerido por las herramientas a utilizar. Teniendo esto en cuenta, se dejará un espacio mínimo de 60 cm entre las aristas exteriores de las bridas y las paredes de las salas, con el fin de posibilitar el montaje y desmontaje de las diferentes piezas que conformen el sistema.

Se preverán plataformas, escaleras y tramex para los accesos, así como para salvar obstáculos, como pueden ser las propias tuberías, y se deberán habilitar zonas de paso a las válvulas mediante tramex o similar.

En cumplimiento del Real Decreto 486/1997 que establece los requisitos mínimos de seguridad y salud que deben cumplir los lugares de trabajo, se deberá limitar en 8 mm la abertura máxima de los intersticios que puedan tener escaleras o plataformas con pavimentos perforados, como el caso del tramex. Esta medida de prevención intenta evitar la posibilidad de daños a personas o maquinaria producidos por la caída accidental de pequeños objetos.

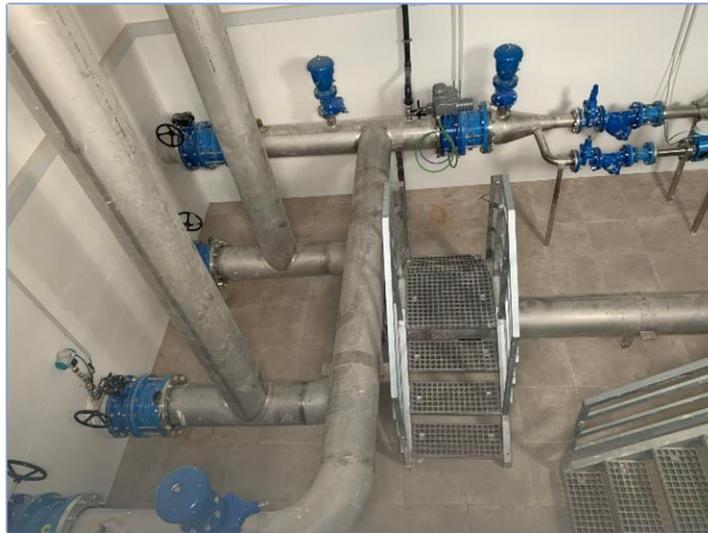


Imagen 43 Ejemplo de pasarela de acceso a distintas zonas de la sala de válvulas de salida



Imagen 44 Ejemplo de pasarela de acceso a distintas zonas en sala de válvulas de entrada

Las puertas exteriores deberán estar aisladas térmicamente, abrirán hacia fuera y dispondrán de cierre de seguridad. Durante el diseño se deberá prever su tamaño en función de los elementos de mayores dimensiones que se instalen en el interior de la cámara con el fin de garantizar que éstos puedan sustituirse o extraerse para su reparación. Estas se describen con mayor detalle en el apartado 6.3 ELEMENTOS AUXILIARES

De ser posible se deberá dotar a la cámara de llaves de iluminación natural y, en todo caso, de iluminación artificial con dispositivo de apagado temporizado. En el apartado 6.3 ELEMENTOS AUXILIARES se describen los elementos de iluminación natural y ventilación de las salas.

En cada sala se preverá un desagüe para evacuación del agua que pueda derramarse durante las operaciones de mantenimiento de los diferentes elementos que contienen, así como en caso de posibles fugas o roturas. En el caso de que la sala en cuestión esté ubicada a la misma altura que la rasante del terreno, se instalará un sumidero de recogida de aguas conectado al drenaje perimetral del depósito. Si la solera de la cámara se encontrase por debajo del nivel del terreno exterior y no fuese posible conectar por gravedad al drenaje perimetral, se ejecutará un hueco o arqueta en la solera de la cámara que permita el alojamiento de una pequeña bomba de recogida de aguas para la evacuación de estas al exterior. El hueco se cubrirá con una rejilla.

Se dispondrán visores de nivel en la sala de válvulas de salida, que irán conectados a los desagües de fondo de cada cámara, con el fin de poder observar el nivel de agua de cada cámara.

El suelo será de plaqueta antideslizante marrón y deberá estar dotado de pendientes hacia el desagüe o arqueta de desagüe para evitar que la formación de charcos.

Las paredes de las salas irán alicatadas con azulejo en color blanco mate.

En caso de que sean necesarias plataformas de acceso o escaleras, éstas serán de PRFV.

En el caso de que las soleras de las salas queden por debajo de la rasante del terreno exterior, el acceso a las mismas se efectuará mediante escaleras y en ningún caso mediante pates o escalas. Las escaleras serán de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) y habrán de contar con barandilla, protección intermedia y rodapié. Las posibles plataformas necesarias podrán ser de tramex realizado también con PRFV.



Imagen 45 Ejemplo de escaleras acceso a sala de válvulas en PRFV



Imagen 46 Ejemplo de acceso a zona de acceso a vasos desde sala de válvulas de salida ejecutado en PRFV

Los tramex estarán anclados y tendrán identificada la carga máxima que soportan.



Imagen 47 Ejemplo de acabados en sala de válvulas de salida



Imagen 48 Ejemplo de acabados en sala de válvulas de entrada

5.3 SALA Y SISTEMA DE CLORACIÓN

El sistema de cloración se preverá mediante hipoclorito sódico y se adecuará una sala exclusiva para las instalaciones de cloración.

El sistema de cloración consistirá en un circuito de agua que se iniciará en el picaje previsto en la tubería de salida del depósito e irá hacia las dos cámaras o vasos.

En una zona intermedia de este circuito se analizarán los parámetros de calidad (cloro, pH...), procediendo a la dosificación de hipoclorito sódico si fuera necesario.

Es de reseñar que, en general, la inyección de agua clorada en el interior de cada cámara se llevará a cabo en, al menos, dos puntos: uno de ellos próximo a la ubicación de las tuberías de salida y otro más alejado. Esta distribución de agua clorada se gestionará mediante rotámetros y sus correspondientes válvulas de regulación.



Imagen 49 Panel de cloración en depósito existente

Los elementos y equipos que intervienen en el sistema de cloración son los siguientes:

- Picaje en la tubería salida depósito
- Tubería de recirculación de agua
- Caudalímetro de cloración
- Filtro de bombas
- Bombas de cloración

- Filtro de analizadores
- Analizadores (cloro, pH, ...)
- Bomba dosificadora de hipoclorito
- Rotámetros de distribución de caudales a las cámaras
- Inyector
- Válvulas de tres vías
- Depósito de hipoclorito
- Cubeto de retención para hipoclorito
- Lavaojos



Imagen 50 Lavaojos ubicado en sala de cloración



Imagen 51 Bomba dosificadora hipoclorito



Imagen 52 Ejemplo de circuito de cloración en depósito existente

El almacenamiento de productos químicos se debe situar en una sala protegida de la acción solar. En concreto, se ubicarán en la sala de cloración y se deberá dar cumplimiento a lo indicado en el Real Decreto 656/2017, de 23 de junio, por el que se aprueba el *Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ 0 a 10*. En particular, el hipoclorito sódico está considerado como un producto corrosivo. Por tanto, será de aplicación la instrucción técnica complementaria MIE APQ-6 “*Almacenamiento de líquidos corrosivos en recipientes fijos*”

Deberá existir una buena ventilación de la sala para lo cual se preverá, al menos, una ventana, así como una puerta que abrirá hacia el exterior. Las características de ambos elementos se definen en mayor detalle en el apartado 6.3 ELEMENTOS AUXILIARES

Para la descarga de productos químicos recargables mediante garrafas (GRG's) deberá existir espacio suficiente para permitir el movimiento durante la descarga del producto, así como para facilitar el apoyo de los recipientes en el suelo.

El cuadro eléctrico para alimentación de las bombas dosificadoras deberá ubicarse en una sala diferente de donde se encuentra la dosificación y almacenamiento con el fin de evitar la corrosión de sus componentes, así como para poder desconectar la tensión sin riesgos de proyección de producto químico.

En las proximidades de la sala deberá preverse un punto de agua y se colocará una fuente lavaojos. Si no existiera suficiente presión de agua se colocará una bomba de presión. Se preverá la colocación de la correspondiente señalización de fuente lavaojos.

El suelo de la sala deberá estar compuesto por materiales no absorbentes y de fácil limpieza. Por ello, se preverá plaqueta antideslizante de color marrón.

Junto al almacenamiento de productos químicos se dispondrá de un panel informativo con la ficha de datos de seguridad del producto y las medidas de emergencia.

Se colocará la señalización correspondiente que indicará los riesgos y equipos de protección a utilizar.



Imagen 53 Señalización exterior en sala de cloración



Imagen 54 Señalización interior en sala de cloración

Se dispondrá de un cubeto de retención de dimensiones adecuadas, capaz de retener el contenido del recipiente de hipoclorito en caso de vertido o fuga. Dicho cubeto habrá de cumplir con lo indicado en el Real Decreto 65/2017



Imagen 55 Ejemplo de etiquetado y colocación de recipiente de hipoclorito sobre cubeto

Los almacenamientos de productos químicos corrosivos que superen los 200 litros de subcategoría 1A, 400 litros de subcategoría 1B y 1.000 litros de subcategoría 1C y 1.000 litros de H290 deberán legalizarse ante el órgano competente de la Comunidad Autónoma de Murcia, conforme a lo indicado en el Real Decreto 656/2017 sobre almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias.

5.3.1 Funcional del sistema de cloración por hipoclorito

Los instrumentos, alarmas y consignas aquí definidos son los necesarios para el proceso de cloración. Si bien, en la misma estación serán precisos otros, necesarios para el control del resto de procesos.

La estación remota de cada depósito deberá disponer de una señal digital, con alarma asociada, que avise, de forma remota, en caso de fallo de suministro eléctrico de red.

INSTRUMENTACIÓN Y ELEMENTOS DE CONTROL A INSTALAR

(NOTA: todos los elementos se dimensionarán para una dosificación de hasta 4 l/h):

- Transmisor de cloro amperométrico, sin partes móviles, con compensación automática de pH y Temperatura. El rango de medida de cloro libre, como mínimo debe abarcar el siguiente: 0.01 – 5 mg/l (a pH 7,2 y 25°C de Temperatura). Por tanto, incorporará célula de pH con medida de Temperatura.
- Analizador de cloro con al menos 4 salidas analógicas y 4 salidas digitales (Modelo Liquiline de E&H o similar).
- Detector de caudal en la línea de toma de muestras, preferiblemente incorporado en el portacélulas.

- Caudalímetro en circuito de impulsión bombas de cloración (con display). Rango de medida debe abarcar el comprendido entre 200 y 6000 l/h.
- Bomba dosificadora de hipoclorito.
- Bombas recirculación del agua de la cloración.
- Sonda indicadora de bajo nivel de depósito de hipoclorito.
- Caudalímetro electromagnético en tubería de salida del depósito (el rango de medida deberá definirlo el departamento de distribución).
- Sondeas de nivel, por presión, para medida del nivel de las cámaras

EQUIPOS A CONTROLAR

- Bombas de cloración. Sistema 1+1, funcionamiento en alternancia. El tiempo de alternancia se ajustará mediante consigna remota, enviada desde Centro de Control de EMUASA.
- Bomba de hipoclorito. Se controla la frecuencia de los pulsos en función del controlador PID. La variable de control será el valor de cloro libre medido con el analizador de cloro.

CONTROL:

Las condiciones de control y seguridad se introducirán de forma remota.

a. Operación

- Dosificación por consigna del valor de cloro (PID).
- Las bombas de cloración se alternarán en función de la consigna de tiempo de alternancia AI/AO CSG. TIEMPO DE ALTERNANCIA DE BOMBAS DE CLORACIÓN. En caso de una bomba entre en fallo, automáticamente debe pararse y entrar a funcionar la otra bomba.
- Se suspenderá la alternancia de bombas estando al menos una de las bombas de cloración en fallo. Si una bomba de cloración está funcionando en un turno que no le corresponde y la otra ya estuviera disponible sin fallo, la bomba de cloración actual seguirá funcionando hasta el siguiente cambio de turno.
- Cuando el depósito tenga más de una cámara se podrá seleccionar mediante telemando la cámara preferente para la cloración. Señales necesarias:

SELECCIONADA CÁMARA 1(1) / CÁMARA 2 (0)

TELEMANDO SELECCIONAR CÁMARA 1 EN SISTEMA DE CLORACIÓN

TELEMANDO SELECCIONAR CÁMARA 2 EN SISTEMA DE CLORACIÓN

b. Condiciones de seguridad.

- Para este documento se define la detección y desactivación de la cloración como:
 - Cloración detenida: el PLC no da orden de clorar (pulsos a la bomba de hipoclorito) porque no se cumplen las condiciones necesarias. La cloración continuará automáticamente en el momento que se cumplan las condiciones necesarias.
 - Cloración desactivada: la cloración se detiene hasta que se cumplan las condiciones necesarias y haya una intervención de personal cualificado.
- Para este documento se definen estos tipos de reseteo local:
 - **Reseteo Local (1).** Las condiciones que requieren el reseteo local (1) conllevan la ejecución de estas acciones:
 - Detener bomba de hipoclorito.
 - Detener bombas de cloración.
 - Desactivar la cloración.

El reseteo local (1) consiste en pulsar un botón rojo que está parpadeando en el cuadro de telemando (etiquetado). Una vez pulsado arrancarían las bombas de cloración y posteriormente podrá activarse la cloración desde el centro de control de EMUASA.

La activación desde centro de control será a través de un telemando del tipo:

DO ACTIVAR SISTEMA DE CLORACIÓN

- **Reseteo local (2)-** Las condiciones que requieren el reseteo local (2) conllevan la ejecución de estas acciones:
 - Detener bomba hipoclorito.
 - Desactivar la cloración.

El reseteo local (2) consiste en pulsar un botón rojo que está parpadeando en el cuadro de telemando (etiquetado). Una vez pulsado y posteriormente activada la cloración desde el centro de control, el sistema de cloración quedará activo.

La activación desde el centro de control será a través de un telemando del tipo:

DO ACTIVAR SISTEMA DE CLORACIÓN

En todos los tipos de reseteo local, mientras no se pulse el botón del cuadro, se activará la señal digital de SISTEMA DE CLORACIÓN PENDIENTE DE RESETEO LOCAL

- La cloración se detendrá si se cumple cualquiera de las siguientes condiciones:
 - Valor de cloro > consigna seguridad cloro alto (mg/l) durante 2 minutos.
Señales necesarias:
AI/AO CSG. SEG. CLORO ALTO
DI SEÑAL 10 - CLORACIÓN DETENIDA POR CLORO ALTO
 - El caudal que entra al circuito de agua clorada es menor que la consigna de seguridad de caudal de cloración mínimo en circuito de agua (litros/h) durante 2 minutos.
Señales necesarias:
AI/AO CSG. SEG. CAUDAL CLORACIÓN MÍNIMO
DI AVISO 5 CAUDAL CLORACIÓN BAJO, POSIBLE ATRANQUE
 - El nivel cámara preferencial está por debajo de la consigna de seguridad de nivel cámara mínimo en cloración (cm) durante 2 minutos.
Señales necesarias:
AI/AO CSG. SEG. NIVEL MÍNIMO EN CÁMARA
DI SEÑAL 42 - CLORACIÓN DETENIDA POR NIVEL CÁMARA PREFERENCIAL BAJO
 - El caudal de salida del depósito (si son varios contadores será la suma de todos y no se tendrán en cuenta los que estén en fallo de equipo o fuera de rango) está por debajo de la consigna de seguridad de caudal salida depósito mínimo en cloración (m³/h) durante 2 minutos.
Señales necesarias: AI/AO CSG. SEG. CAUDAL MÍNIMO SALIDA DEPOSITO
DI SEÑAL 07 - CLORACIÓN DETENIDA POR CAUDAL SALIDA DEPÓSITO BAJO
 - Si valor pH < Consigna de seguridad pH mínimo durante 2 minutos se detiene la cloración.
Señales necesarias: AI/AO CSG. SEG. PH MÍNIMO EN CLORACIÓN
DI SEÑAL 46 - CLORACIÓN DETENIDA POR PH BAJO
 - Si valor pH > Consigna de seguridad pH máximo durante 2 minutos se detiene la cloración.
Señales necesarias: AI/AO CSG. SEG. PH MÁXIMO EN CLORACIÓN

DI SEÑAL 45 CLORACIÓN DETENIDA POR PH ALTO

- No hay paso de agua por los analizadores durante 2 minutos. Se activará la señal: CLORACIÓN DETENIDA POR NO PASO DE AGUA POR ANALIZADOR
- Si se supera el tiempo configurador en SAVIA, se activará el aviso: AVISO 44 NO PASO DE AGUA POR ANALIZADOR
- Fallo de caudalímetro salida depósito durante 2 minutos Se activará la señal: DI SEÑAL 29 - CLORACIÓN DETENIDA POR FALLO CAUDALÍMETRO SALIDA
- Fallo de caudalímetro cloración durante 2 minutos. Se activará la señal: DI SEÑAL 27 - CLORACIÓN DETENIDA POR FALLO CAUDALÍMETRO CLORACIÓN
- Fallo de sensor de nivel (en cámara preferente) durante 2 minutos. Se activará la señal: DI SEÑAL 34 - CLORACIÓN DETENIDA POR FALLO SENSOR DE NIVEL CÁMARA PREFERENCIAL

Si ocurre este fallo, la cloración podrá continuar si se cambia, mediante telemando, enviado desde el centro de control, la cámara preferencial y ésta tuviera el sensor de nivel operativo.

- Debido a la instrumentación utilizada, se ha considerado que un equipo está en fallo cuando las cuentas leídas en el PLC están fuera de rango en una horquilla definida en el programa. Afecta a las medidas analógicas de cloro, pH, conductividad, turbidez, caudal de salida, caudal de cloración y nivel.
- La cloración se desactivará si se cumple cualquiera de las siguientes condiciones:
 - Bajo nivel del depósito de hipoclorito durante 2 minutos.

Se activará la señal: DI AVISO 55 – DEPOSITO DE HIPOCLORITO VACÍO. CLORACIÓN DESACTIVADA.

Orden de telemando. La orden de **desactivar** la cloración se podrá ejecutar, aunque la cloración esté parada por cualquier otra razón, de forma que sólo podrá volver a funcionar tras la orden de **activar** desde el Centro de Control mediante el envío de un telemando. Si la cloración estuviera desactivada por alguna condición que requiera reseteo local, serán necesarias ambas operaciones para que la cloración vuelva a estar operativa.

Señales necesarias:

DI SEÑAL 09 – CLORACIÓN DESACTIVADA POR OPERADOR

DO DESACTIVAR SISTEMA CLORACIÓN

DO ACTIVAR SISTEMA CLORACIÓN

DI SISTEMA DE CLORACIÓN PENDIENTE DE RESETEO LOCAL

- Se establece una consigna de seguridad de cloro muy alto y una consigna de tiempo con cloro muy alto. Una vez el cloro alcanza el valor de consigna de cloro muy alto empieza a contar el tiempo, si se alcanza el valor de consigna de tiempo con cloro muy alto la cloración se desactiva según se ha expuesto anteriormente, y estará parada por haberse superado la consigna de cloro alto. Sólo se podrá volver a poner en marcha mediante reseteo local (2) y activación remota. Es decir:

- Si [cloro] > consigna cloro muy alto y [tiempo con cloro muy alto] > consigna tiempo cloro muy alto → desactiva cloración, siendo necesario reseteo local (2) y activación remota.

Se activará la señal:

AVISO 11 – EXCESO DE TIEMPO CLORO MUY ALTO. CLORACIÓN DESACTIVADA

Señales necesarias:

DI AVISO 11 – EXCESO DE TIEMPO CLORO MUY ALTO

CLORACIÓN DESACTIVADA

AI/AO CSG. SEG. CLORO MUY ALTO

AI/AO CSG. SEG TIEMPO CLORO MUY ALTO

Se establece una consigna de seguridad de dosificación máxima permitida (pulsos/minuto) con objeto de permitir la limitación de la frecuencia de pulsos. También se establece una consigna seguridad de tiempo máximo con la dosificación máxima permitida (minutos, máx. 1440 min). Cuando se alcanza (\geq) la dosificación máxima permitida se empieza a contar el tiempo que permanece en este valor. Si la dosificación permanece funcionando el máximo permitido durante un tiempo > Consigna de tiempo máximo con dosificación máxima permitida se **desactiva** la cloración.

Señales necesarias:

AI/AO CSG. SEG. DOSIFICACIÓN MÁXIMA PERMITIDA	pulsos/min	0-100/0-100
AI/AO CSG. SEG. TIEMPO CON DOSIFICACIÓN MÁXIMA	Minutos	0-1440/1440
AI DOSIFICACIÓN BOMBA DE HIPOCLORITO	pulsos/min	0-100/0-100

- El caudal que entra al circuito de agua clorada es menor que la consigna de seguridad de caudal cloración mínimo de protección de bombas de cloración (litros/min) durante 2 minutos. Esta condición también **desactiva** la cloración, para las bombas de cloración, siendo necesario reseteo local (1) y **activación** remota.

Señales necesarias:

AI/AO CSG. SEG CAUDAL DE CLORACIÓN MÍNIMO PROTECCIÓN BOMBAS D CLORACIÓN

DI AVISO 3 – CAUDAL DE CLORACIÓN BAJO PROTECCIÓN BOMBAS DE CLORACIÓN. CLORACIÓN DESACTIVADA

- El caudal que entra al circuito de agua clorada es mayor que la consigna de seguridad de caudal de cloración máximo en circuito de agua (litros/h) durante 2 minutos. Esta condición también **desactiva** la cloración, para las bombas de cloración, siendo necesario reseteo local (1) y **activación** remota.

Señales necesarias:

AI/AO CSG. SEG. CAUDAL DE CLORACIÓN MÁXIMO

DI ALERTA 4 - CAUDAL DE CLORACIÓN ALTO, POSIBLE FUGA. CLORACIÓN DESACTIVADA

- Fallo bomba hipoclorito durante 2 minutos. Esta condición también **desactiva** la cloración, siendo necesario reseteo local (2) y **activación** remota.

Señales necesarias:

DI (física) FALLO BOMBA DE HIPOCLORITO

DI AVISO 21 - FALLO BOMBA DE HIPOCLORITO. CLORACIÓN DESACTIVADA

- Fallo de ambas bombas de cloración durante 2 minutos. Esta condición también **desactiva** la cloración, siendo necesario reseteo local (2) y **activación** remota.

Señales necesarias:

DI (física) FALLO BOMBA 1 CLORACIÓN

DI (física) FALLO BOMBA 2 CLORACIÓN

DI AVISO 19 - FALLO BOMBA 1 CLORACIÓN

DI AVISO 20 - FALLO BOMBA 2 CLORACIÓN

DI AVISO 25 - FALLO BOMBAS CLORACIÓN. CLORACIÓN DESACTIVADA

- Fallo de analizador de cloro durante 2 minutos. Esta condición también **desactiva** la cloración, siendo necesario reseteo local (1) y **activación** remota.

Señales necesarias:

DI AVISO 17 – CLORACIÓN DESACTIVADA POR FALLO ANALIZADO CLORO

- Fallo PH-metro durante 2 minutos. Esta condición también **desactiva** la cloración, siendo necesario reseteo local (1) y **activación** remota.

Señales necesarias:

DI AVISO 18 – CLORACIÓN DESACTIVADA POR FALLO pH

- Cuando el caudalímetro de cloración o el de salida del depósito o el peachímetro estén en fallo y se vaya a demorar la reparación o sustitución, se podrá desactivar o activar el equipo (según proceda) para que las consignas de seguridad asociadas a estos equipos no actúen en proceso de cloración.

Señales necesarias:

DI ACTIVADA CSG. SEG CAUDAL DE CLORACIÓN

DO ACTIVAR CSG. SEG. CAUDAL DE CLORACIÓN

DO DESACTIVAR CSG. SEG. CAUDAL DE CLORACIÓN

DI ACTIVADA CSG. SEG. CAUDAL DE SALIDA

DO ACTIVAR CSG. SEG. CAUDAL DE SALIDA

DO DESACTIVAR CSG. SEG. CAUDAL DE SALIDA

SCADA

El diagrama representado en el SCADA, así como los históricos y otros elementos de esta estación se adecuarán para representar los equipos realmente instalados y quitar los que ya no están. Además, se establecen las siguientes pautas:

a. Alarmas en el SCADA

- Cloro alto (asociado a una señal analógica y un tiempo de retardo, el nivel de alarma y el retardo se fijan en el SCADA)
- Cloro muy alto (asociado a una señal analógica y un tiempo de retardo, el nivel de alarma y el retardo se fijan en el SCADA).
- Cloro bajo (asociado a una señal analógica y un tiempo de retardo, el nivel de alarma y el retardo se fijan en el SCADA)
- Cloro muy bajo (asociado a una señal analógica y un tiempo de retardo, el nivel de alarma y el retardo se fijan en el SCADA)
- pH alto (asociado a una señal analógica y un tiempo de retardo, el nivel de alarma y el retardo se fijan en el SCADA)
- pH muy alto (asociado a una señal analógica y un tiempo de retardo, el nivel de alarma y el retardo se fijan en el SCADA).
- pH bajo (asociado a una señal analógica y un tiempo de retardo, el nivel de alarma y el retardo se fijan en el SCADA)
- pH muy bajo (asociado a una señal analógica y un tiempo de retardo, el nivel de alarma y el retardo se fijan en el SCADA)

- Caudal cloración bajo (asociado a una señal analógica y un tiempo de retardo, el nivel de alarma y el retardo se fijan en el SCADA)
- Caudal cloración muy bajo (asociado a una señal analógica y un tiempo de retardo, el nivel de alarma y el retardo se fijan en el SCADA)
- Cloración detenida por caudal protección bombas cloración (asociada a la señal digital).
- Caudal cloración alto (asociado a una señal analógica y un tiempo de retardo, el nivel de alarma y el retardo se fijan en el SCADA)
- Caudal cloración muy alto (asociado a una señal analógica y un tiempo de retardo, el nivel de alarma y el retardo se fijan en el SCADA)
- No paso de agua por el analizador (asociado a una señal digital y un tiempo de retardo, el retardo se fija en el SCADA).
- Vacío depósito de hipoclorito (asociada a una señal digital)
- Fallo de instrumento:
 - Fallo analizador de cloro
 - Fallo pH-metro
 - Fallo caudalímetro salida depósito.
 - Fallo caudalímetro cloración
 - Fallo sensor de nivel cámara 1
 - Fallo sensor de nivel cámara 2
 - Fallo sensor de nivel de cámara preferente
- Otros fallos eléctricos:
 - Bombas de cloración. Un fallo por cada bomba.
 - Bomba de hipoclorito

b. Mensajes en el SCADA

- Avisos definidos en las seguridades. Todos los mensajes saldrán en una ventana rotulada como “AVISOS DEL SISTEMA DE CLORACIÓN”
- Analizador de cloro en alarma por cloro alto o bajo → Cambia a amarillo el color de la lectura de cloro. (Fondo amarillo)
- Analizador de cloro en alarma por cloro muy alto o bajo → Cambia a rojo el color de la lectura de cloro (Fondo amarillo)
- pH-metro en alarma por pH alto o bajo → Cambia a amarillo el color de la lectura de pH (Fondo azul cielo)

- pH-metro en alarma por pH muy alto o bajo → Cambia a rojo el color de la lectura de pH (Fondo azul cielo).
- Caudal cloración en alarma por alto o bajo caudal → Cambia a amarillo el color de la lectura de caudal cloración (Fondo en azul cielo).
- Caudal cloración en alarma por muy alto o muy bajo caudal → Cambia a rojo el color de la lectura de caudal cloración (Fondo en azul cielo)
- Todos los instrumentos con señal de fallo se colorean en rojo (analizador cloro, pH, caudalímetros, sensores de nivel de las cámaras, sensor de temperatura, ...). Por tanto, cada instrumento debe de tener una representación gráfica (“genio”). En el caso del nivel puede ser la escala representada en las cámaras.
- Se colorean los motores en marcha (verde) y averiados (rojo). Si están parados (disponible) el color es el ya definido, gris.
- El depósito de hipoclorito vacío se colorea en rojo.
- Cuando el cursor se posiciona sobre los equipos en el SCADA saldrá un texto con el tipo de equipo que es, (ej. portacélulas, bomba hipoclorito, bomba cloración, depósito hipoclorito, etc.) y al seleccionarlo (al hacer clic) saldrá el nombre de la señal con el valor que tiene o estado en la que se encuentra, (ejemplo: Señal: Bomba 1 cloración - Estado: En Marcha (con su representación gráfica del equipo y en color verde porque está en marcha)

c. Cuadro de mando Sistema de Cloración

En el SCADA habrá de existir un icono o botón de acceso que denominado “SISTEMA DE CLORACIÓN” que abrirá una subventana que agrupe todo lo relacionado con la cloración y que, a su vez, contendrá cuatro botones. El botón de “SISTEMA DE CLORACIÓN” parpadeará en color rojo cuando alguno de los botones de la siguiente subventana parpadee:

- INFORMES. Se podrá generar un informe entre fechas de los valores máximos, medios y mínimos de cada señal analógica de proceso de cloración.
- OPERACIONES Y CONSIGNAS. En este apartado se podrán cambiar las consignas y realizar las operaciones relacionadas con el sistema de cloración. Está dividido en dos apartados, OPERACIONES y CONSIGNAS DE SEGURIDAD.
- ESTADO DE EQUIPOS/INSTRUMENTACIÓN. En este apartado estarán descritos todos los equipos e instrumentos del proceso de cloración y se identificará su estado mediante representación de colores, tipo semáforo: rojo en alarma, verde en marcha o en servicio y parado en gris. De haber algún equipo o instrumento

en alarma o fallo, el fondo del icono de este apartado estará parpadeando en color rojo. En la siguiente se especifica su composición.



Ilustración 1 Ejemplo de Instrumentación y equipos en SCADA

- **ALARMAS.** En este apartado estarán las alarmas activadas del proceso del sistema de cloración. Se recogerán el id y nombre de la señal y la fecha y la hora de activación de la alarma. Cuando haya alguna alarma activa este botón parpadeará en color rojo. **LISTADO CON EL NOMBRE DE LAS SEÑALES.**

A continuación, se relaciona el nombre que habrán de tener las señales:

SEÑAL	
TIPO	NOMBRE
4015_DI FALTA	CÁMARA PREFERENTE CLORACIÓN "CAMARA1(1)/CAMARA2(0)"
4015_AI FALTA	CAUDAL CLORACIÓN DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"
E4015_AI0008	CAUDAL SALIDA DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"
E4015_DI_FALTA	CERRADA VÁLVULA BOMBAS DE CLORACIÓN DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"
E4015_DI0120	CLORACIÓN DETENIDA POR BAJO CAUDAL SALIDA DPTO.
4015_DI FALTA	CLORACIÓN DETENIDA POR BAJO NIVEL CÁMARA
E4015_DI FALTA	CLORACIÓN DETENIDA POR CAUDAL PROTECCIÓN DE BOMBAS CLORACIÓN

SEÑAL	
TIPO	NOMBRE
4015_DI FALTA	CLORACIÓN DETENIDA POR CLORO ALTO
4015_DI FALTA	CLORACIÓN DETENIDA POR CLORO MUY ALTO
4015_DI FALTA	CLORACIÓN DETENIDA POR OPERADOR
4015_DI FALTA	CLORACIÓN DETENIDA POR PH ALTO
4015_DI FALTA	CLORACIÓN DETENIDA POR PH BAJO
4015_DI FALTA	CLORACIÓN DETENIDA X ALTO CAUDAL CIRC. AGUA CLORADA
4015_DI FALTA	CLORACIÓN DETENIDA X BAJO CAUDAL CIRC. AGUA CLORADA
4015_DI FALTA	CLORACIÓN DETENIDA X TIEMPO MÁX. CON DOSIF. MÁX. PERM.
E4015_AI0001	CLORO DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"
4015_AI FALTA	CONSIG. CAUDAL CLORACIÓN MIN PROTEC. BOMBAS CLORACIÓN
4015_AO FALTA	CONSIG. CAUDAL CLORACIÓN MIN PROTEC. BOMBAS CLORACIÓN
E4015_AI0019	CONSIG. DOSIFICACIÓN DE CLORO
E4015_AO0019	CONSIG. DOSIFICACIÓN DE CLORO
4015_AI FALTA	ACTIVADA CONSIGNA DE SEGURIDAD POR CAUDAL CLORACIÓN
4015_AO FALTA	ACTIVADA CONSIGNA DE SEGURIDAD POR CAUDAL CLORACIÓN
4015_AI FALTA	ACTIVADA CONSIGNA DE SEGURIDAD POR CAUDAL DPTO.
4015_AO FALTA	ACTIVADA CONSIGNA DE SEGURIDAD POR CAUDAL DPTO.
4015_AI FALTA	CONSIG. SEG. CAUDAL CLORACIÓN MAX. CIRC. AGUA
4015_AO FALTA	CONSIG. SEG. CAUDAL CLORACIÓN MAX. CIRC. AGUA
4015_AI FALTA	CONSIG. SEG. CAUDAL CLORACIÓN MIN. CIRC. AGUA
4015_AO FALTA	CONSIG. SEG. CAUDAL CLORACIÓN MIN. CIRC. AGUA
4015_AI FALTA	CONSIG. SEG. CAUDAL SALIDA DPTO. MIN. CLORACIÓN
4015_AO FALTA	CONSIG. SEG. CAUDAL SALIDA DPTO. MIN. CLORACIÓN
4015_AI FALTA	CONSIG. SEG. CLORO ALTO
4015_AO FALTA	CONSIG. SEG. CLORO ALTO
E4015_AI0017	CONSIG. SEG. CLORO MUY ALTO
E4015_AO0017	CONSIG. SEG. CLORO MUY ALTO
4015_AI FALTA	CONSIG. SEG. DOSIFICACIÓN MÁX. PERMITIDA (PULSOS/SEG)
4015_AO FALTA	CONSIG. SEG. DOSIFICACIÓN MÁX. PERMITIDA (PULSOS/SEG)
E4015_AI0020	CONSIG. SEG. NIVEL CÁMARA MIN. CLORACIÓN

SEÑAL	
TIPO	NOMBRE
E4015_AO0020	CONSIG. SEG. NIVEL CÁMARA MIN. CLORACIÓN
4015_AI FALTA	CONSIG. SEG. PH MÁX. EN CLORACIÓN
4015_AO FALTA	CONSIG. SEG. PH MÁX. EN CLORACIÓN
4015_AI FALTA	CONSIG. SEG. PH MIN. EN CLORACIÓN
4015_AO FALTA	CONSIG. SEG. PH MIN. EN CLORACIÓN
4015_AI FALTA	CONSIG. TIEMPO ALTERNANCIA BOMBAS CLORACIÓN
4015_AO FALTA	CONSIG. TIEMPO ALTERNANCIA BOMBAS CLORACIÓN
4015_AI FALTA	CONSIG. TIEMPO CLORO MUY ALTO
4015_AO FALTA	CONSIG. TIEMPO CLORO MUY ALTO
4015_AI FALTA	CONSIG. TIEMPO MAX. CON DOSIFICACIÓN MAX. PERMIT.
4015_AO FALTA	CONSIG. TIEMPO MAX. CON DOSIFICACIÓN MAX. PERMIT.
E4015_DI0300	EN MANTENIMIENTO CÁMARA 1 DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"
E4015_DI0301	EN MANTENIMIENTO CÁMARA 2 DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"
E4015_DI0011	EN MARCHA BOMBA 1 CLORACIÓN DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"
E4015_DI0012	EN MARCHA BOMBA 2 CLORACIÓN DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"
4015_DI FALTA	EN MARCHA BOMBA HIPOCLORITO DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"
E4015_DI0119	FALLO ANALIZADOR CLORO DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"
4015_DI FALTA	FALLO CAUDALÍMETRO CLORACIÓN DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"
4015_DI FALTA	FALLO CAUDALÍMETRO SALIDA DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"
E4015_DI0002	FALLO ELECTR. BOMBA 1 CLORACIÓN DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"
E4015_DI0003	FALLO ELECTR. BOMBA 2 CLORACIÓN DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"
4015_DI FALTA	FALLO ELECTR. BOMBA HIPOCLORITO DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"
4015_DI FALTA	FALLO pH-METRO DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"
4015_DI FALTA	FALLO SENSOR DE NIVEL CÁMARA 1 DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"
4015_DI FALTA	FALLO SENSOR DE NIVEL CÁMARA 2 DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"
4015_DO FALTA	MARCHA BOMBA HIPOCLORITO DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"
E4015_AI0010	NIVEL CÁMARA 1 DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"
E4015_AI0009	NIVEL CÁMARA 2 DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"
E4015_DI0032	NO PASO AGUA ANALIZADOR CLORO DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"
4015_DO FALTA	PARO BOMBA HIPOCLORITO DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"
E4015_AI0002	PH DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"

SEÑAL	
TIPO	NOMBRE
E4015_AI0004	TEMPERATURA AGUA DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"
4015_DI FALTA	VACÍO DPTO. HIPOCLORITO DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"

- **CONFIGURACIÓN DE LOS HISTÓRICOS.** Se relaciona la configuración de los históricos de las señales y el lápiz que deben tener.

SEÑAL		SEÑALES EN GRÁFICOS		
TIPO	NOMBRE	HISTÓRICO	CLORACIÓN	CALIDAD
AI	CAUDAL CLORACIÓN DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"		4	
E4015_AI0008	CAUDAL SALIDA DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"	4		
E4015_AI0001	COLOR DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"	3		3
E4015_DI0011	EN MARCHA BOMBA 1 CLORACIÓN DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"		5	
E4015_DI0012	EN MARCHA BOMBA 2 CLORACIÓN DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"		7	
DI	EN MARCHA BOMBA HIPOCLORITO DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"		6	
E4015_AI0010	NIVEL CÁMARA 1 DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"	5		
E4015_AI0009	NIVEL CÁMARA 2 DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"	7		
E4015_DI0032	NO PASO AGUA ANALIZADOR CLORO DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"			8
E4015_AI0002	PH DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"	2		2
E4015_AI0004	TEMPERATURA AGUA DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"			1
DI	VACÍO DPTO. HIPOCLORITO DPTO. "NOMBRE DEPÓSITO"		8	

5.4 SALA DE CUADROS ELÉCTRICOS

Se habilitará una sala para albergar todos los cuadros eléctricos de la instalación, que normalmente serían:

- Cuadro eléctrico general del depósito
- Cuadro de telemando
- Cuadro del sistema de seguridad antiintrusismos

En caso de existir dentro del recinto otras instalaciones, como podrían ser grupos de presión, los cuadros eléctricos y de telemando asociados a dichas instalaciones se albergarán en esta sala. Dichas instalaciones no serán objeto de otras especificaciones técnicas.

Igualmente ocurrirá en el caso de previsión de instalaciones fotovoltaicas que, aunque su definición no es objeto de esas especificaciones, los correspondientes inversores y cuadros de protección se albergarán en esta sala.

La sala estará dotada de puerta y ventana con las características detalladas en el apartado 6.3 ELEMENTOS AUXILIARES. En general, dispondrá de losa antideslizante de color marrón y paredes revestidas con azulejo blanco mate.

El cableado y los interruptores irán empotrados.

Se preverá un enchufe extra y otro de tipo trifásico para uso extraordinario.

Esta sala dispondrá de equipo de aire acondicionado para evitar el calentamiento de los equipos que albergue en su interior.

Se preverá una canalización en el suelo para el cableado entre los distintos cuadros que albergará la sala.



Imagen 56 Ejemplo de armario para el sistema de seguridad



Imagen 57 Ejemplo de armario para cuadro de telemando



Imagen 58 Ejemplo de cuadro eléctrico general



Imagen 59 Ejemplo de sistema de AC, inversor y cuadro de protección de instalación fotovoltaica



Imagen 60 Ejemplo de interior de armario telemando

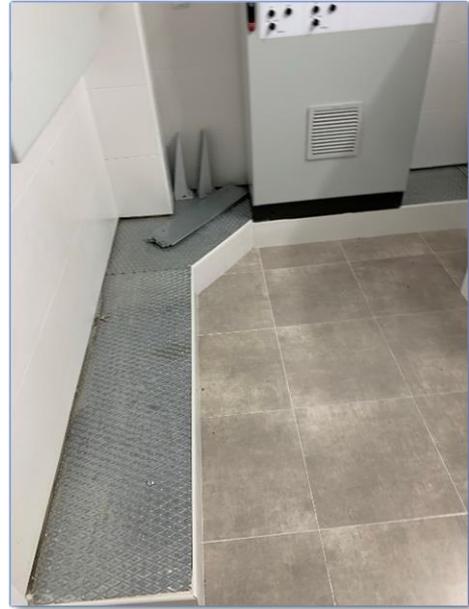


Imagen 61 Ejemplo de canalización para cableado entre cuadros eléctricos

6 OTROS ELEMENTOS DE LAS INSTALACIONES

6.1 CUBIERTA

La cubierta será transitable e irá dotada de barandillas metálicas en todo el perímetro para prevenir caídas durante su mantenimiento. Estas barandillas tendrán una altura de 1 m e incluirán protección intermedia. Serán de materiales rígidos y resistentes a la intemperie. Llevarán asociado un rodapié de 15 cm.

Se cuidará especialmente la impermeabilización de la cubierta y se dotará de pendientes adecuadas hasta los puntos de desagüe, cuyo número y tamaño habrá de ser suficiente para asegurar la correcta evacuación de las aguas pluviales. Los desagües se canalizarán mediante bajantes que se conectarán a la red de drenaje de la parcela.



Imagen 62 Ejemplo de bajantes y barandilla en cubierta de salas.



Imagen 63 Ejemplo de bajantes y barandilla en cubierta de cámaras



Imagen 64 Ejemplo de barandilla visto desde la cubierta

Asimismo, la cubierta se aislará térmicamente.

Se cuidará especialmente la ejecución tanto de la impermeabilización como del aislamiento térmico y se tomarán medidas para evitar su deterioro con el paso del tiempo y la acción solar.

Una buena solución consistiría en colocar las placas aislantes sobre la cubierta. Sobre éstas se vertería y extendería la capa de hormigón con las correspondientes pendientes hacia los desagües de cubierta, rematando finalmente con tela asfáltica autoprotegida.

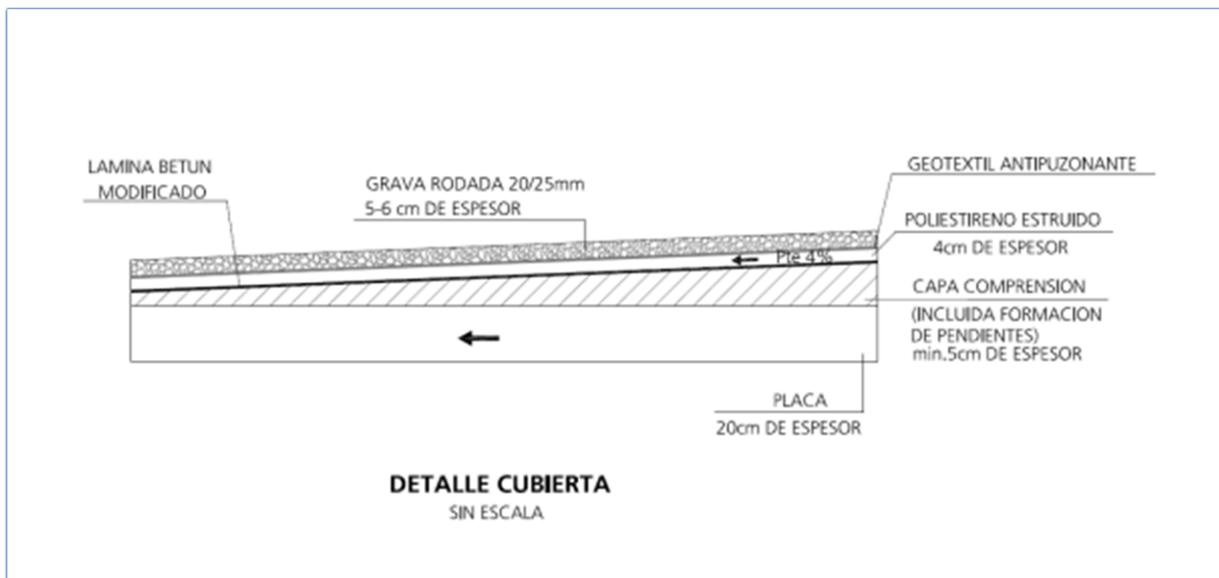


Imagen 65 Ejemplo de sección de cubierta

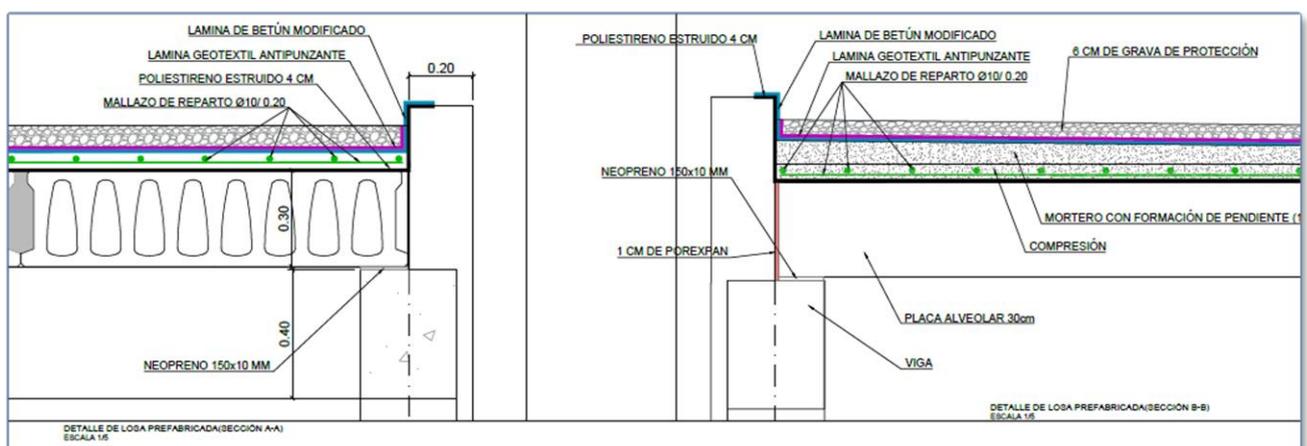


Imagen 66 Ejemplo de acabados de cubierta y encuentro con coronación de muros

Se tomarán las medidas adecuadas para evitar que el recubrimiento de grava de protección pueda entrar a través de las bajantes, provocando su posible obstrucción.

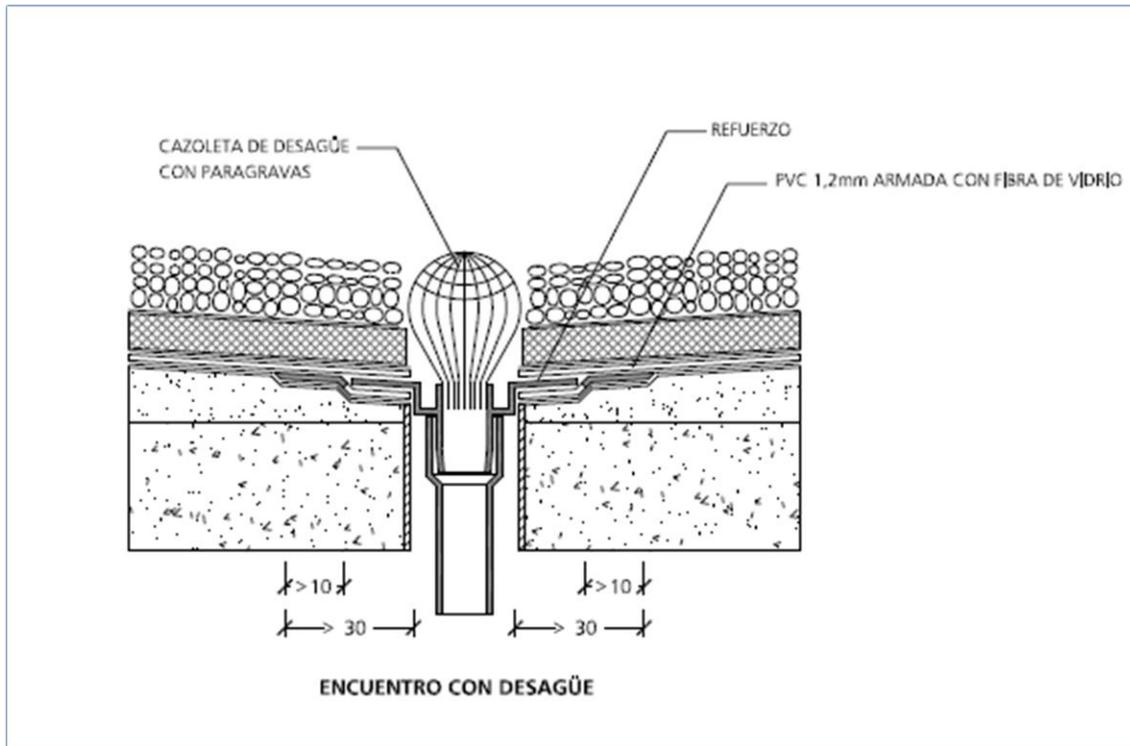


Imagen 67 Ejemplo de encuentro entre cubierta y desagüe de bajantes en depósito existente

Se deberá disponer de información sobre la carga máxima admisible de la cubierta y se identificará mediante señalización visible.

El acceso a la cubierta se llevará a cabo mediante escalera de hormigón. Este acceso se podrá proyectar con escalera de PRFV en caso de que el acceso se prevea desde el interior de alguna de las salas de válvulas.

En el caso de escalera de hormigón, la barandilla será preferiblemente también de hormigón o, si se ubica en el exterior, podrá ser metálica de 1 m de altura con protección intermedia y rodapié de 15 cm de altura.

En el caso de escalera interior fabricada de PRFV, la barandilla será del mismo material, siendo igualmente de 1 m de altura con protección intermedia y rodapié de 15 cm.

Los escalones tendrán una huella mínima de 23 y una contrahuella máxima de 25 cm.



Imagen 68 Ejemplo de escalera de acceso a cubierta

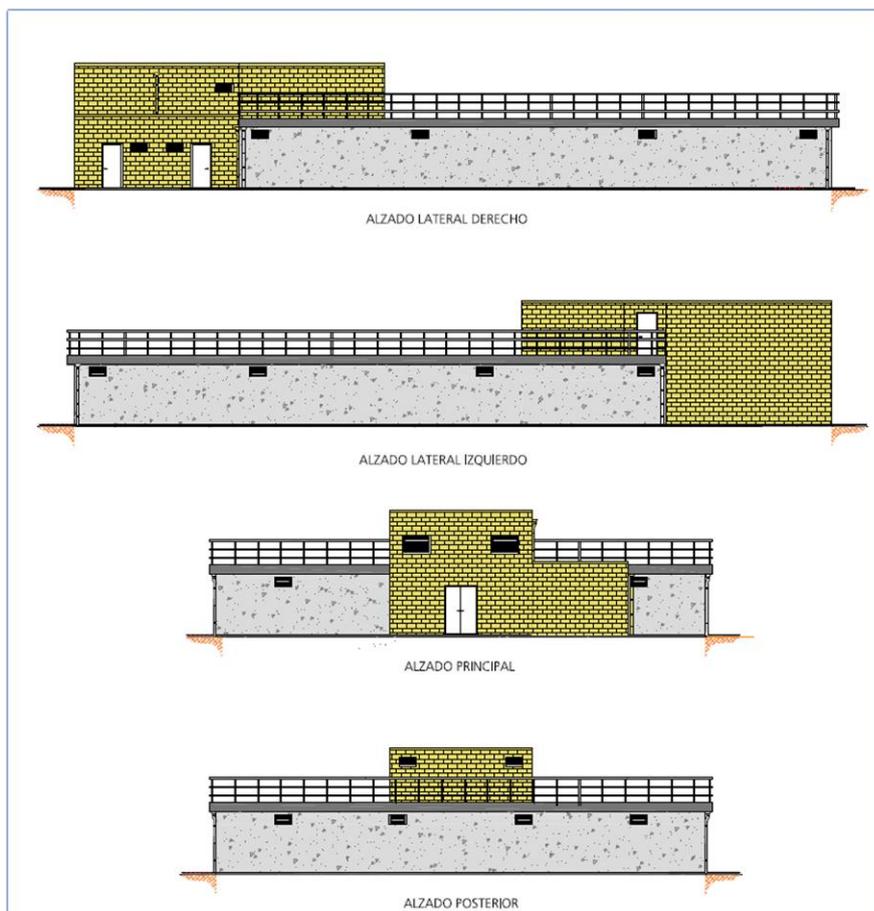


Imagen 69 Ejemplo de acceso a cubierta desde sala de válvulas

Cuando sea necesario practicar huecos en la cubierta para inspección o colocación de sensores, pilotos, etc., se colocarán tapas elevadas sobre una base de hormigón de, al menos, 15 cm con rejillas de respiración en los cuatro laterales y mosquiteras interiores extraíbles. Dispondrán, además, de barras anticaídas abatibles en su interior, similares a la de la siguiente fotografía, para evitar caídas al interior durante las operaciones de supervisión o mantenimiento. Estas tapas serán de PRFV apto para intemperie de suficiente resistencia para aguantar el peso de una persona.



Imagen 70 Ejemplo de tapas elevadas en huecos en cubierta



Imagen 71 Ejemplo de barras de protección bajo las tapas en huecos en cubierta

6.2 VENTILACIÓN

Los depósitos de agua deberán estar dotados de un adecuado sistema de ventilación que permita el movimiento de aire producido por las variaciones del nivel agua en el interior de cámaras, así como debido al fuerte ambiente de cloro que se produce en el interior de los mismos.

En general, se preverá una ventilación natural y se deberán adoptar las medidas necesarias para controlar y garantizar la calidad del aire de entrada o salida del depósito.

En los muros de las cuatro caras de las cámaras se deberán prever huecos, cubiertos con ventanas cuyas características se describen en el apartado 6.3 ELEMENTOS AUXILIARES

. Los huecos tendrán forma rectangular. Las ventanas que se colocarán en los mismos deberán impedir la entrada de luz e insectos. Para esto último se colocará una malla mosquitera. Deberán contar con manecilla y cierre de seguridad que permita la colocación de candado.

Otra opción es el uso de chimeneas de ventilación situadas en la cubierta del depósito, que se dotarán de un sombrerete protector y de una rejilla para evitar la entrada de cuerpos extraños. Siempre se colocarán mosquiteras.



Imagen 72 Ejemplos de ventilación mediante chimeneas en cubierta

El sistema más recomendable consiste en utilizar una ventilación combinada, aunando ventilación lateral mediante ventanas y ventilación en cubierta mediante chimeneas. De esta forma se favorecerá la circulación de aire, entrando el aire frío por las ventanas y saliendo el aire caliente y los gases por la cubierta.

Es muy importante que estos sistemas permitan el paso de aire, pero impidan la entrada de polvo, agua de lluvia, insectos o cualquier impureza. No deberán permitir la posibilidad de arrojar cualquier objeto desde el exterior.

Para favorecer la ventilación, la distancia mínima entre la cara inferior del forjado de la cubierta y el nivel máximo de agua en el interior del depósito no deberá ser inferior a 50 cm y así evitar los efectos de las altas concentraciones de cloro, que podrían afectar a la propia estructura de hormigón en paredes y cubierta.

Se procurará prever la posición de los sistemas de ventilación en cubierta de modo que su ubicación sea compatible con la futura instalación de sistemas fotovoltaicos en la cubierta.

En el interior del depósito no debe existir iluminación natural alguna, ya que ésta puede contribuir al desarrollo de algas. Por tanto, los sistemas de ventilación han de impedir la entrada de luz desde el exterior.

Las ventanas de las salas y los respiraderos de los muros de las cámaras serán de aluminio con lamas horizontales, tendrán un soporte para colocar un candado, manivela de apertura y de cierre en el exterior, y dispondrán de mosquitera extraíble en su interior.

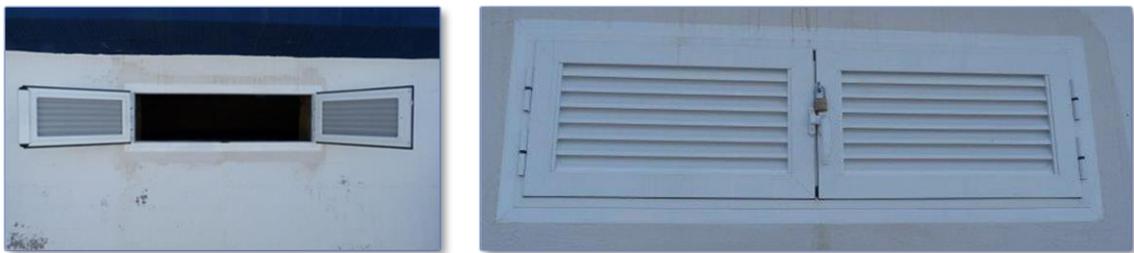


Imagen 73 Ejemplos de ventana (posición abierta y cerrada)

6.3 ELEMENTOS AUXILIARES

En este apartado se mencionan algunos elementos a tener en cuenta. No obstante, no se realiza un listado exhaustivo de los mismos. Durante la redacción del proyecto se deberá estudiar cada caso, así como dar cumplimiento a la normativa vigente, incluida de Prevención de Riesgos Laborales teniendo en cuenta que los espacios proyectados serán espacios de trabajo. Asimismo, se tendrá en cuenta el punto de vista de la eficiencia energética en el diseño de la instalación, selección de equipos, etc.

6.3.1 Puertas

Las puertas de las salas tanto de acceso a las cantaras como a la cubierta deberán ser de aluminio con una tapa sándwich de, al menos, 20 mm de grosor y, al menos, 4 barras verticales de aluminio para conferirle mayor firmeza. El cierre deberá ser estanco. Para ello, la perfilera del marco se dispondrá en los cuatro lados, estando el del suelo empotrado o protegido con un portal para evitar las pisadas. Las bisagras dispondrán de pernos de acero inoxidable. Contarán con manivelas y cerradura, así como una rejilla en la parte inferior.

Todas las puertas deberán abrir hacia el exterior. En caso de que éstas dieran a escaleras, las mismas habrán de tener la amplitud suficiente y contar con un descanso previo que deberá tener una profundidad, al menos, igual a la anchura de la puerta.



Imagen 74 Ejemplo de puerta de acceso a sala



Imagen 75 Ejemplo de puerta acceso a sala vista desde el exterior

6.3.2 Acabados interiores e iluminación

Todas las salas tendrán azulejo blanco en sus paredes y plaqueta antideslizante de color marrón en el suelo.

El cableado e interruptores estarán empotrados.

Se deberá prever la iluminación artificial exterior e interior de forma adecuada, así como iluminación de emergencia.

La iluminación artificial en el interior de las salas se preverá mediante encendido con interruptor y apagado temporizado.

Cada sala contará con una luminaria también en el exterior, sobre las puertas de acceso.

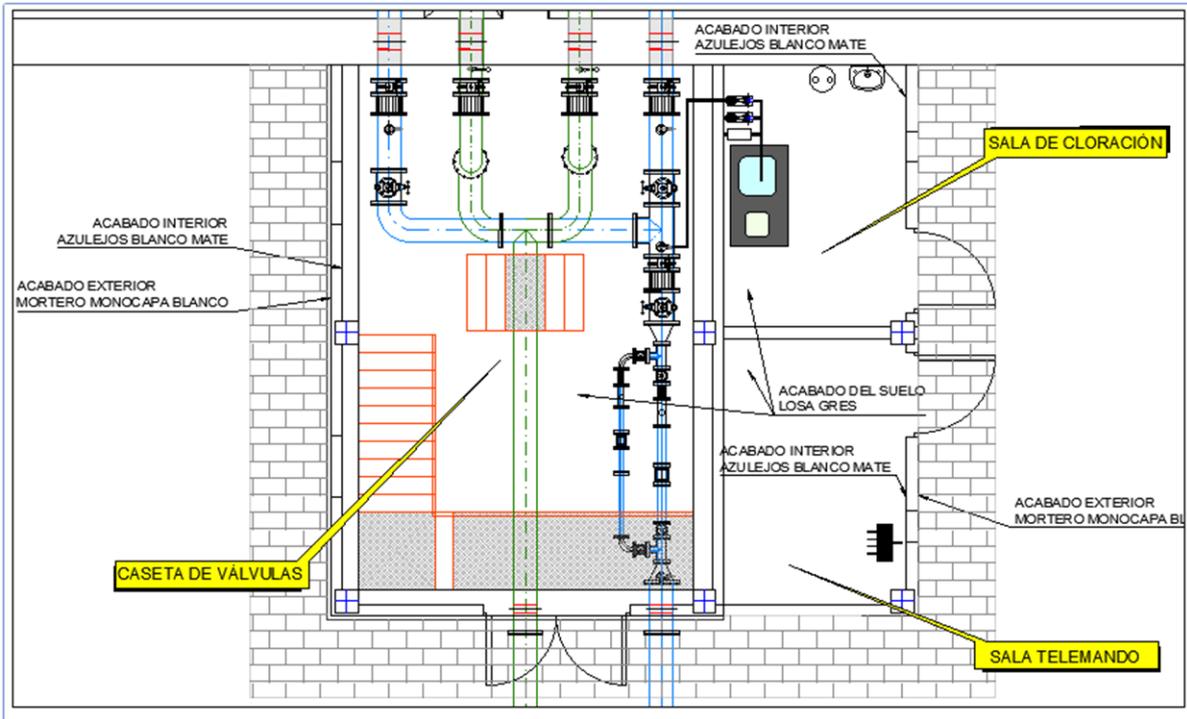


Imagen 76 Ejemplo de acabados en salas

6.3.3 Señalización de riesgos

Se colocarán las señalizaciones de seguridad necesarias.



Imagen 77 Ejemplo de puerta de acceso a sala y señalización de seguridad



Imagen 78 Ejemplo de señalización de acceso a depósito

Se preverá un grifo con lavamanos en la sala de cloración y otro de cortesía en el exterior del edificio.

En el exterior del vallado se ubicará un armario con dos grifos, uno conectado con la tubería de entrada y otro con la de salida del depósito que permitirá la toma de muestras sin acceder al recinto.

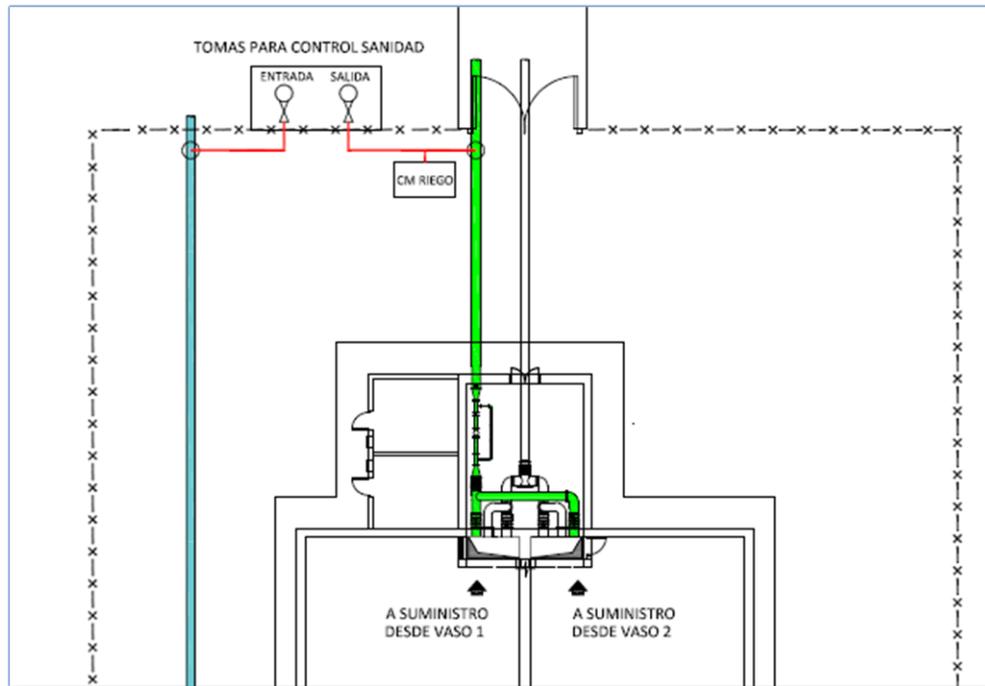


Imagen 79 Detalle de ubicación de armario toma muestras en tuberías de entrada y salida



Imagen 80 Armario de toma de muestras ubicado en vallado exterior



Imagen 81 Detalle interior de armario para toma de muestras de las tuberías de entrada y salida

6.3.4 Accesos

Se deberá garantizar el acceso a la parcela para lo cual se deberá tener en cuenta la necesidad de acceder tanto con vehículos tipo turismo como con vehículos de mayor envergadura como pueden ser equipos de limpieza, camiones grúa, etc. La anchura mínima del vial será de 3 m.

Deberá preverse el asfaltado del vial de acceso, salvo que la existencia de alguna normativa medioambiental lo impida. En tal caso, se adoptarán las medidas necesarias para evitar erosiones durante los episodios de lluvia y se preverán elementos como cunetas o drenajes.

El acceso al depósito se preverá por caminos o viales de carácter público. En caso de no ser posible se deberán establecer las correspondientes servidumbres de paso y acueducto, que deberán ser elevadas a escritura pública. El acceso deberá quedar garantizado las 24 horas del día los 365 días del año.

Dado que los depósitos suelen ubicarse en zonas elevadas, los viales de acceso se diseñarán de modo que garanticen dicho acceso a los vehículos de forma segura, diseñando biondas u otras protecciones contra caídas por desniveles.

En cualquier caso, se evitará que los accesos atraviesen zonas o cotos de caza, los cuales podrían entrañar serio peligro para los trabajadores.

6.3.5 Urbanización de la parcela, acabados y jardinería

Se deberá cuidar la urbanización de la parcela, así como prever una acera en todo el perímetro del edificio.



Imagen 82 Ejemplo de urbanización de la parcela

Se preverá la plantación de un seto perimetral en el interior del vallado, así como la instalación de riego correspondiente. Para el seto se utilizará ciprés común (*Cupressus sempervirens*) de la variedad *horizontalis* plantados entre 50 y 60 cm de separación que se ubicará en una zona con tierra vegetal rematada con bordillo. Se preverá la instalación de riego por goteo y elementos de control asociados.

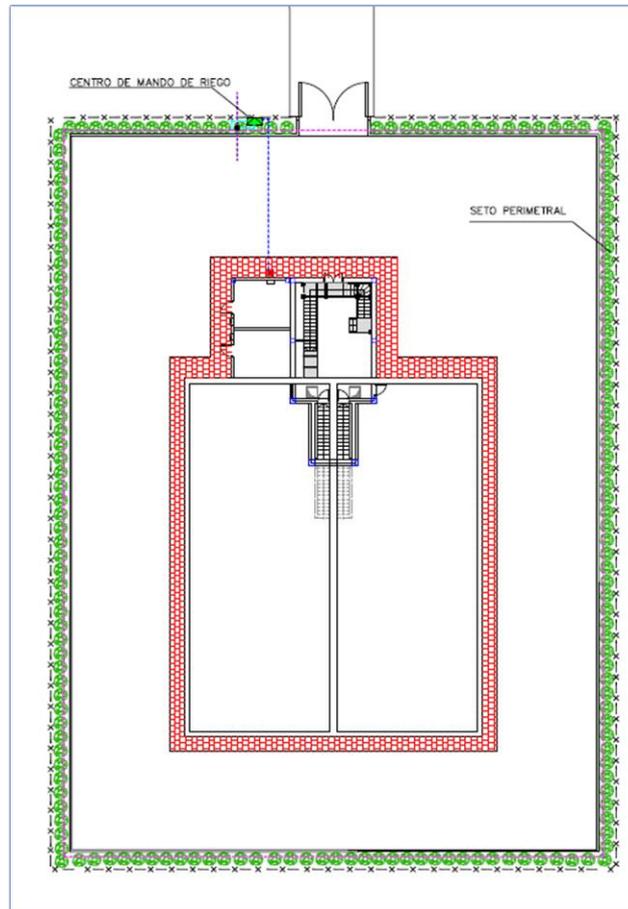


Imagen 83 Jardinería en parcela y riego

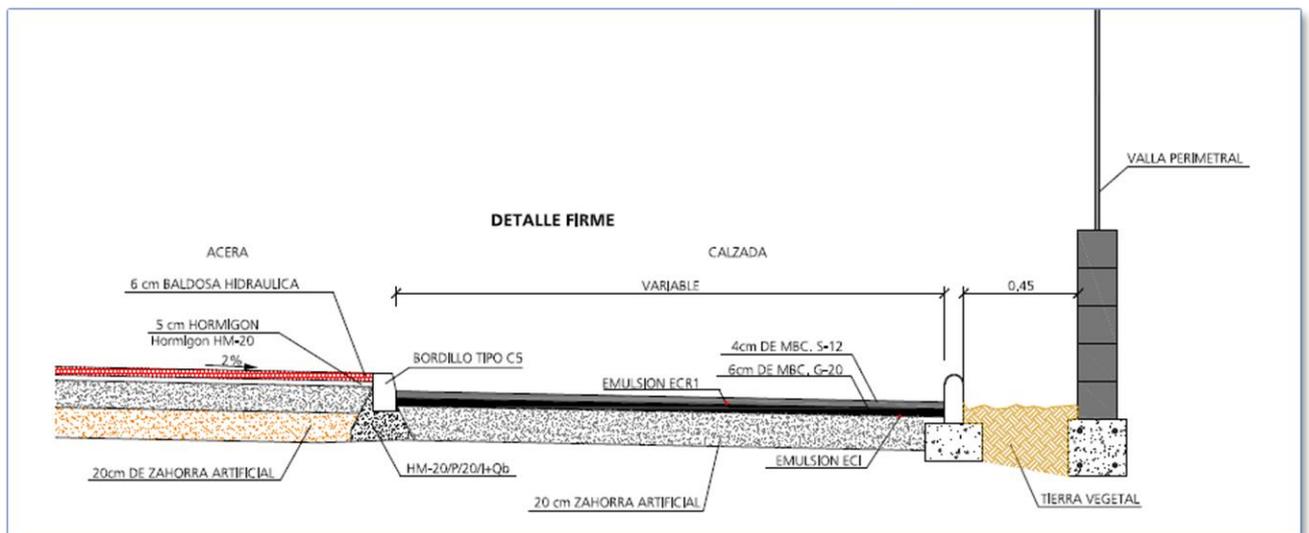


Imagen 84 Detalle de urbanización de parcela con zona para seto perimetral

Deberá existir un espacio mínimo libre de 3 m entre el seto perimetral y la acera interior del edificio con el fin de que sea posible el acceso rodado en toda la parcela para labores de mantenimiento y operación.

Se dispondrá de cartel de hormigón identificativo que incluirá el nombre o denominación del depósito y logotipo de EMUASA.



Imagen 85 Cartel identificativo de la instalación

7 SEGURIDAD ANTIINTRUSISMOS

Por parte de EMUASA, dada la importancia del servicio que se presta y al tratarse de infraestructuras críticas, se ha establecido una serie de requisitos básicos para la protección física de las instalaciones de su responsabilidad. Dichos requisitos tienen el objetivo de establecer las medidas de seguridad necesarias para prevenir posibles actos de sabotaje, vandalismo o terrorismo.

A lo largo de los siguientes apartados se describen dichos requisitos, que deberán adaptarse a cada instalación en particular.

7.1 REQUISITOS BÁSICOS PREVIOS PARA PROTECCIÓN FÍSICA DE LAS INSTALACIONES

Las instalaciones deberán facilitar la implantación de las medidas necesarias para su protección. En este apartado se indican algunos requisitos básicos de partida para tener en cuenta durante la planificación y ejecución de las instalaciones.

Los recintos a proteger tendrán preferentemente forma rectangular o cuadrada, procurando en general que sean lo más regulares posible.

Dispondrán de vallado perimetral formado por base de hormigón armado (o en su defecto bloque de hormigón) de al menos 1 m de altura, y malla electrosoldada de, al menos, 2 m de altura.

Como se indica en el punto anterior, Deberá existir un espacio mínimo libre de 3 m entre el seto perimetral (jardinería) y la acera interior del depósito.

Las puertas de acceso colocadas en el vallado exterior serán de tipo corredera y se preverá una puerta peatonal manual para casos de emergencia.

No habrá ningún tipo de vegetación plantada dentro del recinto, ya que esta interferiría con los sensores de movimiento que detectan intrusión, generando falsas alarmas. La única zona con plantación será la correspondiente al seto perimetral, que será del tipo definido en el apartado 6.3 ELEMENTOS AUXILIARES. Además, todo el recinto (salvo el parterre del seto perimetral) estará dotado de sistemas que impidan el crecimiento natural de la vegetación.

Deberán preverse tubos subterráneos para el paso de cableado hasta el vallado exterior, hasta la puerta principal de acceso al recinto desde el exterior, con las arquetas registro necesarias y, al menos, una arqueta en cada vértice del recinto vallado, así como en cada cambio de dirección. Todos estos tubos subterráneos deberán sellarse con poliuretano tras la instalación de los cableados eléctricos con el fin de evitar la entrada de roedores.

Todas las puertas o tapas de acceso a salas o arquetas deberán presentar un cierre sin holguras ni pandeos.

Todos los cableados en paredes irán empotrados en las mismas, con cajas de registro ubicadas en los extremos.

En las cajas de registro no habrá regletas de unión de cableados, sino que estos se empalmarán mediante estañado más aislante vulcanizado o termorretractil.

Todas las tiradas de cableado se preverán sin empalmes. En caso de ser inevitable deberán justificarse y se llevarán a cabo siempre en el interior de cajas de registro.

Aquellos tramos cortos de cableado que forzosamente deban estar expuestos a la intemperie, como pueden ser los contactos magnéticos en puertas, estarán protegidos mediante tubo flexible metálico con fleje de acero y cubierta exterior de PVC estanco corrugado armado con acero e índice de protección IP65.

Todos los respiraderos del depósito (ya sean en cubierta o en muros laterales) deberán disponer de una protección exterior de modo que sea imposible la introducción de cualquier líquido a presión a gran distancia (por ejemplo: desde fuera de la valla perimetral del recinto).

Todas las puertas de acceso a salas de interior deberán ser de aluminio o de acero inoxidable (para evitar la corrosión provocada por cloro.) Serán de gran consistencia y robustez en toda su superficie, de modo que sea difícilmente penetrable. Además, deberán estar dotadas de pestillo de tipo electrocerradura de tal modo que esta se abra al pasar la tarjeta de acceso correcta. No obstante, además de este pestillo automático, también se podrán abrir manualmente mediante llave que abra cerrojo más pestillo. También dispondrán de manivela en la parte interior para la apertura del pestillo. La llave será la misma para todas las salas de interior, e idéntica a la estándar que usa EMUASA.



Imagen 86 Ejemplo de vallado y seto perimetral, así como distancia entre seto y circuito de vigilancia

7.2 CRITERIOS TÉCNICOS

Las necesidades que EMUASA define con el fin de garantizar la protección básica son los siguientes:

- Perímetro exterior de protección (entre el vallado perimetral y el depósito de agua): estará compuesto por dos anillos perimetrales:
 - Anillo nº 1 junto a la valla perimetral (detección de salto de valla): todo el vallado, en su lado interior, estará protegido mediante volumétricos o láser.
 - Anillo nº 2 entre valla perimetral y depósito del agua (detección de presencia en el interior del recinto): todo el interior del recinto.
- Perímetro interior de protección (detección de presencia en el interior tanto en las cámaras de equipamiento y salas del agua).
- Implantación en la Central Receptora de Alarmas (CRA) de EMUASA del software y licencias necesarias para la gestión de los sistemas.
- Comunicación con la CRA AGBAR.
- Programación de las reglas necesarias tanto en la electrónica local como en CRA para optimización de la operatividad general del Sistema Integral de Seguridad (SIS).
- Programación de las comunicaciones (Modbus TCP-IP) entre la central de seguridad y el PLC del sistema de control industrial de EMUASA, así como el software de seguridad definida por el usuario en ambos sistemas.
- Sistema de respaldo de energía (SAI) para todo el equipamiento asociado con una autonomía real mínima de 3 horas.
- Toda la aparamenta eléctrica del sistema de seguridad física se centralizará en un único armario tipo RACK de suelo, en el interior de la sala eléctrica, alimentado desde el cuadro general de BT de la instalación, y provisto de un SAI conforme a los criterios anteriores.

Para aplicar estos criterios, al margen de posibles recomendaciones de mejora propuestas por el proyectista, las tecnologías a implantar deberán cumplir con las siguientes especificaciones:

- Detección perimetral mediante sensores láser de cortina o sensores volumétricos de exterior.
- Detección de acceso a cualquier sala mediante volumétrico exterior de cortina.
- Detección de presencia en el interior de cualquier sala mediante volumétricos de interior (uno al menos por cada sala), incluso en las cámaras de agua.
- Circuito cerrado de televisión (CCTV), tecnología en general: Tanto las videocámaras interiores o exteriores (ya sean tipo bullet o domo) deberán ser cámaras HD e IP-PoE, y capaces de asumir sistemas de analítica de video.
- CCTV exterior para protección de perímetro:
 - Deberá quedar cubierto con visión de videocámara todo el perímetro, toda la cubierta del depósito de agua y todas las puertas de acceso al agua.

- Cada cámara deberá ver la siguiente, de tal modo todas las cámaras estén siendo vistas por al menos otra cámara más.
- Las cámaras deberán colocarse sobre el techo del propio depósito y en lugar de fácil acceso para el mantenimiento (sin necesidad de uso de escalera portátil).
- Todas las cámaras deberán tener visión nocturna (infrarrojos internos), con apoyo de IR externos en caso necesario, de tal modo que la visión nocturna sea tan buena como la visión diurna. Deberá ser visible todo el vallado, toda la superficie entre el vallado y el depósito y toda la cubierta del depósito, sin la existencia de zonas oscuras o con poca o nula visibilidad.
- CCTV en el interior de salas:
 - Deberá colocarse, al menos, una cámara en el interior de cada sala (a excepción de las cámaras de agua).
 - Todas las puertas de acceso a los vasos de agua deberán estar cubiertas mediante cámara.
 - Todas las cámaras deberán tener visión nocturna (infrarrojos internos), con apoyo de IR externos en caso necesario, de tal modo que la visión nocturna sea tan buena como la diurna.
- CCTV integración con CRA: todas las cámaras deben estar integradas en el software de la CRA de manera que puedan ser manipuladas directamente desde éste.
- Comunicaciones con autómatas (PLC) de Sistemas de Control Industrial (SCI), existente en la instalación, mediante protocolo MODBUS TCP-IP.
- Control de acceso al perímetro exterior:

Para armar/desarmer la alarma de todo el Perímetro Exterior, habrá un único Lector de tarjetas de acceso, que deberá ser compatible con las tarjetas que usa EMUASA. Si se armara el perímetro exterior, entonces, automáticamente quedará armado todo el perímetro exterior, así como todo el perímetro interior con el fin de evitar que alguna sala en particular quede desarmada por olvido.
- Control de acceso al perímetro interior:

Para el acceso a cada una de las salas interiores existirá un lector de tarjetas de acceso para armar/desarmer la alarma antes de entrar, así como para abrir el pestillo automático de la electrocerradura de la puerta. En caso de acceso a una sala interior sin desarmar previamente la alarma con la tarjeta de acceso correspondiente a dicha sala, los sensores asociados a esta sala generarán alarma al detectar la intrusión. Estos lectores deben ser compatibles con las tarjetas usadas por EMUASA.
- “Semáforos”:

Cada uno de los Lectores de acceso tendrá a su lado un “semáforo” formado por dos leds de 12Vcc (uno de color verde y otro de color rojo), de tal modo que al pasar una vez la tarjeta de acceso por el Lector se encenderá durante 30 segundos el led verde (alarma desarmada). Al pasar la tarjeta de acceso 2 veces seguidas por el Lector, se encenderá durante 30 segundos el led rojo (alarma armada).

- Alojamiento de Lectores y Semáforos: cada pareja de Lector y su semáforo irá alojado en un armario eléctrico metálico de intemperie con llave y estará forrado en todo su interior con aislamiento térmico Armaflex de al menos 4 mm de espesor. Estos armarios se colocarán junto a cada puerta de acceso que deba ser protegida.
- Pestillo de tipo electrocerradura (en salas de interior): deberá abrirse tras desarmar la alarma asociada a su sala correspondiente, y deberá cerrarse tras armar la alarma asociada a su sala correspondiente.

Por homogeneidad con el Sistema Integral de Seguridad de EMUASA, a continuación, se detalla el listado de equipos recomendados:

- Analítica de video (si fuera necesaria): tipo Davantis o similar.
- Sensores volumétricos: tipo Optex o similar.
- Sensores láser: tipo Optex o similar.
- Cámaras: tipo Hickvision o similar.
- Grabador: tipo Hickvision o similar.
- Router 3G/4G: tipo MileSight o similar.
- Central de Alarma: tipo Desico, Pacom o similar (con cinco relés de salida).
- Conexión de señales a PLC de sistema de control industrial mediante protocolo MODBUS.
- Software para PLC y conexión a SCADA de CRA.
- Control de accesos: HID.

7.3 DOCUMENTACIÓN RELATIVA A SEGURIDAD ANTI-INTRUSISMOS A PRESENTAR

La solución planteada incluirá tres sistemas diferenciados:

- Intrusión.
 - Plantilla programación central.
 - Software de seguridad en PLC
 - Gráficos CRA
- CCTV.
- Infraestructura.
 - Deberá de incluirse el detalle de las marcas y modelos a instalar, así como el cableado necesario.
 - Se incluirán los planos necesarios para definición de todas las instalaciones

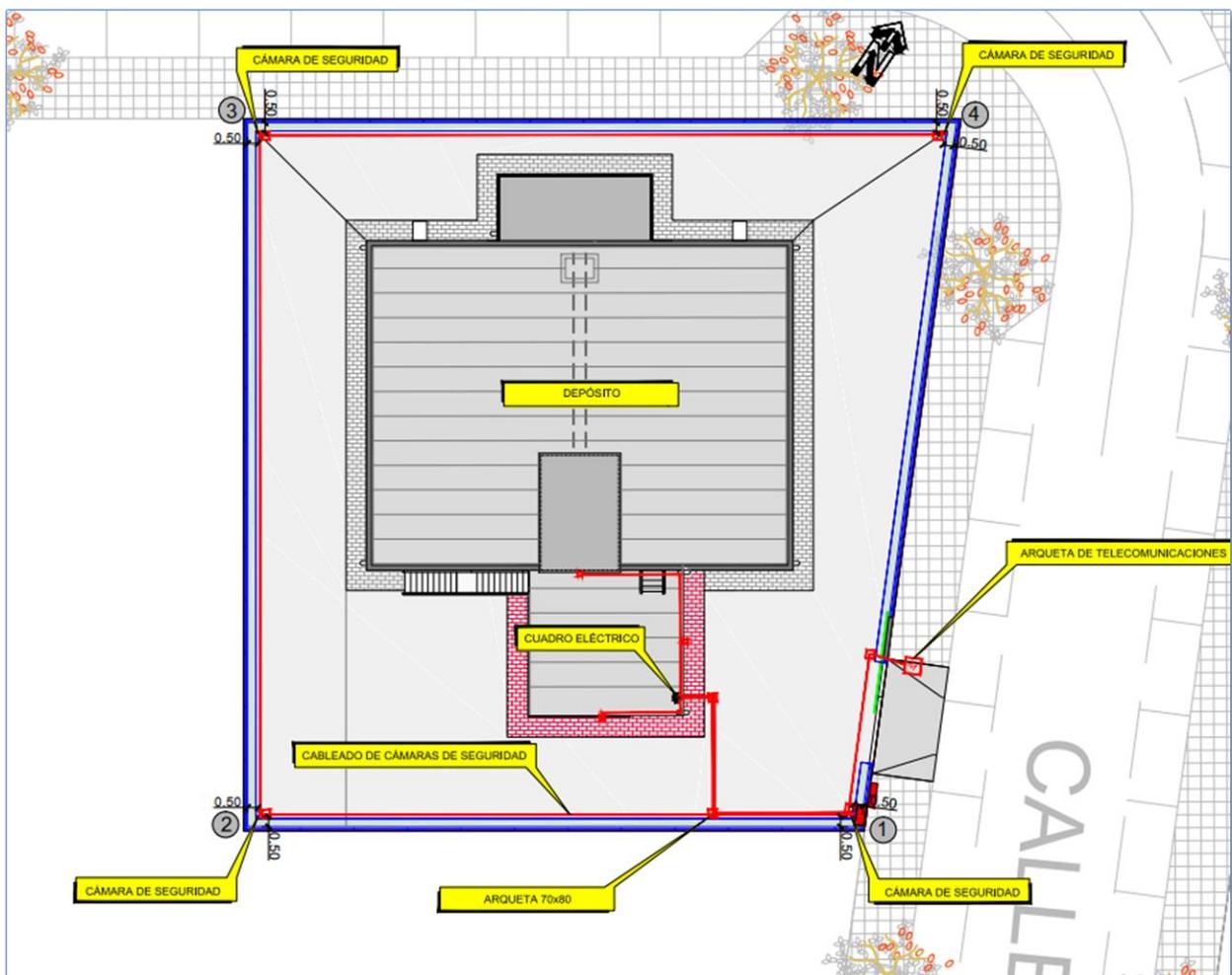


Imagen 87 Ejemplo de ubicación de elementos

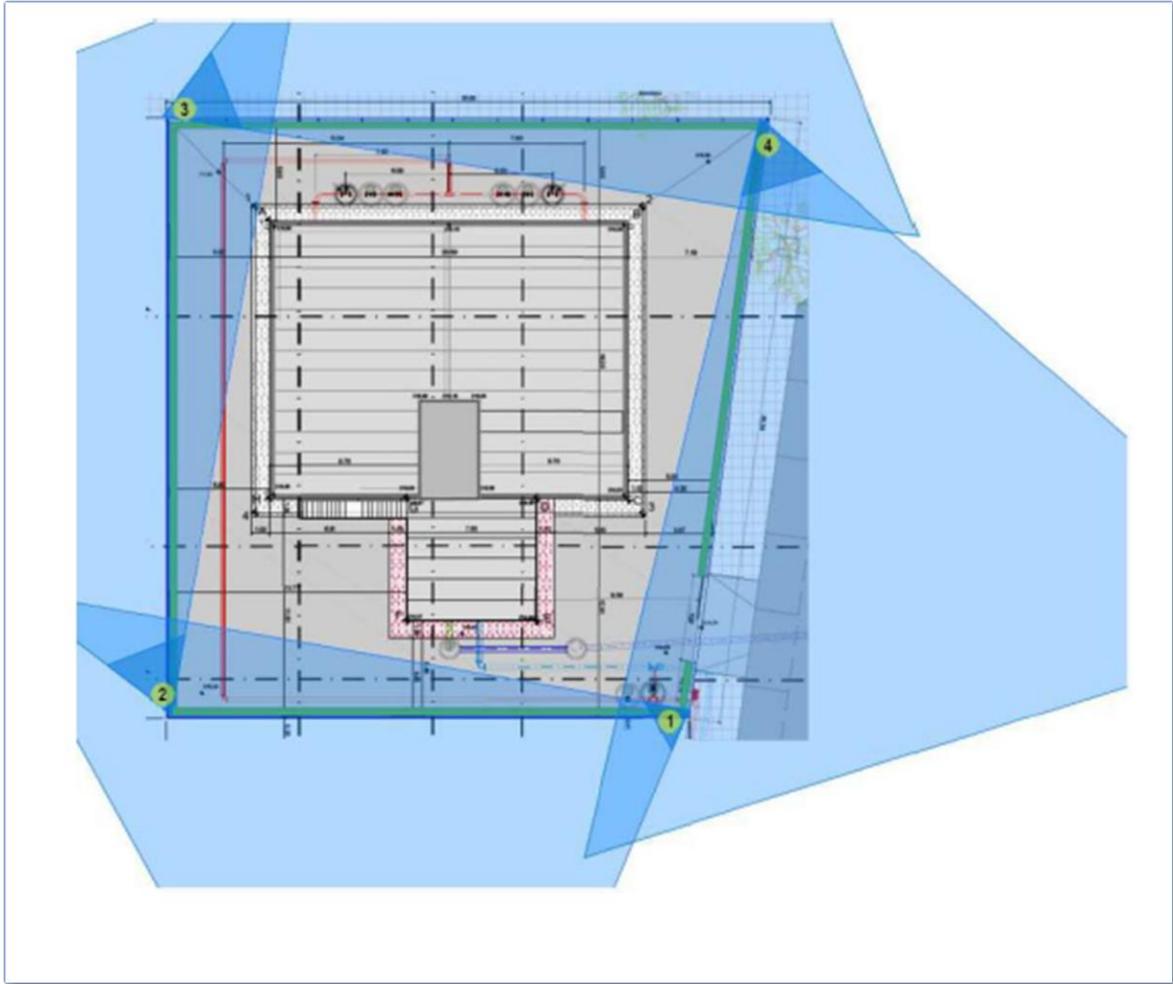


Imagen 88 Ejemplo de Plano de cobertura de video análisis

8 PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

A lo largo del presente documento se ha procurado tener en cuenta el punto de vista de Prevención de Riesgos Laborales, ya que ésta es uno de los pilares fundamentales sobre los que se sustentan los principios y valores de EMUASA, siendo la seguridad de los trabajadores uno de los aspectos fundamentales de la Política de la empresa de acuerdo con la certificación ISO 45.001.

Por ello, en cada sección o capítulo de este documento se han ido realizando diversos comentarios, así como indicaciones de diseño y construcción teniendo en cuenta este punto de vista. De igual modo, se ha tenido en cuenta en lo referente a la disposición de los elementos tanto principales como auxiliares que conformarán la instalación.

En ese sentido, podemos mencionar, entre otros:

- Las configuraciones de accesos a salas y cámaras, así como a cualquier zona de la instalación.
- Protecciones en arquetas.
- Almacenamiento de productos químicos.
- Dotación de elementos de seguridad, como puede ser la previsión de lavajos en la sala de cloración.
- Colocación de barandillas y rodapiés para evitar caídas de personas y objetos tanto en escaleras como en cubierta.
- Iluminación adecuada.
- Ventilación.
- Señalización de seguridad y cartelería.
- Etc.

En general, se deberá tener en cuenta todo lo relativo a la normativa de Prevención de Riesgos Laborales existente. Sin que pretenda ser una relación exhaustiva, a continuación, se enumera parte de la normativa para tener en cuenta:

- Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.
- Real Decreto 656/2017, de 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ 0 a 10.

9 DOCUMENTACIÓN GENERAL

Como se ha indicado anteriormente, se deberá cumplir con lo dispuesto en el Real Decreto 3/2023. Por lo tanto, se deberá disponer de informe favorable al proyecto emitido por la Consejería de Sanidad de la Región de Murcia.

Para la finalización de las obras, se deberá aportar toda la documentación que requiera dicha Consejería para la obtención de la autorización de puesta en servicio.

Además, una vez terminado el depósito, se deberá proporcionar la siguiente información:

- Documentación relativa a legalizaciones necesarias (dependerá de cada instalación).
- Documentación para contratación de suministro eléctrico.
- Proyecto “as built” de las instalaciones.
- Manual de funcionamiento de la instalación, el cual deberá incluir las instrucciones y procedimientos a seguir, así como los siguientes datos:
 - Diseño general de las instalaciones y limitaciones de carga
 - Medidas especiales en caso de urgencia y/o incendio
 - Procedimiento para dejar el depósito fuera de servicio
 - Instrucciones de limpieza y desinfección
 - Instrucciones para el funcionamiento de válvulas y su mantenimiento
 - Instrucciones para el mantenimiento del resto de componentes de la instalación (incluidos los equipos eléctricos, hidráulicos, etc.)
 - Detalles y características de los materiales empleados en juntas, revestimientos, recubrimientos, etc.

10 DISEÑO ESTRUCTURAL.

10.1 NORMATIVA DE APLICACIÓN.

La normativa particular de aplicación para el diseño estructural de un depósito es la siguiente:

- Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural.
- Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre, por el que se aprueba la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-02).
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (CTE).
- Eurocódigos: EC1-Parte 4 de acciones en silos y depósitos, EC2-Parte 3 de depósitos y estructuras de contención, EC7-Parte 1 de reglas generales y EC8-Parte 4 de depósitos y estructuras de contención.
- Guía para las especificaciones técnicas de las armaduras. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Dirección General De Carreteras. Abril 2022.
- Seismic Design of Liquid-Containing Concrete Structures and Commentary (ACI 350.03-6).

10.2 INFORMACIÓN GEOTÉCNICA.

Para la ubicación del depósito se debe tener en cuenta las características geotécnicas del terreno debido a su influencia en el diseño estructural.

Se debe disponer de un estudio geotécnico (obligatorio según la Ley de Contratos) para la redacción del proyecto constructivo de un depósito, donde se detalle lo siguiente:

- Resistencia del terreno (problemas si es menor que $1 \text{ kg/cm}^2 \approx 0,1 \text{ N/mm}^2$).
- Profundidad a la que se encuentran materiales adecuados.
- Deformabilidad del terreno (posible limitación para tensiones admisibles) detallando los módulos de deformabilidad y coeficientes de balasto.
- Parámetros geotécnicos del terreno.
- Agresividad del terreno. Ataques por sulfatos.
- Excavabilidad. Taludes de excavación admisibles.
- Presencia o no de nivel freático (atención a la posible flotabilidad).

- Diferentes terrenos (posibilidad de asientos diferenciales).
- Sismicidad.

Para realizar el estudio geotécnico, como mínimo, se tendrá en cuenta el contenido del apartado 3 del Documento Básico de Seguridad Estructural – Cimientos (DB SE-C) del Código Técnico de la Edificación (CTE).

Los resultados del estudio geotécnico se plasmarán en un informe que se añadirá en un anejo del proyecto constructivo. Este informe, deberá ser visado por el colegio profesional que corresponda, se ejecutará en las fases iniciales de la redacción del proyecto constructivo ya que sus resultados pueden condicionar el desarrollo del mismo.

Según el documento DB SE-C, el tipo de construcción se clasifica en cinco grupos (C-0 a C-4). Un depósito debe, por su responsabilidad, clasificarse en el grupo más elevado C-4. En el mismo documento, el tipo de terreno se clasifica en tres grupos (T-1 a T-3), siendo T-1 terrenos favorables, T-2 terrenos intermedios y T-3 terrenos desfavorables.

En general el mínimo de puntos a reconocer es 3. El documento DB SE-C marca las distancias máximas entre puntos de reconocimiento, profundidades orientativas bajo el nivel final de la excavación, número mínimo de sondeos y porcentaje de sustitución por pruebas de penetración.



Imagen 89 Ejemplo de preparación de maquinaria para sondeo



Imagen 90 Ejemplo de penetrómetro para sondeo

10.3 BASES DE CÁLCULO.

10.3.1 Acciones.

10.3.1.1 Acciones permanentes.

10.3.1.1.1 De valor constante.

Las acciones permanentes constantes son el peso propio de la estructura y la carga muerta que se dispone sobre la misma.

- Peso propio de los elementos de hormigón: 25 kN/m³
- Peso propio del acero estructural: 78,5 kN/m³
- Peso propio del terreno natural: 20 kN/m³

Además del peso propio de la cubierta, se tiene que considerar una carga permanente adicional, procedente del sistema de impermeabilización. Por ejemplo, en el caso de considerar una impermeabilización protegida mediante una capa de gravilla las acciones serían las siguientes:

- 5 cm de gravilla: 1,0 kN/m²
- 5 cm en pendientes: 1,25 kN/m²
- Impermeabilización: 0,25 kN/m²

10.3.1.1.2 De valor no constante.

Las acciones permanentes de valor no constante son las que actúan en todo momento donde su magnitud no es constante. Dentro de este tipo de acciones hay el empuje del terreno y las acciones reológicas.

10.3.1.1.2.1 Empuje del terreno.

La altura de tierras en el trasdós de los muros viene determinada por la tipología de depósito escogida atendiendo a su posición respecto al terreno. El empuje del terreno es relevante para la situación de cálculo del depósito en vacío.

De forma general, para la determinación del valor del empuje de las tierras sobre el trasdós de los muros se considera las siguientes características del relleno:

- Ángulo de rozamiento interno $\phi = 30^\circ$
- Cohesión $c = 0$ kN/m²
- Densidad o peso específico $\gamma = 20$ kN/m³

Habitualmente, para el empuje del terreno se considera el coeficiente de empuje al reposo, ya que por la rigidez de los propios muros es improbable que se desarrolle la cuña de rotura del activo. Del lado de la seguridad se adopta un coeficiente de empuje de $k_0 = 0,50$.

10.3.1.1.2.2 Reología.

La reología del hormigón genera deformaciones impuestas, por la modificación del equilibrio higroscópico del hormigón con el entorno. Si estas deformaciones se coaccionan se generan esfuerzos que se intentan liberar con la colocación de las juntas de dilatación completas en la estructura, por otra parte, necesarias para absorber el esfuerzo térmico. Sin embargo, parte de la reología está impedida por la propia construcción (es el caso de la parte de empotramiento de los muros en la solera); estas situaciones se tienen que contemplar en el diseño de la armadura horizontal, para que sea capaz de absorberlas.

10.3.1.2 Acciones variables.

Son aquellas cuya posición, magnitud, sentido o probabilidad de ocurrencia no son fijos en el tiempo. Se consideran las siguientes acciones:

10.3.1.2.1 Sobrecarga del agua.

Se considera un empuje de presión hidrostática con una densidad de **10 kN/m³**. Se debe considerar en el cálculo que puede darse el caso de que el depósito esté lleno de agua y el trasdós vacío (prueba de estanqueidad).

10.3.1.2.2 Sobrecarga en trasdós de muros.

Se considera una sobrecarga de **10 kN/m²**, ante el eventual movimiento de vehículos en el trasdós del muro o el acopio de materiales.

10.3.1.2.3 Sobrecarga de uso en cubierta.

Salvo casos particulares, el acceso en la cubierta es únicamente durante la instalación y para eventuales trabajos de mantenimiento, siguiendo el documento DB SE-EA del CTE, se tomará como valor el G1: SCU de conservación de cubierta ($\alpha < 20^\circ$): **1 kN/m²**.

El valor de esta carga uniforme es en proyección horizontal.

En caso de preverse la instalación de paneles fotovoltaicos sobre la cubierta, se deberá considerar dicha sobrecarga adicional.

10.3.1.2.4 Acción del viento.

Para la determinación de las acciones de viento, se debe seguir la metodología descrita en el documento DB SE-EA del CTE.

Ahora bien, esta solicitud no es limitante en general por las siguientes razones:

- Tiene una magnitud baja frente al resto de acciones; en muchos casos es favorable al oponerse a acciones más restrictivas como la acción del agua.

- Su efecto en cubierta, de succión, no supera el peso de los elementos, por lo que sólo hay que tener en cuenta las acciones locales, como podría ser por ejemplo la fijación de placas solares.
- En caso de tener ubicado el depósito en zona sísmica, las acciones horizontales son muy inferiores a las del sismo, más determinante.

10.3.1.2.5 Sobrecarga de nieve.

Para la determinación de la sobrecarga de nieve, se debe seguir el documento DB SE-AE del CTE. En localidades y altitud inferior a 1000m, es suficiente considerar en una cubierta plana una sobrecarga de nieve de **1 kN/m²**.

Esta carga no es concomitante con la sobrecarga de uso de mantenimiento de la cubierta.

10.3.1.2.6 Sobrecargas térmicas.

Al igual que ocurre con la reología del material, las variaciones de temperatura conducen a deformaciones de todos los elementos que, en caso de estar impedidas, producen tensiones en los elementos afectados. La disposición de juntas de dilatación, ya comentada en el apartado de reología, contribuye a disminuir esta sollicitación. En el documento DB SE-AE del CTE, por ejemplo, se especifica que no es necesario considerar acciones térmicas cuando se dispongan juntas de dilatación con separaciones máximas de 40 m.

Para elementos en los que debe considerarse, se adopta un incremento térmico uniforme de 30 °C, propio de un elemento de color claro con la orientación más desfavorable. Para elementos protegidos en el interior del edificio puede tomarse durante todo el año una temperatura de 20 °C.

10.3.1.3 Acción sísmica.

La acción sísmica es la principal acción accidental ya que condiciona muchos aspectos, como pueden ser los detalles de armado de las piezas. Esta sollicitación impone una aceleración en la estructura, y por tanto unas fuerzas inerciales. Inicialmente se tiene que caracterizar la acción sísmica y se debe describir en función del sitio y posteriormente descomponer la acción en sus principales acciones sobre la estructura. La acción sísmica perpendicular en los muros se descompone de la siguiente manera:

- Fuerza inercial en las masas:
 - Carga lineal dinámica en la cubierta ocasionada por su propio peso.
 - Fuerza dinámica del muro perpendicular ocasionada por su masa.
- Sobreempuje por movilización de las masas de terreno de los trasdoses. Habitualmente se utiliza la formulación de Mononobe-Okabe.
- Fuerzas inerciales del líquido contenido (interacción masa de agua y muro)
 - Fuerza dinámica impulsiva.

- Fuerza dinámica convectiva.

Siempre que sea posible, se prefiere que la cubierta esté diseñada estructuralmente independientemente del resto de la estructura. De esta forma, se puede independizar el cálculo de la cubierta (utilizando la normativa NCSE-02) del de los muros de contención del líquido.

Para el efecto del sismo en los muros de contención, se debe utilizar la formulación recogida en el Eurocódigo 8-Parte 4 o en la ACI350.3-06, con formulación que considere la interacción volumen de agua-depósito considerando masa impulsiva y convectiva.

Cuando un depósito que contiene agua está sometido a un movimiento sísmico horizontal, la pared del depósito y el líquido sufren una aceleración horizontal. El líquido de la región inferior del tanque se comporta como una masa rígidamente conectada a la pared del depósito. Esta masa del líquido se denomina masa impulsiva (W_i), y se acelera con la pared induciendo presiones hidrodinámicas sobre la pared del depósito, que deberán añadirse a las presiones hidrostáticas del líquido. La masa de agua de la región superior del depósito es la que sufre el oleaje de la superficie libre, denominándose masa líquida convectiva (W_c), donde ejerce presiones hidrodinámicas convectivas en las paredes. A continuación, se detalla el esquema descrito en la ACI 350.3-06 donde se observa los dos tipos de masa del modelo.

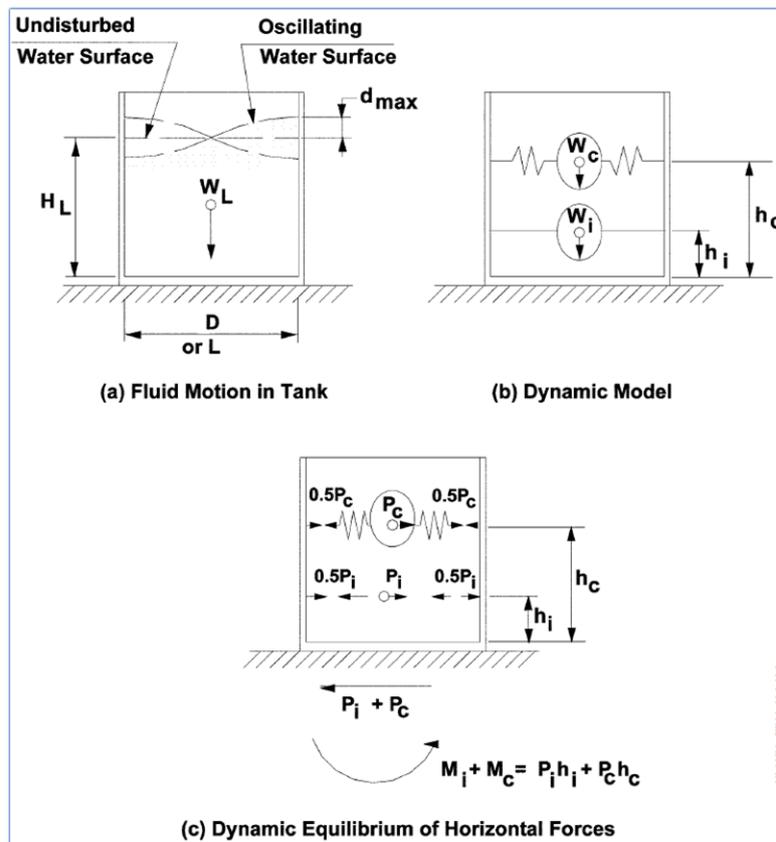


Ilustración 2 Esquema de tipos de masa de líquido (Fuente: ACI 350.3-06)

Se debe de considerar la estructura sin ductilidad para el vaso y con ductilidad baja para la estructura de cubierta.

10.3.2 Hipótesis de cálculo.

Las acciones anteriores son combinadas teniendo en cuenta los coeficientes parciales de seguridad de acciones, para la comprobación de los Estados Límite Últimos (ELU) y los Estados Límite de Servicio (ELS).

Para los Estados Límites Últimos (ELU), las situaciones consideradas son:

- Combinación de acciones para situaciones de proyecto permanentes o transitorias (combinaciones fundamentales):

$$E_d = \gamma_{sd} E\{\gamma_{G,j} G_{k,j}; \gamma_P P; \gamma_{Q,1} Q_{k,1}; \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}\} \quad j \geq 1; i > 1$$

$$E_d = E\{\gamma_{G,j} G_{k,j}; \gamma_P P; \gamma_{Q,1} Q_{k,1}; \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}\} \quad j \geq 1; i > 1$$

La combinación de acciones entre llaves { }, anterior pueden expresarse o como:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} "+" \gamma_P P "+" \gamma_{Q,1} Q_{k,1} "+" \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Donde:

"+" significa "combinarse con"

Σ significa "el efecto combinado de"

ξ es una reducción del factor para acciones permanentes G desfavorables

- Combinación de acciones para situaciones de proyecto accidentales:

El formato general de los efectos de las acciones será:

$$E_d = E\{G_{k,j}; P; A_d; (\Psi_{1,1} \circ \Psi_{2,1}) Q_{k,1}; \Psi_{2,i} Q_{k,i}\} \quad j \geq 1; i > 1$$

La combinación de acciones entre llaves { }, anterior pueden expresarse o como:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} "+" P "+" A_d "+" (\Psi_{1,1} \circ \Psi_{2,1}) Q_{k,1} "+" \sum_{i > 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

La elección entre $\psi_{1,1} Q_{k,1}$ o $\psi_{2,1} Q_{k,1}$ estará condicionada por la situación accidental de proyecto de la que trate (impacto, fuego o supervivencia tras un hecho o situación accidental).

Las combinaciones de acciones para situaciones de proyecto accidentales deben:

- incluir una acción accidental explícita A (fuego o impacto), o
- referirse a una situación posterior a un suceso accidental (A=0).

En situaciones de incendio, además del efecto de la temperatura en las propiedades de los materiales, Ad debe representar el valor de cálculo de los efectos indirectos de la acción térmica debida al fuego.

- Combinación de acciones para situaciones de proyecto frente al sismo

El formato general de los efectos de las acciones será:

$$E_d = E\{G_{k,j}; P; A_{Ed}; \Psi_{2,i} Q_{k,i}\} \quad j \geq 1; i > 1$$

La combinación de acciones entre llaves { } puede expresarse como:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} \text{ " + " } P \text{ " + " } A_{Ed} \text{ " + " } \sum_{i \geq 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

- Coeficientes parciales de seguridad para acciones y combinaciones de acciones

Los valores de los coeficientes γ y Ψ para las acciones deben obtenerse de la reglamentación específica vigente y lo establecido en el Código Técnico de la Edificación:

Tipo de verificación ⁽¹⁾	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
Estabilidad		desestabilizadora	estabilizadora
	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

⁽¹⁾ Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

Ilustración 3 Tabla de coeficientes parciales de seguridad (Fuente: Código Técnico de la Edificación)

Nótese que las acciones correspondientes al peso y empuje del agua en las situaciones persistentes se mayoran con un coeficiente de seguridad para el cálculo de valor 1,20. Se utiliza 1,20 y no 1,50 porque se conoce con certeza la carga por empuje del agua. Este coeficiente no suele ser condicionante ya que el cálculo restrictivo es a fisuración.

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría F)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

(1) En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

Ilustración 4 Tabla de coeficientes parciales de simultaneidad (Fuente: Código Técnico de la Edificación)

- Coeficientes parciales para materiales y productos

Los coeficientes parciales para las propiedades de materiales y productos deben obtenerse de los Anejos 19 a 32 del Código Estructural o de la reglamentación específica vigente.

Para los estados límite de servicio (E.L.S.) las combinaciones consideradas son:

- Combinación característica:

$$E_d = E\{G_{k,j}; P; Q_{k,1}; \Psi_{0,i} Q_{k,i}\} \quad j \geq 1; i > 1$$

en la que la combinación de acciones entre llaves { } (denominada combinación característica), puede expresarse como:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} \text{ " + " } P \text{ " + " } Q_{k,1} \text{ " + " } \sum_{i > 1} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- Combinación frecuente:

$$E_d = E\{G_{k,j}; P; \Psi_{1,1} Q_{k,1}; \Psi_{2,i} Q_{k,i}\} \quad j \geq 1; i > 1$$

en la que la combinación de acciones entre llaves { } (denominada combinación frecuente), puede expresarse como:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} \text{ " + " } P \text{ " + " } \Psi_{1,1} Q_{k,1} \text{ " + " } \sum_{i \geq 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

- Combinación casi-permanente:

$$E_d = E\{G_{k,j}; P; \Psi_{2,i} Q_{k,i}\} \quad j \geq 1; i \geq 1$$

en la que la combinación de acciones entre llaves { } (llamada la combinación cuasi-permanente), puede expresarse como:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} \text{ " + " } P \text{ " + " } \sum_{i \geq 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Para los Estados Límite de Servicio, los coeficientes parciales γ_M para las propiedades de los materiales deben tomarse como 1,0 salvo especificación en contrario en los Anejos 19 a 32 del Código Estructural.

Los términos G y Q corresponden a los valores de las acciones permanentes y variables, los γ son coeficientes de mayoración y los coeficientes Ψ se conocen como coeficientes de acompañamiento o, más concretamente, de combinación, frecuente y cuasi permanente.

Los distintos coeficientes de ponderación se aplican a las situaciones que pueden darse en la vida útil del depósito. Las situaciones de los muros perimetrales analizadas son las siguientes:

- Situación de explotación 1: Depósito lleno al nivel de explotación y sin tierras en el trasdós.
- Situación de explotación 2: Depósito vacío y con tierras en el trasdós (en el caso de que existan).
- En el caso que exista la necesidad de cálculo sísmico, se añade los siguientes casos:
- Situación sísmica 1: Depósito lleno, sin tierras y con sismo hacia fuera del depósito.

- Situación sísmica 2: Depósito vacío, con tierras (en el caso de que existan) y con sismo hacia adentro del depósito.

Si el muro tiene un compartimento interior, se construye un muro divisorio donde las situaciones pésimas de este muro coinciden con los casos 1 y 3.

Las hipótesis consideradas en la cubierta son las habituales de las combinaciones de acciones en edificación según el CTE.

Para cada situación de proyecto se comprueba los Estados Límite. Se comprueba en los muros el coeficiente de seguridad frente al vuelco, deslizamiento y tensión sobre el terreno. No se realiza comprobación a deslizamiento en los casos en que esté impedido. Del lado de la seguridad, no se tiene en cuenta la colaboración del empuje pasivo.

10.3.3 Características de los materiales.

10.3.3.1 Hormigón en elementos estructurales.

Los materiales básicos que componen el hormigón son: cemento, agua y áridos. La designación del hormigón armado como material, responde a la siguiente notación según se indica en el artículo 33.6 del Código Estructural:

$T - R / C / TM / A$

Donde:

- T* Indicativo del tipo de hormigón: HA para hormigón armado (HM: hormigón en masa; HP: hormigón pretensado).
- R* Resistencia característica especificada, expresada en N/mm^2 . En el caso del hormigón armado, se recomienda la utilización de los siguientes valores normalizados: 25, 30, 35, 40, 45 y 50. Para los hormigones vertidos in situ es normal especificar valores de resistencia entre 25 y 35 N/mm^2 , para las soluciones prefabricadas se suelen especificar valores superiores, entre 30 y 40 N/mm^2 .
- C* Letra indicativa de la consistencia, tal y como se define en el artículo 33.5 del Código Estructural. Es una medida de la docilidad de la masa de hormigón en el momento de vertido. Varía según la serie Seca, Plástica, Blanda, Fluida y Líquida.
- TM* Tamaño máximo del árido en mm, definido en el artículo 30.3 del Código Estructural.
- A* Designación del ambiente en lo que se refiere a la agresividad potencial, de acuerdo con el artículo 27.1.a del Código Estructural.

De forma general, para la construcción de los depósitos se utilizará hormigón tipo HA-30/F/20/XD2, pudiéndose reducir la clase general de exposición en zonas que no estén en ambiente de cloro o en otras situaciones específicas.

10.3.3.2 Acero en armaduras corrugadas.

En los elementos de hormigón armado se dispone de armadura pasiva, frente a la armadura activa utilizada para pretensar el hormigón.

La armadura pasiva más común es la que se adopta la forma de barras de sección circular corrugada.

Conforme al artículo 34 del Código Estructural, las barras se sirven en dos calidades:

- B 400 S: Acero soldable, límite elástico no menor de 400 N/mm²
- B 500 S: Acero soldable, límite elástico no menor de 500 N/mm²

El Código Estructural contempla igualmente las calidades SD correspondientes a aceros soldables de alta calidad, con características especiales de ductilidad.

El Código Estructural establece que los aceros SD son de obligado uso en obras con sollicitación sísmica, art. 34.2, como ocurre en Murcia.

En el artículo 34 del Código Estructural se especifica las condiciones exigidas a las armaduras pasivas, así como las instrucciones para su cálculo, colocación, anclaje, doblado, etc.

El acero para armaduras pasivas tendrá las siguientes propiedades mecánicas:

Tipo de acero	Acero soldable		Acero soldable con características especiales de ductilidad	
	B 400 S	B 500 S	B 400 SD	B 500 SD
Designación	B 400 S	B 500 S	B 400 SD	B 500 SD
Límite elástico, f_y (N/mm ²) ⁽¹⁾	≥ 400	≥ 500	≥ 400	≥ 500
Carga unitaria de rotura, f_s (N/mm ²) ⁽¹⁾	≥ 440	≥ 550	≥ 480	≥ 575
Alargamiento de rotura, $\epsilon_{u,s}$ (%)	≥ 14	≥ 12	≥ 20	≥ 16
Alargamiento total bajo carga máxima, $\epsilon_{m\acute{a}x}$ (%)	acero suministrado en barra	≥ 5,0	≥ 5,0	≥ 7,5
	acero suministrado en rollo ⁽³⁾	≥ 7,5	≥ 7,5	≥ 10,0
Relación f_s/f_y ⁽²⁾	≥ 1,08	≥ 1,08	$1,20 \leq f_s/f_y \leq 1,35$	$1,15 \leq f_s/f_y \leq 1,35$ ⁽⁴⁾
Relación $f_y \text{ real}/f_y \text{ nominal}$	--	--	≤ 1,20	≤ 1,25

Tabla 2 Tipos de acero (Fuente: Código Estructural)

- Armaduras pasivas

Se entiende por armadura pasiva el resultado de montar, en el correspondiente molde o encofrado, el conjunto de armaduras normalizadas, ferrallas elaboradas o ferrallas armadas que, convenientemente solapadas y con los recubrimientos adecuados, tienen una función estructural.

Las características mecánicas, químicas y de adherencia de las armaduras pasivas serán las de las armaduras normalizadas o, en su caso, las de la ferralla armada que las componen.

Tipo de armadura	Armadura con acero de baja ductilidad	Armadura con acero soldable de ductilidad normal		Armadura con acero soldable y características especiales de ductilidad	
Designación	AP 500 T	AP 400 S	AP 500 S	AP 400 SD	AP 500 SD
Alargamiento total bajo carga máxima, $\epsilon_{m\acute{a}x}$ (%) ^(**)	-	$\geq 5,0$	$\geq 5,0$	$\geq 7,5$	$\geq 7,5$
Tipo de acero	-	B 400 S B 400 SD (*)	B 500 S B 500 SD (*)	B 400 SD	B 500 SD
Tipo de malla electrosoldada, en su caso, según 35.2.1	ME 500 T	ME 400 S ME 400 SD	ME 500 S ME 400 SD	ME 400 SD	ME 500 SD
Tipo de armadura básicas electrosoldada en celosía, en su caso, según 35.2.2	AB 500 T	AB 400 S AB 400 SD	AB 500 S AB 500 SD	AB 400 SD	AB 500 SD

Tabla 3 Tipos de armadura (Fuente: Código Estructural)

Igualmente, el Código Estructural define, en su artículo 34.3, los aceros susceptibles de ser utilizados como acero para armaduras en alambres de acero soldable: B 500 T: $f_y \geq 500$ MPa.

10.3.3.3 Coeficientes de minoración de los materiales.

Para los Estados Limite Últimos se deben utilizar los coeficientes parciales de seguridad para los materiales, γ_c y γ_s .

Los coeficientes parciales de seguridad de los diferentes elementos constituyentes son los siguientes:

Situación de cálculo	γ_c hormigón	γ_s armaduras pasivas	γ_s armaduras activas
Permanente o Transitoria	1,5	1,15	1,15
Accidental	1,3	1,0	1,0

Tabla 4 Coeficientes parciales de seguridad (Fuente: Código Estructural)

10.3.4 Armados mínimos.

A continuación, se explica los criterios seguidos para la determinación de los armados mínimos de las piezas de hormigón del proyecto. Los armados mínimos cumplen el objetivo principal de dotar de ductilidad a las secciones (mínimos mecánicos) y de controlar los esfuerzos derivados de deformaciones impuestas, especialmente la reología y la temperatura, para que la fisuración no sea excesiva (tanto por criterios de durabilidad como de filtraciones).

10.3.4.1 Armados mínimos mecánicos.

Las secciones de hormigón armado deben tener ductilidad suficiente, de manera que no se produzcan roturas frágiles (sin aviso). Para ello se determina la armadura necesaria para recoger el salto tensional en el momento de la rotura. Esta armadura se dispone en aquellas secciones en las que puede producirse un esfuerzo de flexión significativo: arranques de los muros, vigas, pilares y zona de la solera debajo de los pilares (área de transmisión de la flexión).

Para secciones de hormigón armado, se utiliza la formulación descrita en el apartado 19.9 del Código Estructural. Dependiendo del elemento a definir se tiene las siguientes cuantías mínimas y máximas:

- Vigas y Losas macizas

El área de la armadura longitudinal de tracción no debe ser inferior a $A_{s,min}$:

$$A_{s,min} = \frac{W}{z} \cdot \frac{f_{ctm,fl}}{f_{yd}}$$

Siendo:

z el brazo mecánico en la sección en ELU, aproximadamente $z=0,8h$.

W módulo resistente de la sección bruta relativo a la fibra más traccionada.

f_{cd} Resistencia media a flexotracción del hormigón

f_{yd} Resistencia de cálculo del acero de la armadura pasiva en tracción

El área de la sección de la armadura de tracción o compresión no debe superar $A_{s,máx}=0,04 \cdot A_c$

- Muros

Para muros de hormigón armado con relación longitud-espesor mayor o igual a 4.

El área de la armadura vertical en muros debe estar comprendida entre:

La cuantía mínima de armadura vertical es $A_{s,vmin}=0,02 \cdot A_c$ (colocando un 60% en la cara traccionada).

La cuantía máxima de armadura vertical es $A_{s,vm\acute{a}x}=0,04\cdot A_c$

El área de la armadura horizontal en muros debe estar comprendida entre:

La cuantía mínima de armadura horizontal es $A_{s,hmin}=0,004\cdot A_c$ para $f_{yk}=400\text{ N/mm}^2$ o $A_{s,hmin}=0,0032\cdot A_c$ para $f_{yk}=500\text{ N/mm}^2$.

La cuantía mínima de armadura horizontal podrá reducirse a $A_{s,hmin}=0,002\cdot A_c$ si la altura del fuste del muro $> 2,5\text{ m}$, siempre que no sea menor que la mitad de la altura; o si se disponen juntas de contracción a distancias inferiores a $7,5\text{ m}$.

Se dispondrá armadura transversal en forma de cercos si el área total de la armadura vertical de ambas caras es mayor que $0,02\cdot A_c$.

10.3.4.2 Armados mínimos geométricos.

La armadura geométrica mínima es aquella que permite controlar la abertura de fisura, en concreto por la acción no controlada de la reología y la temperatura. Con esta armadura mínima se pretende minimizar el efecto de las coacciones impuestas a la masa de hormigón en su movimiento: la colocación de juntas para permitir la libre deformación completa resultaría inviable (sería necesario colocar juntas completas a distancias en torno a los 5 m); se realiza un cálculo de la armadura que mantiene la abertura de fisura viable, el mínimo geométrico. En el caso del depósito, esta armadura es relevante en los elementos masivos, en concreto en las losas hormigonadas contra el terreno en las dos direcciones y en el alzado de los muros en sentido horizontal.

El primer paso es determinar qué parte de la masa del hormigón está coartada y qué parte puede moverse sin impedimento. Las áreas de referencia de las cuantías pueden obtenerse de la siguiente tabla:

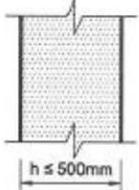
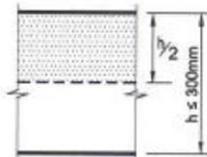
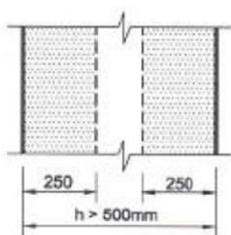
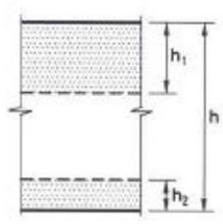
MUROS	ESPESOR EFECTIVO (mm)	LOSAS SOBRE EL TERRENO	ESPESOR REAL (mm)	ESPESOR EFECTIVO (mm) (ZONA SOMBRREADA EXCLUSIVAMENTE)
	h		h	$h/2$
	500		$300 < h \leq 500$	$h_1 = \frac{h}{3}$ $h_2 = 100$
			$h > 500$	$h_1 = 250$ $h_2 = 100$

Tabla 5 Espesores y áreas de referencia de las cuantías mínimas geométricas

Existe una primera condición a imponer a esta armadura mínima, que es la de no plastificación de la misma evitando la rotura frágil; esta condición es equivalente a la ductilidad mecánica: se obtiene por aplicación del equilibrio en tracción pura de la masa de hormigón con la armadura.

Las áreas mínimas de armadura necesaria para controlar la fisuración se determinarán por lo expuesto en el Anejo nº 19. Apartado 7.3.2. del Código Estructural.

Como simplificación a este cálculo se puede limitar el diámetro o la separación de las armaduras para el control de la fisuración, según las siguientes tablas:

Tabla A19.7.2 Diámetro máximo de las barras ϕs^* para el control de la fisuración¹.

Tensión del acero ² [N/mm ²]	Diámetro máximo de la barra [mm]		
	$w_k=0,4$ mm	$w_k=0,3$ mm	$w_k=0,2$ mm
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	5
400	8	6	4
450	6	5	-

Tabla 6 Diámetro máximo de las barras (Fuente: Código Estructural 2021, tabla A19.7.2)

Tabla A19.7.3 Separación máxima de las barras para el control de la fisuración¹.

Tensión del acero ² [N/mm ²]	Diámetro máximo de la barra [mm]		
	$w_k=0,4$ mm	$w_k=0,3$ mm	$w_k=0,2$ mm
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-

Tabla 7 Separación máxima de las barras (Fuente: Código Estructural 2021, tabla A19.7.3)

NOTA 1: Los valores de la tabla están basados en las siguientes condiciones:

$$c=25\text{mm}; f_{ct,eff}=2,9 \text{ N/mm}^2; h_{cr}=0,5h; (h-d)=0,1h; k_1=0,8; k_2=0,5; k_c=0,4; k=1,0; k_t=0,4 \text{ y } k_4=1,0.$$

Las fisuras se producen principalmente por los movimientos impuestos de mayor importancia: la contracción térmica que se da en los 5 primeros días (origen de la retracción instantánea), por salto térmico durante el fraguado; y los movimientos térmicos durante el servicio. Planteando la ley de formación de fisuras y el equilibrio entre la masa de hormigón y la tensión en el acero se llega a la siguiente expresión:

$$\rho = \frac{f_{ct}^j}{\tau_b} \cdot \frac{\phi}{2W_{m\acute{a}x}} \cdot \varepsilon_c \leq \rho_{min}$$

Donde ρ es la cuantía buscada referenciada a la masa de hormigón coartada por la armadura, f_{ct} es la resistencia a tracción del hormigón, τ_b es la tensión de adherencia entre las barras y el hormigón, ϕ es el diámetro del refuerzo, w_{max} la abertura máxima de fisura y ε_c es la deformación impuesta y coaccionada en el hormigón.

Para f_{ct} , en el caso de HA-30 se adopta 1,8MPa y para la tensión de adherencia τ_b 2,8MPa, valores característicos de hormigones jóvenes. La abertura de fisura se fija para controlar las filtraciones y asegurar la durabilidad. La deformación impuesta se determina con la siguiente expresión:

$$\varepsilon_c = (\alpha/2) \cdot (T1+T2)$$

- α es el coeficiente de dilatación térmica del hormigón, reducido a la mitad para tener en cuenta la relajación de tensiones a edades jóvenes. Habitualmente, el árido empleado será de origen cálcico con un coeficiente de dilatación térmica de $6 \cdot 10^{-6}$.
- $T1$ es el valor del salto térmico, para valores ordinarios del contenido de cemento recomienda un valor de 30 °C.
- $T2$ es la variación térmica estacional. Aunque ocurren con el hormigón endurecido, en ausencia de datos más fiables se suma directamente al valor del salto térmico. Se recomienda no tomar valores inferiores a 20 °C.

10.3.5 Vida útil.

En principio, se establece la vida útil de las estructuras que integran el depósito en 100 años tal y como establece el artículo 2.3 del Anejo 18 del Código Estructural, ya que se consideran estructuras de ingeniería civil de repercusión económica alta, Categoría 5. En consonancia con la NCSE-02 que considera los depósitos como construcciones de importancia especial.

10.3.6 Estructuras de hormigón.

El material impone su propia estrategia de protección. En primer lugar, hay que identificar el tipo de ataque al que va a ser sometido para después establecer qué medidas son las más adecuadas para su protección. Éstas pasan por la elección adecuada de la calidad del hormigón, establecer suficientes recubrimientos y limitar adecuadamente la abertura de las fisuras, limitando la exposición de las armaduras al ataque.

10.3.6.1 Clases de exposición.

El agua contenida dentro del depósito, por ser potable, presenta un contenido significativo de cloruros. Este es un tipo de ataque muy característico en el hormigón y que el Código Estructural tipifica como la siguiente clase de exposición:

3: Corrosión inducida por cloruros de origen no marino

Dentro de esta especificación se describe la clase **XD2: Húmedo, raramente seco** que se identifica con la situación en que se encuentran los depósitos de abastecimiento.

En la información geotécnica se tiene que detallar si existe agresividad química en el terreno (XA1, XA2 o XA3) que rodea las estructuras ya que en este caso se trataría de una clase específica más al ambiente general.

10.3.6.2 Calidad del hormigón.

Dado el ambiente general agresivo predominante, XD2, se emplea una calidad mínima en la obra de HA-30. Esta calidad puede subirse en el caso de ambiente más exigente, control de fisuración, piezas prefabricadas según catálogo de las piezas.

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	Clase de exposición				
		XD2	XD3	XA1	XA2	XA3
Máxima relación agua/cemento	Masa	-	-	0,50	0,50	0,45
	Armado	0,50	0,50	0,50	0,50	0,45
	Pretensado	0,45	0,45	0,50	0,45	0,45
Contenido mínimo de cemento (kg/m ³)	Masa	-	-	275	300	325
	Armado	325	325	325	350	350
	Pretensado	325	325	325	350	350
Resistencia característica (N/mm ²)	Masa	-	-	30	30	35
	Armado	30	30	30	30	35
	Pretensado	35	35	30	35	35

Tabla 8 Dosificación en función del tipo de hormigón y la clase de exposición (Fuente: Código Estructural 2021)

10.3.6.3 Recubrimientos.

La principal medida para proteger la parte débil del material, la armadura, es colocar suficiente recubrimiento de manera que la penetración del contaminante sea lo suficientemente lenta y se pueda garantizar la durabilidad del acero durante toda la vida útil. Este recubrimiento mínimo depende del tipo de ambiente, del tipo de cemento y del hormigón, y de la vida útil. El principal ambiente de proyecto es el XD2.

El recubrimiento nominal de las armaduras será de 5 cm. Se podrá justificar otro recubrimiento mediante la formulación del artículo 43.4.1 del Código Estructural.

Para elementos hormigonados directamente contra el terreno, independientemente de otras consideraciones, se dejarán 70 mm.

10.3.6.4 Abertura de fisura.

El ancho de fisura está limitado para un ambiente XD2 y hormigón armado *in situ* a 0,2 mm por la normativa del Código Estructural. No obstante, de forma conservadora se puede utilizar 0,1 mm.

Clase de exposición	w_{max} (mm)	
	Hormigón armado (para la combinación cuasi permanente de acciones)	Hormigón pretensado (para la combinación frecuente de acciones)
X0 ⁽²⁾ , XC1 ⁽²⁾	0,4	0,2
XC2, XC3, XF1,XF3,XC4	0,3	0,2 ⁽¹⁾
XS1, XS2, XD1, XD2, XD3, XF2, XF4, XA1 ⁽³⁾	0,2	Descompresión
XS3, XA2 ⁽³⁾ , XA3 ⁽³⁾	0,1	

Tabla 9 Ancho de fisura en función de la clase de exposición (Fuente: Código Estructural 2021)

Esta norma no limita el ancho de fisura por estanqueidad, por lo que atendiendo a la norma UNE-EN 1992-3 resulta un ancho de fisura pasante (por tracción) en función de la esbeltez del muro tal y como se detalla a continuación:

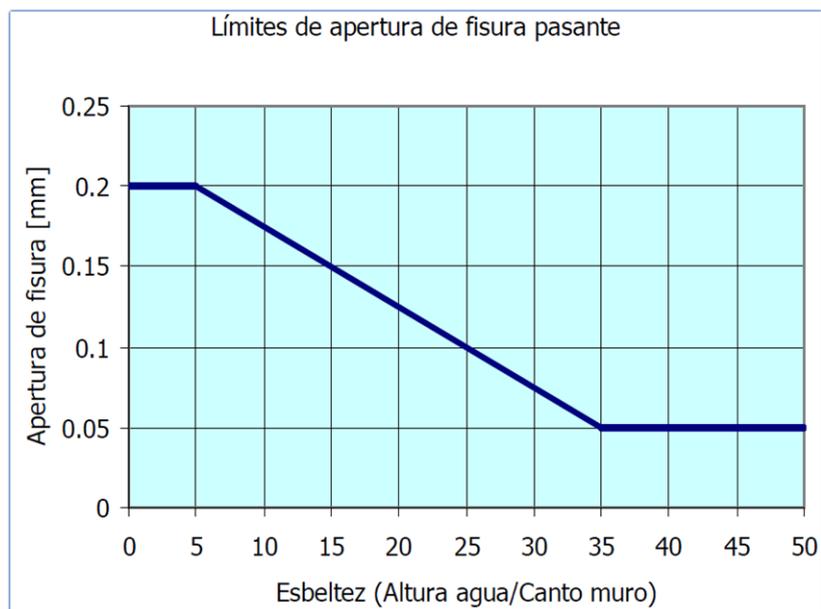


Tabla 10 Límites apertura de fisura (Fuente:MCT,2013)

10.4 JUNTAS.

La distribución de juntas se realizará mediante el encaje dimensional adecuado al modelo estructural y mediante un estudio de fisuración en fase de construcción. Para ello se remite a la información expuesta en el apartado 5.1.3.4. Armados mínimos geométricos.

10.4.1 Juntas de dilatación.

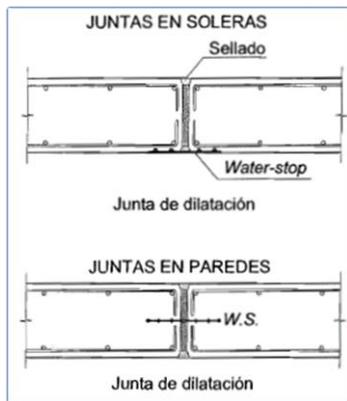


Ilustración 5 Ejemplo junta dilatación

Estas juntas también son conocidas como juntas de movimiento, de temperatura o de acortamiento.

La finalidad de colocar estas juntas es absorber los movimientos termohigrométricos (temperatura y retracción).

Se procurará una correspondencia de juntas de dilatación en cubierta con la de alzados de muros y de cimentación, de esta forma se podrá independizar las subestructuras.

Se materializan mediante la separación total de la estructura en dos partes independientes. La abertura de las juntas de dilatación será de 2 a 4 cm, según las variaciones de temperatura previsibles.

Las juntas de dilatación se colocan en:

- Muros en cambios de altura de pared.
- Cambios de tipo de suelo.
- Cambios de nivel de cimentación, extendiéndose en este caso la junta a la cimentación.

Las juntas de dilatación no se deben de colocar en aristas de entronques con otros muros.

Para la elección de la distancia entre las juntas de dilatación es recomendable seguir los siguientes criterios en función de la exposición de los muros:

	Separación entre juntas Dilatación
Enterrados.	25-30 m
Ayudados. Poco expuestos	15-25 m
Ayudados. Muy expuestos	10-15 m

Tabla 11 Distancia entre juntas de dilatación

10.4.2 Juntas de retracción.

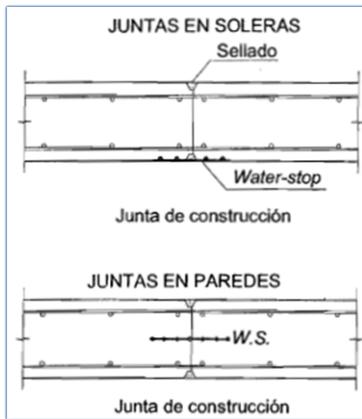


Ilustración 6 Ejemplo junta de construcción

Estas juntas también son conocidas como juntas de contracción.

La retracción es una deformación de acortamiento intrínseco del hormigón.

Los acortamientos que provoca la retracción pueden producir efectos indeseables en el hormigón, sobre todo a tempranas edades, en las que el hormigón ha adquirido poca resistencia a tracción.

Los efectos de acortamiento (fundamentalmente de fisuración) son tanto mayores cuanto mayor es la longitud del elemento.

La armadura atraviesa la junta (armadura continua), a diferencia de las juntas de dilatación, por lo que existe continuidad a efectos de resistencia a las sollicitaciones, pero se mantiene una cierta discontinuidad a efectos de la tracción provocada por la retracción ya que la junta de retracción es como una fisura.

Para la elección de la distancia entre las juntas de retracción es recomendable seguir los siguientes criterios:

Soleras : Formando retículas máximas de 10x10 o de 25 a 30 veces su espesor, usando el más restrictivo.

- Forjados, losas, dinteles de entramados: En función del clima y de la época del año: 16 a 24m
- En cimientos de muros: En función del clima y de la época del año: 16 a 24m
- En alzados de muros

	Separación entre juntas Contracción
Enterrados.	7,5 m
Apoyados. Poco expuestos	7,5 m
Apoyados. Muy expuestos	5-7 m

Tabla 12 Distancia entre juntas de retracción

10.4.3 Juntas de hormigonado.

Estas juntas también son conocidas como juntas de trabajo o juntas de construcción.

Se colocan las juntas de hormigonado cuando existe interrupción del hormigonado en un elemento continuo.

Estas juntas se deben disponer en las secciones menos solicitadas en esfuerzo cortante o aprovechando la coincidencia con otras juntas.

10.5 ANÁLISIS ESTRUCTURAL.

El análisis estructural comienza identificando los elementos independientes desde un punto de vista funcional.

En el caso de proyectar un depósito en que sea necesario disponer de juntas de dilatación (caso más habitual en depósitos de cierto volumen), éstas identifican claramente las partes estructurales que forman parte del depósito.

Los principales grupos de elementos estructurales en un depósito de agua se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Muros (exteriores e interiores) con sus cimentaciones
- Caseta de llaves
- Pórticos interiores con sus cimentaciones
- Cubierta

Una vez identificadas las partes estructurales y sus elementos, se da dimensiones a los mismos. Estas dimensiones son las usuales en este tipo de elementos. Las dimensiones que están condicionadas son los espesores de muros y sus cimentaciones, que deben garantizar la estabilidad horizontal al deslizamiento, frente al vuelco y la limitación de tensiones transmitidas al terreno.

Para el cálculo, se modeliza numéricamente las partes estructurales más complejas, especialmente aquellas de respuesta tridimensional y con interacción con el terreno. Los programas informáticos existentes en el mercado permiten discretizar la estructura en elementos finitos de distinto tipo (barras, placa, tridimensionales).

Con las cargas introducidas y su correspondiente combinación, se obtienen los esfuerzos de comprobación y diseño de los distintos elementos.

10.5.1 Muros.

Los muros exteriores son los elementos principales del depósito, ya que forman el perímetro y por tanto la contención. El primer paso es determinar las dimensiones.

Para la definición del espesor del muro se busca una relación de 1/10 la altura de lámina de agua. A la zapata se le da un canto mayor para favorecer la continuidad de esfuerzos y conseguir una mayor masa centrada, que ayude a la estabilidad.

La geometría de los muros se completa mediante la optimización de la zapata. Para ello se utiliza hojas de cálculo con la hipótesis más desfavorable en el que se minimiza la función de volumen de zapata

variando su geometría para que cumpla el coeficiente de seguridad frente al vuelco, deslizamiento y tensión sobre el terreno.

El parámetro más restrictivo en el dimensionado es el coeficiente de rozamiento terreno-cimiento que está relacionado con el coeficiente de rozamiento interno del terreno de apoyo.

Para la definición de los muros divisorios del depósito se sigue el mismo procedimiento que en los muros exteriores, teniendo en cuenta que el vuelo de la zapata tiene que ser simétrico.

Para el cálculo estructural se realiza tres modelos que representan el perímetro tipo del depósito: los muros laterales (muro 1), los muros en esquina (muro 2) y los muros interiores (muro 3). De estos modelos, a excepción por razones evidentes de la esquina, interesan los esfuerzos de flexión transversal tanto en alzados como en zapatas, pues la armadura horizontal se dimensiona por el criterio de mínimos

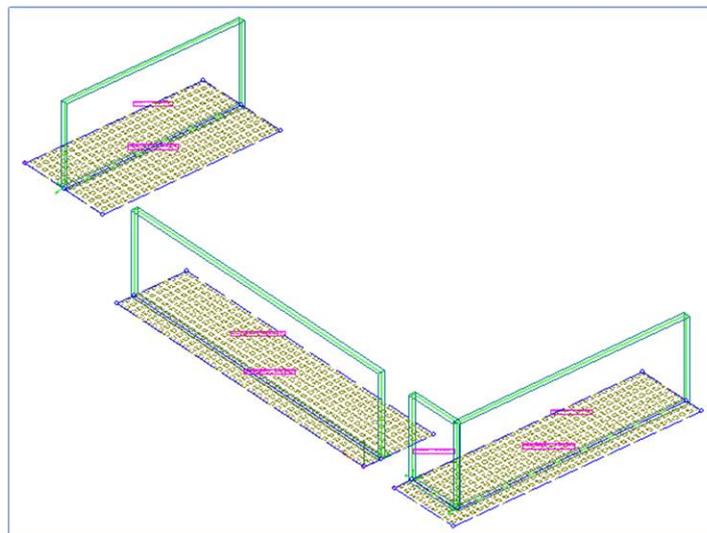


Ilustración 7 Ejemplo de modelos para el cálculo estructural de muros

Los esfuerzos de diseño generales de los muros de esquina son los mismos que para los muros laterales. El único es que se produce una modificación local en el alzado del entorno de la esquina, que genera esfuerzos mayores en los esfuerzos horizontales, reduciéndose sin embargo los restantes.

Las secciones se dimensionan en Estado Límite de Servicio de Fisuración (donde termina siendo el más desfavorable) y en Estado Límite Último de Flexión. Con el anterior armado, se comprueba si soporta las solicitaciones del sismo teniendo en cuenta la reducción de los coeficientes parciales de seguridad en situación accidental.

10.5.2 Salas de válvulas.

Se construye un modelo de elementos finitos para representar su comportamiento.

En este modelo se identifica los siguientes elementos: los muros perimetrales del depósito con su cimentación, los muros y solera del recinto anejo y los pilares de su cubierta.

En lo referente a los muros del depósito y su cimentación se realiza previamente su comprobación; con este modelo se observa cómo es favorable continuar el esquema de armado. De hecho, la conexión con el muro exterior es favorable para ellos reduciendo los esfuerzos a valores cubiertos por valores mínimos, por la aparición de un efecto tridimensional de empotramiento (los esfuerzos van desde el comportamiento ménsula en los extremos al de placa empotrada).

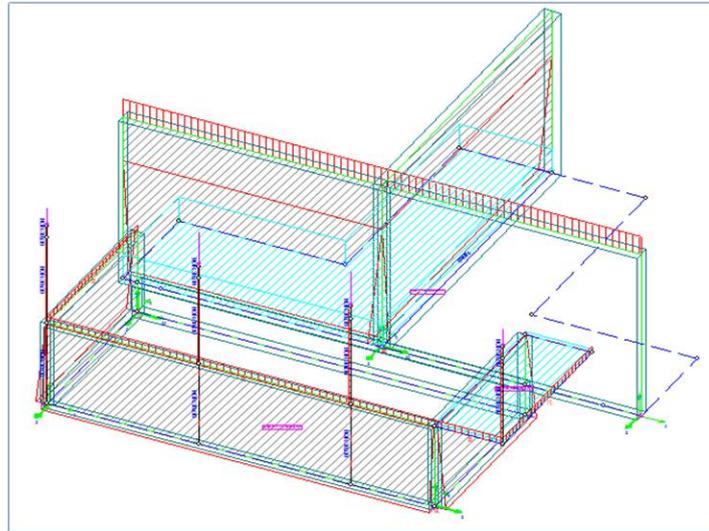


Ilustración 8 Ejemplo de modelo para el cálculo estructural de sala de válvulas

Para facilitar su construcción, se recomienda que las vigas que soportan la cubierta de la caseta de llaves trabajen como simplemente apoyadas sobre los pilares. Estas vigas no pertenecen por tanto al sistema de resistencia sísmica (en caso que sea necesario su cálculo) ya que no empotran el pórtico.

El dimensionado del armado de la caseta de llaves va a centrarse en los muros laterales de la caseta y su solera. Habitualmente, manteniendo los criterios de armado mínimo se cubre las solicitaciones.

10.5.3 Pórticos interiores y cimentación.

El apoyo de la cimentación se resuelve mediante resortes superficiales en la losa. Los apoyos de las vigas sobre muros se idealizan mediante restricción vertical y movimiento libre en el resto de grados de libertad. Se modeliza la cubierta como rígida en su plano.

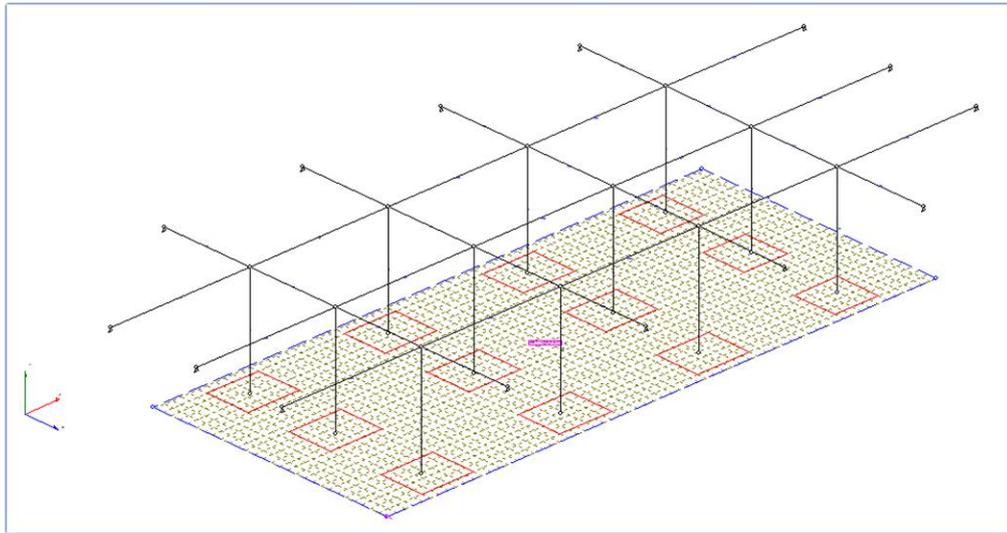


Ilustración 9 Ejemplo de modelización de pórticos y cimentación

Con el modelo anterior se calculan las vigas, los pilares y la solera. Con él se representa el comportamiento una vez construido el depósito, tanto en servicio como frente a la acción sísmica.

Cuando se hace el modelo, no se acostumbra a contemplar las fases constructivas, en concreto no es completo para el caso de las vigas. Del modelo se extraen los esfuerzos con continuidad, que actúan cuando ha fraguado la losa de compresión: peso impermeabilización, placas y sobrecarga, además del sismo. Se añaden los esfuerzos isostáticos derivados de la construcción, fase en la que las vigas deben soportar el peso de todo el forjado antes de su fraguado; estos esfuerzos se añaden directamente, ya que su determinación es inmediata con el empleo de las fórmulas de resistencia de materiales. Por tanto, para los esfuerzos en vigas se han considerado los de la primera fase (isostático) y los de la segunda fase (modelizado con un programa informático de estructuras).

10.5.4 Cubierta.

En el caso de utilizar placas alveolares se puede hallar el canto mínimo según el artículo 7.4.2 del Anejo 19 del Código Estructural. Para seleccionar el tipo de placa en ambiente XD2 (ya que en el interior del depósito hay un contenido importante en cloruros) y con vida útil de 100 años se deberá justificar la estrategia seguida por el fabricante (adición de microsílíce, tipo de cemento, aumento de recubrimiento, contenido en cemento, relación a/c, etc.) y su justificación ante el Estado Límite de durabilidad.

11 EJECUCIÓN DE OBRA CIVIL.

11.1 PROCESO CONSTRUCTIVO.

Un depósito de agua potable no se termina en el momento de su construcción y puesta en funcionamiento. Desde la fase de diseño se tiene que coordinar con las labores de mantenimiento que puede necesitar a lo largo de su vida útil. El coste de operación se puede reducir de forma importante tomando una serie de medidas desde la fase de proyecto y asegurando una correcta ejecución, sobre todo de los detalles constructivos, ya que un error en la fase de obra puede convertirse en un problema de explotación del depósito.

Los aspectos constructivos que se relatan a continuación hacen referencia a la estabilidad del depósito, la impermeabilidad y el diseño del mismo en relación la operación prevista.

En relación con la **estabilidad**, hay que prestar especial atención a:

- Homogeneidad y capacidad portante del terreno sobre el que se construye el depósito.
- Acondicionamiento y excavación del terreno previo a la ejecución de la losa o zapatas de cimentación.
- Drenaje del terreno, de manera que se puedan controlar las posibles fugas del depósito a través de la losa, evitando así lavado de finos de la base y evitar subpresiones que introduzcan esfuerzos no previstos en la estructura.
- Cálculo estructural del depósito frente a las acciones consideradas.

En relación con la **impermeabilidad**, debe garantizarse la imposibilidad tanto de alterar la calidad del agua retenida en el vaso como de la pérdida de volumen. Se trata de conseguir un depósito que mantenga el agua, no una fuente. Para ello, deberá prestarse atención a:

- Garantía de la cimentación frente a asentamientos en la fase de explotación o movimientos por retracción del hormigón en la fase de ejecución.
- Ejecución de juntas de dilatación, impermeabilización y constructivas.
- Impermeabilización del vaso en cuanto al tipo de material empleado, espesores o empleo de aditivos (morteros).

En relación con el **diseño de la operación prevista**, se deberán atender los siguientes aspectos:

- Economía de la explotación.
- Organización lógica en cuanto a entradas y salidas de caudal del depósito.
- Equipamiento electromecánico y de control.

- Asilamiento frente a acciones exteriores (antivandalismo, antiintrusismo, desplazamientos de ladera, caída de terraplenes...).
- Aislamiento térmico.
- Limpieza del depósito (pendiente en solera, ventilación...).
- Impacto ambiental (paisajístico, territorio, estética...).

11.2 DE LA EXCAVACIÓN.

El **método de ejecución secuencial** desde los cimientos hacia arriba es el método constructivo tradicional. Consiste en la excavación a cielo abierto, formación de la solera, levantamiento de los muros y pilares, y finalmente la ejecución de la cubierta.

Los condicionantes del entorno del depósito determinarán si el método de excavación ha de ser en talud o mediante pantallas:

- La excavación en talud supone una mayor ocupación de superficie de la obra, cuya secuencia constructiva sería como la tradicional anteriormente mencionada.
- La excavación con pantallas supone una alteración de la secuencia de ejecución, ya que lo primero que se ejecutan son los muros en forma de pantallas perimetrales, similar a un aparcamiento subterráneo.

Además, en la **planificación de la obra** habrá que tener en cuenta posibles desvíos de tráfico, comprobar la presencia de servicios y estructuras que puedan afectar, seguimiento topográfico constante, interacciones con la superficie para su posterior operación (cámara de válvulas, accesos, ventilación, extracción y mantenimiento de equipos, evaluación de cargas sobre la cubierta...).

11.3 DE LAS FISURAS Y ESTANQUEIDAD DEL DEPÓSITO.

En estructuras de hormigón armado suele ser inevitable la aparición de **fisuras**, que no suponen inconveniente a su normal utilización, siempre que se limite su abertura máxima a valores compatibles con las exigencias de durabilidad, funcionalidad, estanqueidad y apariencia.

En el caso de depósitos de hormigón armado, se confía en la propia estructura para garantizar la impermeabilidad del depósito, sin necesidad de recurrir a productos impermeabilizantes que, en cualquier caso, actuarían como comodín. Si se desprecia su función en caso de emplearlos, se estaría del lado de la seguridad. En estas circunstancias, se cubren dos objetivos:

- Garantizar la impermeabilidad del depósito.
- Aprovechar su función resistente intrínseca.

Por tanto, esta condición determina el diseño del depósito, incidiendo en varios aspectos:

- Con objeto de garantizar la impermeabilidad, resulta necesario analizar exhaustivamente la evolución y control de la fisuración, desde el punto de vista del cálculo estructural, limitando la abertura de fisura a valores del orden de 0,1 mm. Esto condiciona el espesor y armado de los distintos elementos, con el fin de conseguir que la tensión en el acero en el Estado Límite de Servicio sea del orden de 1.100-1.200 kp/cm², muy inferior al límite elástico.
- Para evitar que las dilataciones y contracciones de la cubierta introduzcan esfuerzos en los muros perimetrales, pudiendo llegar a fisurarlo, se deberá proyectar la cubierta simplemente apoyada en éstos mediante placas alveolares, por lo que el funcionamiento estructural de los muros será en ménsula (funcionamiento unidimensional de los muros perimetrales, ya que su longitud es muy superior a la altura).
- Con el fin de evitar que las deformaciones reológicas del hormigón fisuren los muros del depósito, en el caso de depósitos de gran longitud (losas mayores de 30 m), se propone un proceso constructivo encaminado a que la mayor parte de estas deformaciones se produzcan durante la ejecución, sin introducir esfuerzos adicionales en la estructura. Los esfuerzos se producen por retracción del hormigón, dado que se suelen emplear cementos con clase de exposición ambiental XD2, con riesgo de corrosión de armaduras por presencia de cloruros, según el del Código Estructural .
- El control de este tipo de fisuras se realiza disponiendo las cuantías geométricas mínimas de armadura indicadas en el apartado 19.9 del Código Estructural, para controlar la fisuración en elementos fraccionados, impuesta por la retracción del hormigón.
- Aunque el recubrimiento nominal mínimo de las armaduras se fije en 45 mm desde el punto de vista estructural, tabla 44.2.1.1.b del Código Estructural, con objeto de garantizar la durabilidad de los elementos situados en el interior del depósito y debido al ambiente agresivo y la experiencia acumulada en la aparición de corrosión de armaduras durante la vida útil del depósito, se fijará un recubrimiento mínimo de 50 mm. Observar fotografías en 5.4.15.

En resumen, esto implica que se produzcan los siguientes atributos:

- Muros trabajando en ménsula

- Forjado simplemente apoyado
- Losa de cimentación con movimiento libre
- Mayores espesores en muros, losa y recubrimientos
- Mejor reparto de la cuantía de acero

La fisuración en los distintos elementos del depósito puede ser debido a dos tipos de acciones:

- Acciones directas: se trataría de la fisuración producida por los empujes hidrostáticos o de tierras a que se ven sometidos los muros. Para controlar estas fisuras (predominantemente horizontales) se procede a dimensionar las distintas secciones críticas del depósito de acuerdo con el Anejo nº 19. Apartado 7.3.2. del Código Estructural.
- Acciones indirectas: fisuración producida por las acciones térmicas y reológicas.

Las estructuras de hormigón armado ejecutadas *in situ* suelen presentar la condición desfavorable de tener que controlar las condiciones de proyecto frente a las de construcción, garantizando que la resistencia real del hormigón ejecutado coincida con la de diseño en el momento de comprobación.

De hecho, para el caso de construcción de depósitos en los que se prevea el uso de algún impermeabilizante interior, se podrá limitar la abertura de fisura a 0,2 mm para fisuras no pasantes (las causadas a flexión). Para elementos que no estén en contacto con el ambiente de cloro se podrá limitar a valores mayores de acuerdo con el ambiente al que estén sometidos.

En cualquier caso, se puede emplear como guía al siguiente gráfico, que limita la abertura de fisura en función de la esbeltez del muro (altura del agua / espesor del muro).

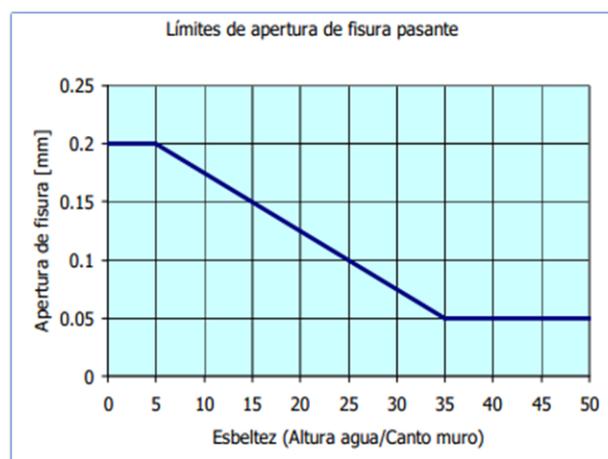


Ilustración 10 Límites de apertura de fisura pasante (fuente: MCT, 2013)

Si estas consideraciones se tradujeran en valor monetario (€), podríamos aproximar unos ahorros de la siguiente manera:

		Ahorro coste estructura		Incremento coste de estructura (MORTEROS)			
				Sólo Muros		Muro + Losa	
		Grande	Pequeño	Grande	Pequeño	Grande	Pequeño
Ajuste de cálculo en	Hormigón	1,5%	3%	3,5%	5,5%	8,5%	10%
	Acero	2,5%	2%				
Ajuste Calidad Hormigón	HA30 a HA25	4%	5%				
RESULTADO		8%	10%				
Coste Estructura s/proyecto				Grande	Pequeño		
				60%	35%		

Ilustración 11 Ahorro de coste de la estructura por ajuste del cálculo estructural, calidad del hormigón e incremento estimado por uso de morteros impermeabilizantes en elementos en contacto con agua

11.4 DE LA PUESTA EN OBRA DEL HORMIGÓN.

La puesta en obra del hormigón requiere una correcta selección de medios y equipos en el manejo del mismo, con el fin de evitar la segregación de áridos. Para ello se tomarán medidas como verterlo en vertical mejor que en ángulo, lentamente y con movimientos suaves de los equipos. En la medida de lo posible se empleará el hormigón bombeado, que supone una mayor velocidad de trabajo, aumento de la producción y aseguramiento de un proceso continuo.

Los hormigones cumplirán todas las condiciones exigidas en el Código Estructural, de manera que el tiempo máximo transcurrido entre la adición de agua al cemento y la puesta en obra sea de 1,5 h. En ningún caso se deberá tolerar la colocación en obra de hormigón con indicios de principio de fraguado.

La dosificación de cemento, áridos y, en su caso, aditivos, se realizará en peso. La dosificación de cada material deberá ajustarse a lo especificado para conseguir una adecuada uniformidad entre amasadas. Los materiales componentes se amasarán de forma tal que se consiga su mezcla íntima y homogénea, debiendo resultar el árido bien recubierto de pasta de cemento. Para conseguir esta homogeneidad en la puesta en obra del hormigón se aplicará el procedimiento indicado en el art. 52 del Código Estructural .

Siempre que en una misma obra se utilicen cementos de distintos tipos será necesario tener presente cuanto se indica en las Instrucciones y Pliego de Condiciones de cada proyecto sobre la incompatibilidad de hormigones fabricados con distinto tipo de conglomerante. En general, los hormigones se tipificarán de acuerdo con el siguiente formato:

T-R/C/TM/A,

donde:

T Indicativo que será HM en el caso de hormigón en masa, HA en el caso de hormigón armado y HP en el pretensado.

R Resistencia característica especificada, en N/mm².

C Letra inicial del tipo de consistencia, tal y como se define en el artículo 33.5 del Código Estructural.

TM Tamaño máximo del árido en milímetros, definido en el artículo 30.3 del Código Estructural.

A Designación del ambiente, de acuerdo con el art. 27.1.a del Código Estructural.

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	Clase de exposición						Clase de exposición						Clase de exposición							
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	XM1	XM2
Máxima relación agua/cemento	Masa	0,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,55	0,50	0,55	0,50	0,50	0,50	0,45	0,50	0,50	0,50
	Armado	0,65	0,60	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,45	0,50	0,50	0,55	0,50	0,55	0,50	0,50	0,50	0,45	0,50	0,50	0,50
	Pretensado	0,60	0,60	0,60	0,55	0,55	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,50	0,45	0,50	0,50	0,45	0,45	0,50	0,50
Contenido mínimo de cemento (kg/m ³)	Masa	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	275	300	275	300	275	300	325	300	300	300
	Armado	250	275	275	300	300	300	325	350	325	325	325	300	325	300	325	325	350	350	325	325
	Pretensado	275	300	300	300	300	300	325	350	325	325	325	300	325	300	325	325	350	350	325	325

Tabla 13 Máxima relación agua/cemento y mínimo contenido de cemento (Fuente: Código Estructural)

Asimismo, la resistencia mínima del hormigón deberá ser compatible con los requisitos de durabilidad:

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	Clase de exposición						Clase de exposición						Clase de exposición							
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	XM1	XM2
Resistencia característica (N/mm ²)	Masa	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	30	30	30	30	30	35	30	30	30
	Armado	25	25	25	30	30	30	30	35	30	30	30	30	30	30	30	30	35	30	30	30
	Pretensado	25	25	25	30	30	30	35	35	35	35	35	30	30	30	30	30	35	35	30	30

Tabla 14 Resistencia mínima del hormigón (Fuente: Código Estructural)

11.5 DE LA COMPACTACIÓN Y EL CURADO DEL HORMIGÓN.

Una inadecuada compactación del hormigón en obra puede conducir a defectos que sean indetectables en los ensayos para determinar la resistencia característica a compresión. Sin embargo, esta mala compactación puede alterar significativamente la permeabilidad del depósito, principal objetivo de este apartado.

Por lo tanto, la vibración para la compactación se debe realizar en todas las zonas del elemento que se hormigona, sobre todo en los fondos y esquinas. El proceso de compactación se prolongará hasta que refluya la pasta (la "meli") a la superficie y deje salir el aire ocluido, susceptible de formar coqueras. De esta manera se conformará una masa cerrada y no segregada.

Asimismo, respecto al curado, se deben tomar las medidas necesarias para permitir la hidratación del cemento, previniendo la pérdida de humedad del hormigón debido a la reacción exógena del agua y el cemento. En las primeras edades del hormigón habrá que suministrar humedad y mantener la temperatura en la medida de lo posible (con arpilleras, arena, paja...). Las operaciones más frecuentes para dar humedad al hormigón son el riego directo (evitando el deslavado), inundación, nebulización, aspersión, etc.

11.6 DE LOS ADITIVOS PARA MORTEROS Y HORMIGONES.

Se denomina aditivo para mortero y hormigón a un material diferente del agua, de los áridos y del conglomerante, que se utiliza como ingrediente del mortero u hormigón y es añadido a la mezcla inmediatamente antes o durante el amasado, con el fin de mejorar o modificar algunas propiedades del hormigón fresco, o de ambos estados del hormigón o mortero. Todos los aditivos químicos han de ser de marca reconocida y solventes suficientemente experimentadas en las obras.

Antes de emplear cualquier aditivo, la Dirección Facultativa podrá exigir la comprobación de su comportamiento mediante ensayos de laboratorio, utilizando la misma marca y tipo de conglomerante, y los áridos procedentes de la misma cantera o yacimiento natural que haya de utilizarse en la ejecución de los hormigones de las obras.

A igualdad de temperatura, la densidad y viscosidad de los aditivos líquidos o de sus soluciones o suspensiones en agua serán uniformes en todas las partidas suministradas. No se permitirá el empleo de aditivos en los que, mediante análisis químicos se encuentren cloruros, sulfatos o cualquier otra materia nociva para el hormigón, ya que favorecería la corrosión de las armaduras y la degradación del propio hormigón por ataque químico.

11.7 DE LOS ACEROS.

El acero en redondos que constituye las armaduras cumplirá las condiciones que marca el vigente Código Estructural. Las barras no presentarán grietas, solapes ni mermas. Asimismo, no será preciso practicar ensayos de material en las obras, bastando para los de carácter público la constancia de un certificado de laboratorio oficial y de la empresa fabricante del acero, indicando la colada a la que pertenecen las partidas suministradas para las obras. En obras se realizará siempre el ensayo de plegado según UNE 36.088-1:1988, comprobando que no se aprecian fisuras ni pelos tras el ensayo.

La elaboración de la ferralla comprende el despiece, enderezado, corte y doblado de la misma. Posteriormente se atan y sueldan (soldadura no resistente) las armaduras para finalmente colocarlas en obra. En el tajo resulta necesario atarlas entre sí, con el fin de evitar posibles desplazamientos en las operaciones de vertido y compactación del hormigón, de manera que mantengan su posición definitiva según los planos de proyecto.

De acuerdo con lo especificado en el artículo 43.4 del Código Estructural en relación con los recubrimientos de las armaduras en aras de garantizar la durabilidad de la estructura, se instalarán unos separadores que así lo aseguren.

Asimismo, en relación con las longitudes de solape para empalme de armaduras se estará a lo dispuesto en los art. 49.5 del Código Estructural.

11.8 DE LOS ENLUCIDOS.

Los enlucidos sobre hormigones se realizarán tan pronto como sea posible una vez desencofrados los paramentos, procediendo primeramente a humedecer la superficie y, acto seguido, a tender y comprimir el mortero con llanas metálicas con la mayor regularidad posible.

La mezcla del mortero podrá realizarse manual o mecánicamente, en el primer caso se hará sobre un piso impermeable. El cemento y la arena se mezclarán en seco hasta conseguir un producto homogéneo de color uniforme. A continuación, se añadirá la cantidad de agua estrictamente necesaria para que, una vez batida la masa, tenga la consistencia adecuada para su aplicación en obra.

Solamente se fabricará el mortero preciso para uso inmediato, rechazándose todo aquel que haya empezado a fraguar y el que no haya sido empleado dentro de la siguiente hora posterior a su amasado.

Si es necesario poner en contacto el mortero con otros morteros y hormigones que difieran de él en la especie del cemento, se evitará la circulación de agua entre ellos, bien mediante una capa intermedia muy compacta de mortero fabricado con cualquiera de los dos cementos, bien esperando que el mortero y hormigón primeramente fabricado esté seco, o bien impermeabilizado superficialmente en mortero más reciente. En cualquier caso, el enlucido hidrófugo se hará en dos capas, con un espesor total no inferior a doce (12) milímetros.

Cuando haya de interrumpir el trabajo, se picarán y humedecerán, al reanudarlo, las partes contiguas para tener una unión perfecta. Después de fraguado el mortero, se mantendrán los enlucidos constantemente húmedos, repasándolos con llanas no metálicas hasta que, a juicio de la Dirección Facultativa, no haya riesgo de aparición de fisuras. Hasta su total endurecimiento, los enlucidos deberán protegerse del sol y de las heladas.

11.9 DE LA EJECUCIÓN DE LA LOSA DE CIMENTACIÓN.

Con objeto de tratar de reducir la coacción frente a movimientos horizontales que introduce el terreno natural, la **losa de cimentación** se ejecutará sobre una cama de arena de espesor mínimo 10 cm. De esta forma se podrá permitir la libre retracción de la losa, evitando introducir esfuerzos de rozamiento en la estructura. Para ello, se hormigonará en una única fase, debiendo curarse enérgicamente, durante al menos una semana, manteniéndose su superficie húmeda (mediante el empleo de aspersores, inundación...) las 24 horas del día.



Imagen 91 Excavación en talud y base de arena para apoyo de losa de cimentación



Imagen 92 Ejecución de drenaje bajo losa de cimentación



Imagen 93 Ejecución de losa de cimentación

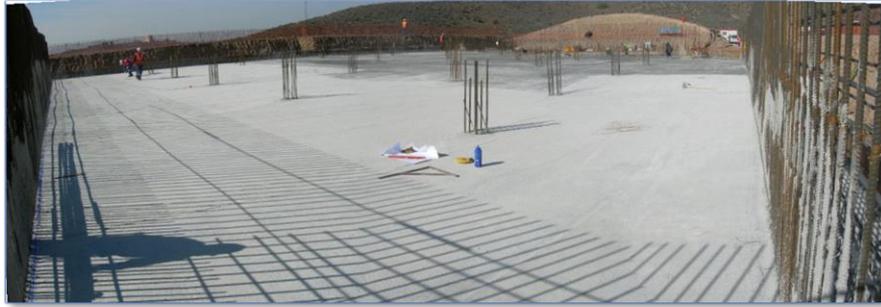


Imagen 94 Ejecución de losa de cimentación



Imagen 95 Ejecución de losa de cimentación



Imagen 96 Ejecución de losa de cimentación



Imagen 97 Ejecución de losa de cimentación

11.10 DE LA EJECUCIÓN DE LOS MUROS.

En cuanto a los **muros**, en las figuras siguientes se facilitan unas propuestas de descomposición en “paneles”, así como su orden de ejecución (cada número hace referencia a un plazo mínimo del orden de una semana). De esta manera, cada panel retraerá independientemente sin introducir tensiones en el adyacente, ya que se ejecutan en tiempos distintos, consiguiendo así la aparición de fisuras de retracción que puedan causar problemas de permeabilidad.

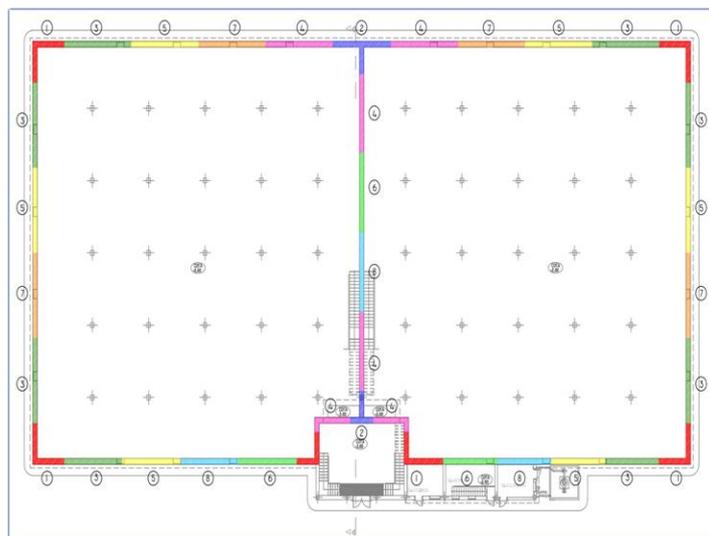


Imagen 98 Ejemplo de ejecución por paneles. Dpto. Nueva Condomina (12.200 m³; 74x36x6 m; Churra – Murcia)

Cada uno de estos paneles se hormigonará en una única fase (sin dejar juntas horizontales de hormigonado), debiendo disponerse una junta elástica de PVC (“Water stop”) en las juntas verticales de hormigonado sin interrumpir la armadura horizontal.

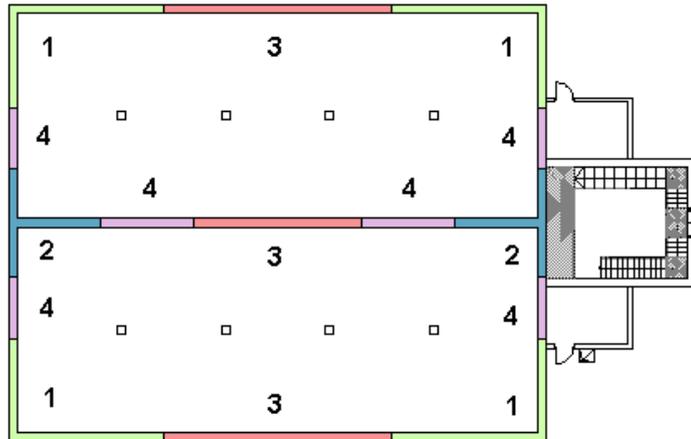


Imagen 99 Ejemplo de ejecución por paneles. Dpto. La Ermita
(2.000 m³; 25x21x5 m; Sangonera La Verde– Murcia)

Este proceso constructivo constituye únicamente una propuesta correspondiendo a la Dirección Facultativa adaptarlo a la realidad de la obra, valorando la incidencia de su modificación en el control de la fisuración por acciones indirectas.

Es obvio que habrá que prestar especial atención al sellado de los agujeros donde se alojan los espaldines que fijan los encofrados para la ejecución de los muros, ya que este olvido suele ser motivo de detección de fugas en el depósito.



Imagen 100 Ejecución de muros por paneles (Dpto. Nueva Condomina)



Imagen 101 Ejecución de muros por paneles (Dpto. Nueva Condomina)



Imagen 102 Ejecución de muros por paneles (Dpto. La Ermita)



Imagen 103 Ejecución de muros por paneles (Dpto. La Ermita)



Imagen 104 Ejecución de muros por paneles (Dpto. La Ermita)



Imagen 105 Ejecución de muros por paneles (Dpto. La Ermita)



Imagen 106 Ejecución de muros por paneles (Dpto. La Ermita)

11.11 DE LA EJECUCIÓN DE JUNTAS.

Una **junta hidrófila** se define como un perfil elastómero extruido, a base de materiales hidrófilos, que expanden en contacto con el agua. Debido a su poder expansivo se rellenan las irregularidades de la junta asegurando la impermeabilización de la misma.

Durante su instalación se deberá asegurar que el soporte debe estar sano, limpio exento de partículas sueltas o mal adheridas, así como de grasas aceites, pinturas y lechadas superficiales. Una vez realizada la limpieza se procederá a la aplicación de un adhesivo de contacto a base de cloropreno, resinas sintéticas y disolventes orgánicos. El perfil elastómero se colocará presionando ligeramente hasta asegurar que se halla en la posición correcta.

En la utilización de perfiles elastómeros en juntas de construcción el hormigón debe cubrir el perfil en al menos 10 cm, para prevenir fisuras debido a la expansión del perfil. La profundidad de la acanaladura debe ser siempre menor que el espesor del perfil de, aproximadamente, el 110% de la profundidad de la acanaladura para asegurar el sellado inicial. El perfil no debe entrar en contacto con agua antes de la puesta en servicio de la junta.

Una **junta water-stop** se define como una cinta flexible de cloruro de polivinilo para la estanqueidad de juntas de dilatación o de hormigonado. Las cintas están constituidas por materiales flexibles a base de cloruro de polivinilo, con diferentes secciones y dimensiones en función de su colocación y solicitaciones a las que va a estar sometidas. Las cintas se utilizan como barreras impermeables al agua en juntas de dilatación u hormigonado situándose dentro de los encofrados previamente al vertido del hormigón fresco, quedando embebido en este.

La instalación de este tipo de juntas se hace por medio de grapas especiales colocadas a lo largo de las pestañas semicirculares de los extremos. De esta forma se facilita su fijación antes y durante el

hormigonado. Estas grapas tienen 30 mm de largo y se pueden fijar a redondos hasta 13 mm de diámetro. También pueden utilizarse alambres que se pasarán por las grapas atándose a las armaduras.

Para que las cintas cumplan perfectamente su función es condición imprescindible que las alas queden totalmente embebidas y ancladas en el hormigón. La acumulación de árido grueso en los alrededores de la cinta es perjudicial. Por el contrario, un hormigón con árido fino asegura un perfecto contacto con la cinta, consiguiendo la máxima estanqueidad. Debe tenerse por tanto el mayor cuidado posible en el hormigonado de las zonas que rodean a la cinta. El hormigonado no debe ser demasiado plástico ni excesivamente seco, debiendo ser muy meticulosa su colocación y vibrado



Imagen 107 Ejecución de juntas muro-losa (water-stop e hidrófila doble en muro divisorio)



Imagen 108 Ejecución de juntas entre paneles verticales perimetrales (water-stop e hidrófila hacia el paramento exterior)



Imagen 109 Ejecución de juntas entre paneles verticales perimetrales (water-stop e hidrófila hacia el paramento exterior)



Imagen 110 Ejecución de juntas entre paneles verticales (water-stop e hidrófila doble)

11.12 DE LAS CUBIERTAS.

La placa alveolar pretensada es un panel de hormigón pretensado, con canto constante, aligerado mediante alveolos longitudinales. Lateralmente la placa para forjado presenta un perfil longitudinal diseñado de modo que al adosar las placas quedan en contacto por el borde inferior, achaflanando para mejorar el aspecto de la unión, mientras que en el borde superior quedan separadas para permitir el macizado con hormigón de la junta, asegurando así el monolitismo del paño y la formación de una llave que solidarice las placas.

Las alveoplacas se fabrican con hormigones de altísima calidad, muy secos y con las altas resistencias especificadas en su autorización de uso. Los forjados realizados con elementos constituidos por losas alveolares pretensadas, prefabricados en instalación industrial fija exterior a la obra diseñados para soportar cargas habituales en el campo de la edificación, deberán cumplir las normas y condiciones especificadas para elementos prefabricados de hormigón en el Código Estructural.

El fabricante de elementos prefabricados con función resistente para forjados debe poseer la Autorización de Uso para sus sistemas, concedida por la autoridad competente, de acuerdo con las disposiciones específicas sobre la materia, sobre una ficha de características técnicas, que contiene datos relevantes para el cálculo, la ejecución y el control del forjado.

En la cubierta se suele verter hormigón tanto para alojar la armadura de negativos como para el cierre de juntas. El hormigón vertido en obra tanto en la losa superior como en el relleno de nervios o juntas cumplirá las condiciones especificadas en el Código Estructural, siendo su resistencia característica la indicada en el proyecto de ejecución, y no será menor que la indicada en la Autorización de Uso. Se desaconseja empleo de hormigones no fabricados en central debido a las dispersiones en la calidad del hormigón a que habitualmente conduce este sistema de fabricación. En caso de utilizarse convendrá

extremar las precauciones en la dosificación, fabricación y control, que se ha de realizar de acuerdo con lo especificado en el apartado 51 del Código Estructural.

Para seleccionar el tipo de placa en ambiente clase XD2 (ya que en el interior del depósito hay un contenido importante en cloruros) y con vida útil de 100 años se deberá justificar la estrategia seguida por el fabricante (adición de microsílíce, tipo de cemento, aumento de recubrimiento, contenido en cemento, relación a/c, etc.) y su justificación ante el Estado Límite de durabilidad.

Para la ejecución se seguirán las instrucciones indicadas por cada fabricante para la manipulación, a mano o con medios mecánicos, de las viguetas y losas alveolares pretensadas. Si alguna resultase dañada afectando a su capacidad portante deberá desecharse.

Las losas alveolares pretensadas se apilarán limpias sobre durmientes, que coincidirán en la misma vertical, con vuelos, en su caso, no mayores que 0,50 m, ni alturas de pilas superiores a 1,50 m, salvo que el fabricante indique otro valor.

Se dispondrán durmientes de reparto para el apoyo de los puntales. Si los durmientes de reparto descansan directamente sobre el terreno, habrá que cerciorarse de que no puedan asentar en él. Asimismo, los puntales se arriostrarán en las dos direcciones, para que el apuntalado sea capaz de resistir los esfuerzos horizontales que puedan producirse durante la ejecución de los forjados.

En caso de forjados de peso propio mayor que 3 kN/m^2 o cuando la altura de los puntales sea mayor que 4 m, se realizará un estudio detallado de los apuntalados, que figurará en el proyecto.

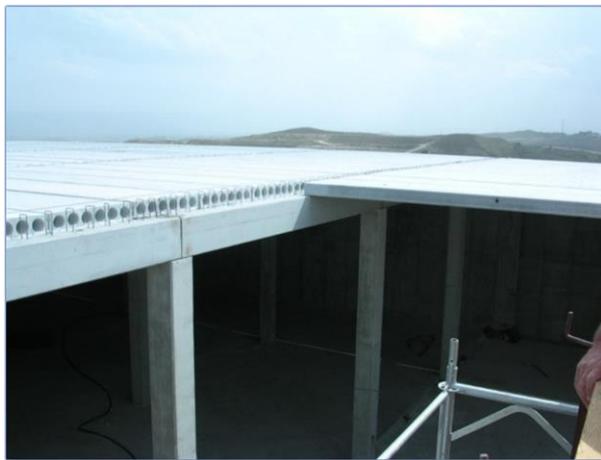


Imagen 111 Ejecución de cubierta con placas alveolares



Imagen 112 Ejecución de cubierta con placas alveolares



Imagen 113 Ejecución de cubierta (armado de negativos)



Imagen 114 Impermeabilización y aislamiento térmico de cubierta (tela asfáltica)



Imagen 115 Impermeabilización y aislamiento térmico de cubierta (tela asfáltica)



Imagen 116 Impermeabilización y aislamiento térmico de cubierta (porexpan)



Imagen 117 Ejecución de cubierta (limahoyas y limatesas)



Imagen 118 Impermeabilización y aislamiento térmico de cubierta (tela asfáltica)



Imagen 119 Impermeabilización y aislamiento térmico de cubierta (tela asfáltica)

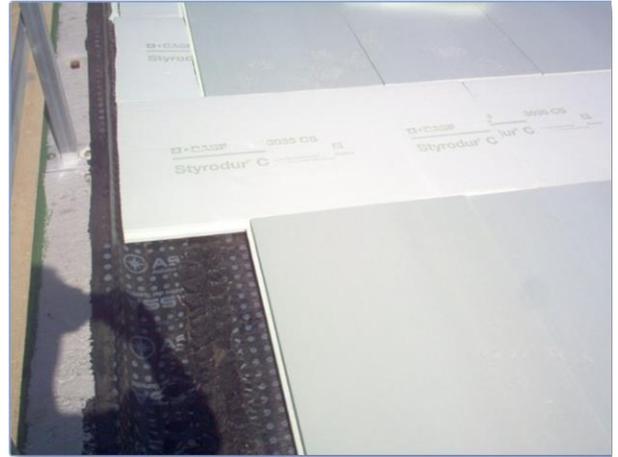


Imagen 120 Impermeabilización y aislamiento térmico de cubierta (porexpan)



Imagen 121 Impermeabilización y aislamiento térmico de cubierta (geotextil y grava sobre porexpan)



Imagen 122 Impermeabilización y aislamiento térmico de cubierta (terminación)

11.13 DEL INTERIOR DEL DEPÓSITO.

La adecuada ejecución del interior del depósito determinará la capacidad funcional, sobre todo en relación con la fase de explotación. Los puntos a tener en cuenta serán:

- Inocuidad de los materiales en relación con el agua potable, de manera que no migren componentes que puedan mermar la calidad del producto. De hecho, de acuerdo con la norma ISO 22000, el agua se considera un producto alimentario.
- Pendientes en solera para facilitar la limpieza del depósito, ejecutadas con hormigón en masa.

- Sellado de encuentros ortogonales de la estructura (muro-losa, pilares-losa...), ya que se trata de zonas donde se puede producir filtración y acumulación de esfuerzos.
- Posible aplicación de revestimientos interiores impermeabilizantes que, además de aumentar la durabilidad, también mejoran la impermeabilidad y la no proliferación de microorganismos (al disminuir la porosidad superficial). Este tipo de protecciones deberán cumplir con las disposiciones que la normativa sanitaria establece para los depósitos de agua potable (Real Decreto 3/2023), ya que no deben interactuar con el agua manteniendo sus propiedades de adherencia a los paramentos verticales y durabilidad.



Imagen 123 Interior del vaso: replanteo para ejecución de pendientes



Imagen 124 Interior del depósito: ejecución de pendientes y curado del hormigón



Imágenes 125 Interior del depósito: detalle de ejecución de encuentros (medias cañas) con mortero de base mineral entre elementos ortogonales





Imagen 126 Interior del depósito: ejecución de escalera de acceso en hormigón armado, inocuo al contacto con agua potable

11.14 DE LA IMPORTANCIA DE LOS DETALLES CONSTRUCTIVOS.

Una vez que se ha diseñado estructuralmente el depósito, dimensionando las secciones ya las armaduras de los distintos elementos del depósito, habrá que definir los detalles constructivos que permitan confirmar las hipótesis de cálculo. Los detalles más comunes suelen ser:

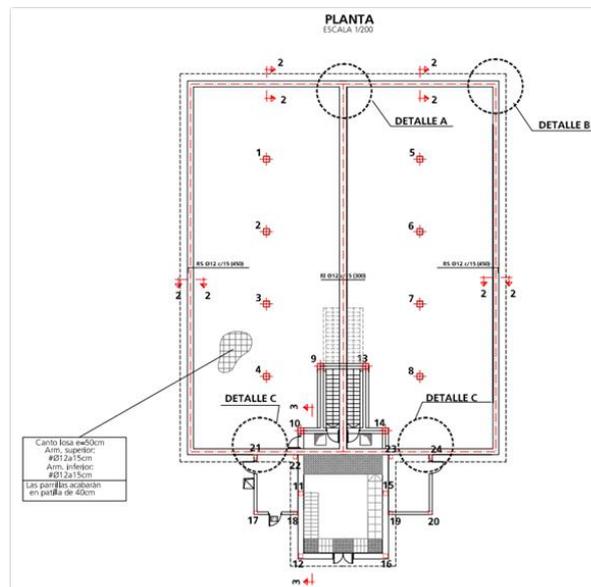


Imagen 127 Plano de planta del depósito

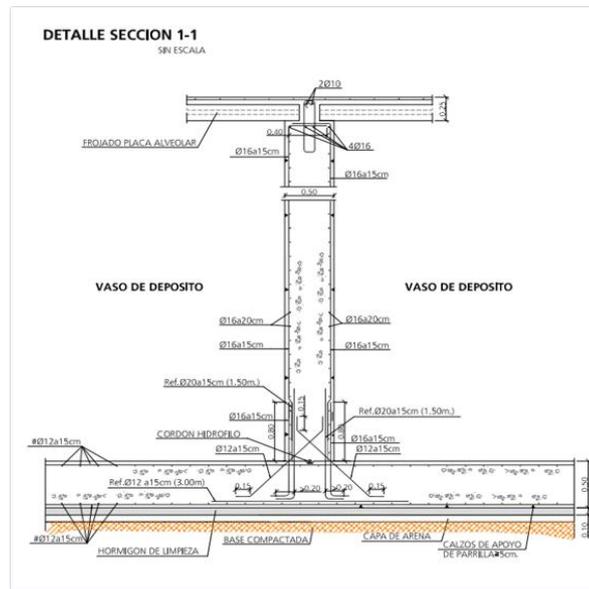


Imagen 128 Detalle de arranque de muros perimetrales y solera: muro central

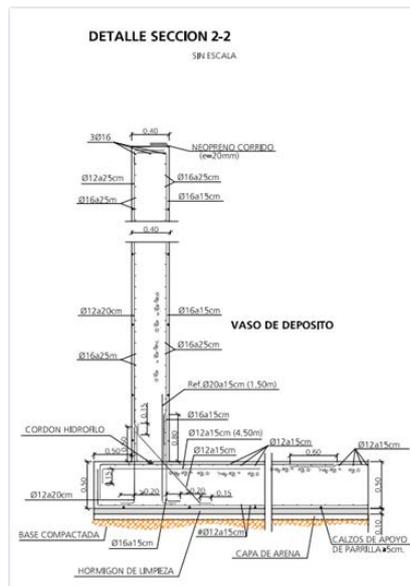


Imagen 129 Detalle de arranque de muros perimetrales y solera: muro perimetral

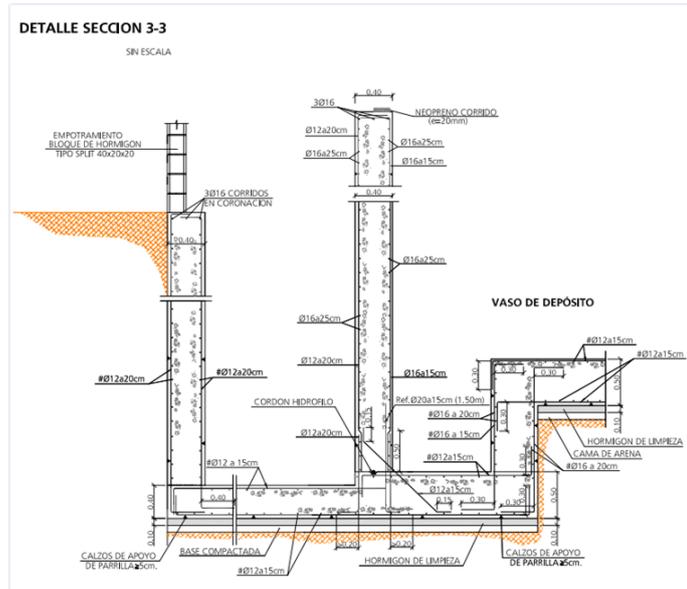


Imagen 130 Detalle de arranque de muros perimetrales y solera: muro de cámara de llaves

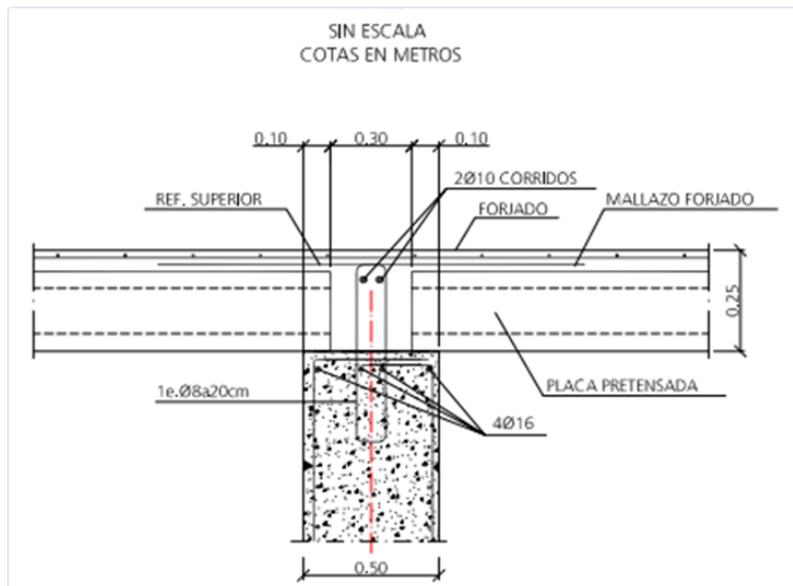


Imagen 131 Detalle de apoyo de forjado en muro divisorio de vasos

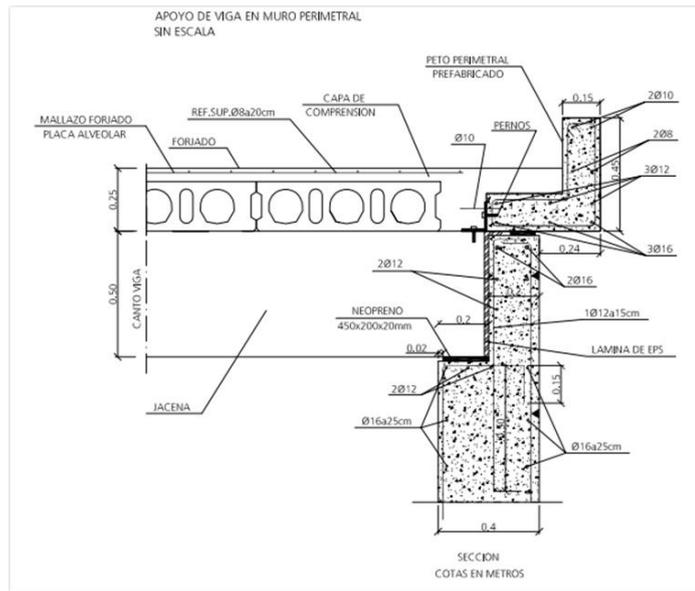


Imagen 132 Detalle de apoyo de forjado en muro perimetral

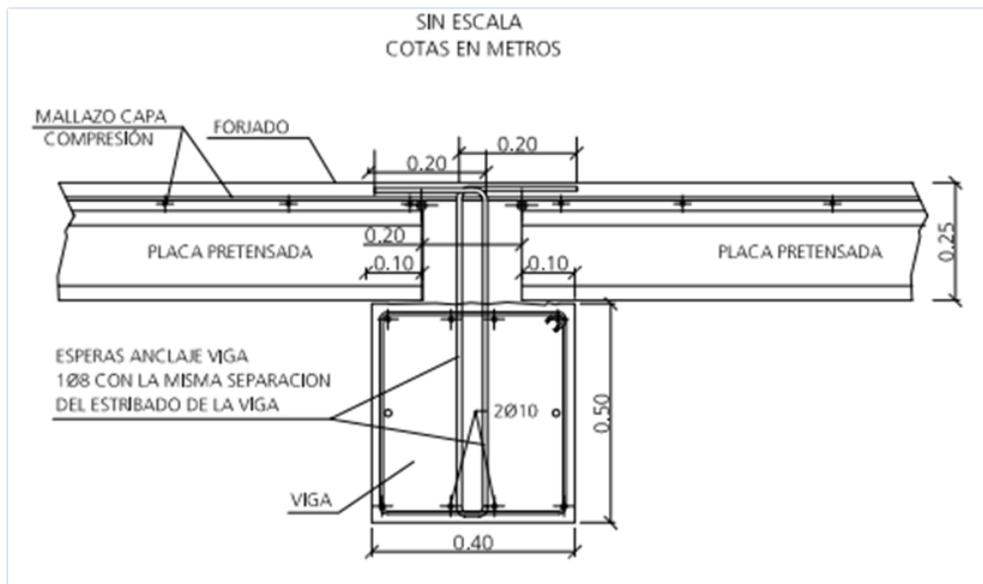


Imagen 133 Detalle de apoyo de forjado en vigas de pórticos entre pilares

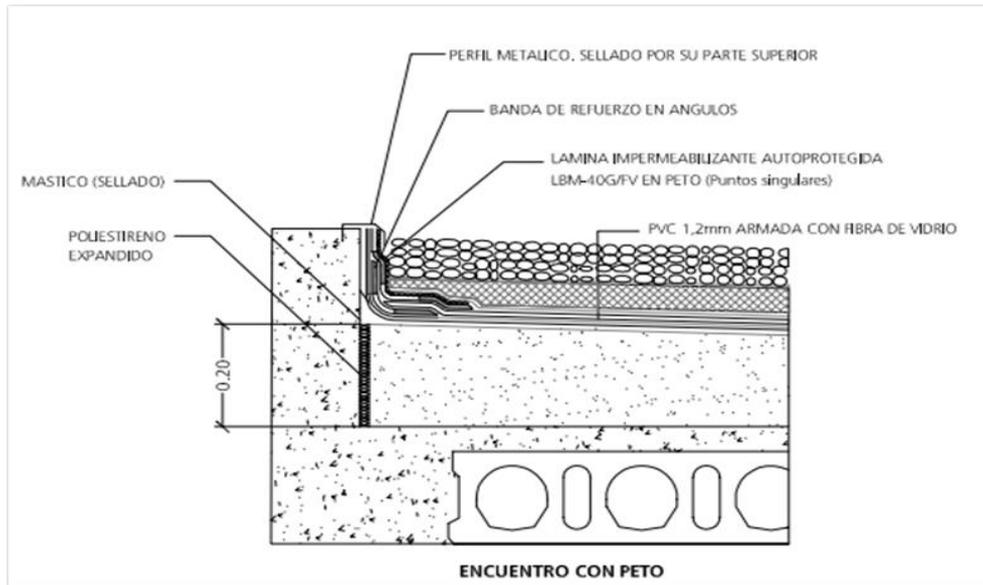


Imagen 134 Detalle de sección transversal de cubierta no transitible

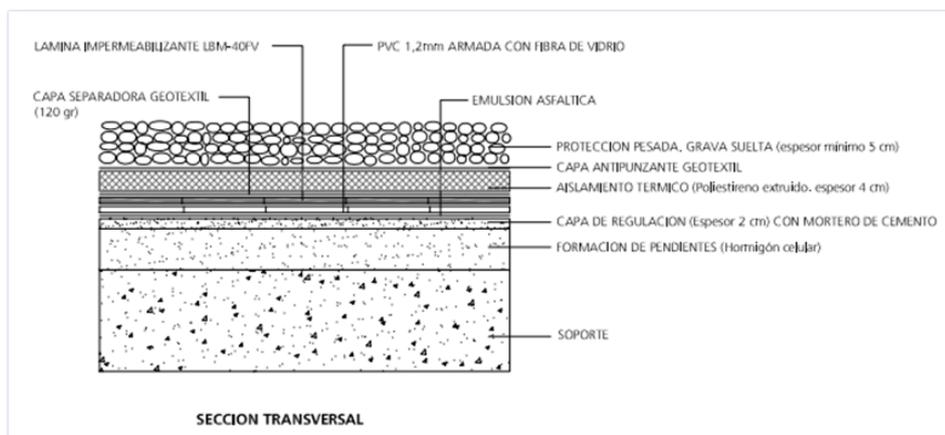


Imagen 135 Detalle de sección transversal de cubierta no transitible

11.15 DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO ESTRUCTURAL DEL DEPÓSITO.

Las actividades relacionadas con el mantenimiento de la estructura se incorporan al **Sistema de Gestión de la Estructura** dentro de un contexto general más amplio. Con el fin de organizar las tareas de mantenimiento, el capítulo 15 del Código Estructural plantea el siguiente esquema de los pasos a seguir en la fase de explotación de la infraestructura. No obstante, el sistema de gestión es aplicable a cualquier construcción de hormigón en cada servicio.

- Historia “clínica” de la estructura: descripción de la estructura, clase de exposición de sus elementos, documentación de la obra (proyecto, incidencias de obra, informes de inspecciones, proyectos de reparación...), vida útil considerada, puntos críticos, periodicidad de las inspecciones, etc.

- Sintomatología y diagnóstico: inspecciones especiales, auscultación (toma de muestras, ensayos, prueba de carga...), determinación del nivel de seguridad estructural y vida útil residual.

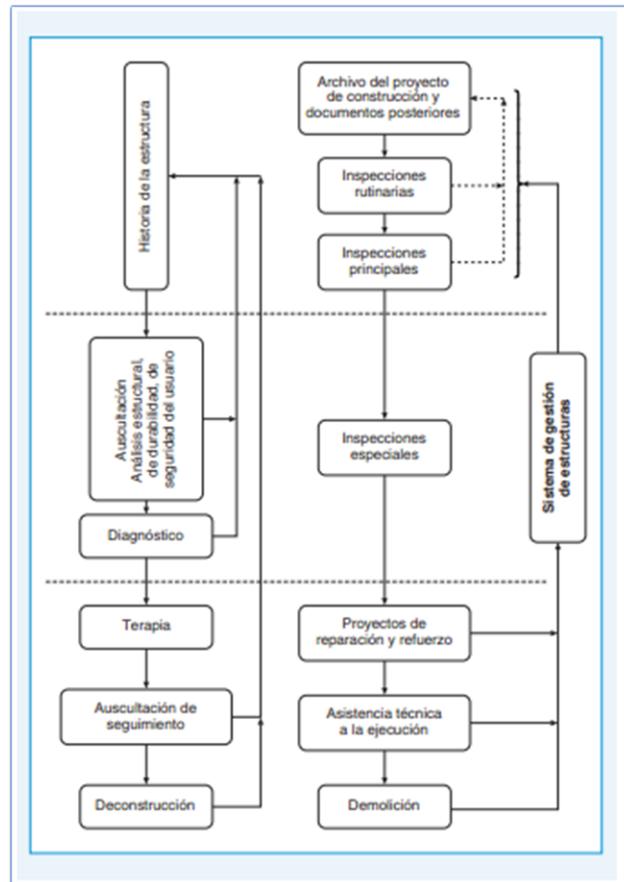


Ilustración 12 Sistema de Gestión de la Estructura (fuente: art. 103.2 EHE-08)

La realización de proyectos de reparación y refuerzo exige que se hayan cubierto las etapas anteriores, en la medida en que un acertado diagnóstico supone una garantía del éxito de la solución terapéutica propuesta en la reparación.

La valoración del estado de las estructuras es una cuestión de gran complejidad que requiere el establecimiento de criterios de la máxima objetividad posible, de equipos especialistas bien formados y de una continuidad en el tiempo que permita detectar la velocidad de los cambios en el nivel de deterioro o de prestaciones de la estructura. Como ejemplo, en el caso de los depósitos de agua potable, se pueden citar los casos de fisuras y corrosión de las armaduras:



Imagen 136 Fisura transversal en depósito de agua potable



Imagen 137 Detalle de fisura transversal en depósito de agua potable: ausencia de continuidad de armadura, aunque presencia de junta wáter stop



Imágenes 138 Otros ejemplos de fisura transversal en depósito de agua potable



Imagen 139 Corrosión de armaduras en pilar y expulsión de recubrimiento de hormigón

La **frecuencia de las inspecciones de mantenimiento** dependerá de una serie de criterios según el tipo de estructura:

- **Frecuencia 2-5 años:** estructuras cuyo fallo compromete la seguridad del público en general o puede generar grandes pérdidas económicas.
- **Frecuencia 5-10 años:** estructuras cuyo fallo compromete la seguridad de personas, pero no del público en general, o puede generar pérdidas económicas apreciables.
- **Frecuencia 10-20 años:** estructuras no incluidas en los niveles anteriores.

La coherencia de los criterios anteriores se centra en estructuras que cada servicio considere importante por sí misma, comprobando periódicamente que las mismas mantienen sus características funcionales. Ello dará como resultado que se determinen y asignen, a lo largo de la vida útil de la estructura, las técnicas de mantenimiento adecuadas y las medidas de reparación de los posibles daños aparecidos.

No obstante, coincidiendo anualmente con las labores de limpieza y desinfección de los depósitos de agua potable, se puede realizar la inspección y auscultación de la estructura, confirmando el correcto funcionamiento de los elementos, así como de los equipos electromecánicos. A partir de los resultados obtenidos se pueden establecer programas de rutina y mantenimiento preventivo para cada depósito, prestando especial atención a:

- Fisuración.
- Corrosión.

- Formación de hielo.
- Envejecimiento de los materiales de sellado.
- Aspecto de los paramentos exteriores.

A los efectos de las estructuras existentes, los deterioros objeto de reparación se pueden clasificar en dos grandes grupos:

a) Deterioros y daños producidos por los procesos de degradación del propio hormigón: acciones mecánicas, físico-ambientales, químicas, etc.

b) Deterioros producidos por la corrosión de las armaduras, fundamentalmente asociados a la carbonatación del hormigón o a la presencia de cloruros.

En la siguiente imagen se muestra una clasificación de los daños y deterioros que pueden encontrarse en las estructuras existentes de hormigón. Se asocia la palabra “deterioro” a la degradación progresiva del material, consecuencia de su envejecimiento, del uso o de la agresividad medioambiental. Por “daño” se asocia a una causa accidental como, por ejemplo, un impacto, sismo, etc.

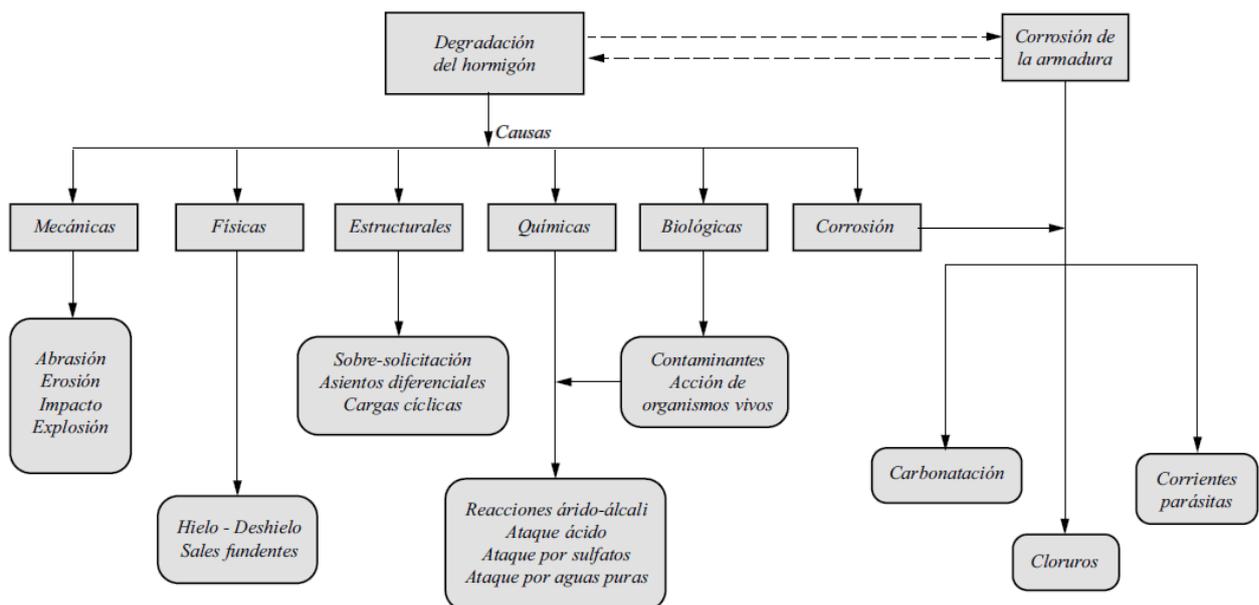


Ilustración 13 Clasificación sinóptica de los daños y deterioros en estructuras de hormigón. (Fuente: Código Estructural, 2021)

12 ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Altura de agua recomendable según CEDEX.....</i>	<i>8</i>
<i>Tabla 2 Tipos de acero (Fuente: Código Estructural)</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 3 Tipos de armadura (Fuente: Código Estructural)</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 4 Coeficientes parciales de seguridad (Fuente: Código Estructural)</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 5 Espesores y áreas de referencia de las cuantías mínimas geométricas.....</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 6 Diámetro máximo de las barras (Fuente: Código Estructural 2021, tabla A19.7.2)</i>	<i>103</i>
<i>Tabla 7 Separación máxima de las barras (Fuente: Código Estructural 2021, tabla A19.7.3).....</i>	<i>103</i>
<i>Tabla 8 Dosificación en función del tipo de hormigón y la clase de exposición (Fuente: Código Estructural 2021) ..</i>	<i>106</i>
<i>Tabla 9 Ancho de fisura en función de la clase de exposición (Fuente: Código Estructural 2021).....</i>	<i>107</i>
<i>Tabla 10 Límites apertura de fisura (Fuente:MCT,2013)</i>	<i>107</i>
<i>Tabla 11 Distancia entre juntas de dilatación</i>	<i>108</i>
<i>Tabla 12 Distancia entre juntas de retracción</i>	<i>109</i>
<i>Tabla 13 Máxima relación agua/cemento y mínimo contenido de cemento (Fuente. Código Estructural)</i>	<i>119</i>
<i>Tabla 14 Resistencia mínima del hormigón (Fuente: Código Estructural)</i>	<i>119</i>

13 ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 Ejemplo de Instrumentación y equipos en SCADA.....</i>	<i>58</i>
<i>Ilustración 2 Esquema de tipos de masa de líquido (Fuente: ACI 350.3-06)</i>	<i>93</i>
<i>Ilustración 3 Tabla de coeficientes parciales de seguridad (Fuente: Código Técnico de la Edificación)</i>	<i>95</i>
<i>Ilustración 4 Tabla de coeficientes parciales de simultaneidad (Fuente: Código Técnico de la Edificación)</i>	<i>96</i>
<i>Ilustración 5 Ejemplo junta dilatación</i>	<i>108</i>
<i>Ilustración 6 Ejemplo junta de construcción</i>	<i>109</i>
<i>Ilustración 7 Ejemplo de modelos para el cálculo estructural de muros.....</i>	<i>111</i>
<i>Ilustración 8 Ejemplo de modelo para el cálculo estructural de sala de válvulas</i>	<i>112</i>
<i>Ilustración 9 Ejemplo de modelización de pórticos y cimentación.....</i>	<i>113</i>
<i>Ilustración 10 Límites de apertura de fisura pasante (fuente: MCT, 2013)</i>	<i>117</i>
<i>Ilustración 11 Ahorro de coste de la estructura por ajuste del cálculo estructural, calidad del hormigón e incremento estimado por uso de morteros impermeabilizantes en elementos en contacto con agua.....</i>	<i>118</i>
<i>Ilustración 12 Sistema de Gestión de la Estructura (fuente: art. 103.2 EHE-08).....</i>	<i>139</i>
<i>Ilustración 13 Clasificación sinóptica de los daños y deterioros en estructuras de hormigón. (Fuente: Código Estructural, 2021).....</i>	<i>142</i>

14 ÍNDICE DE IMÁGENES

<i>Imagen 1 Proporción óptima teórica</i>	7
<i>Imagen 2 Ejemplo de curva de modulación horaria</i>	9
<i>Imagen 3 Ejemplo de curva de llenado</i>	10
<i>Imagen 4 Ejemplo de rango de cotas disponible</i>	11
<i>Imagen 5: Ejemplo de distribución de cámaras y salas en depósito existente</i>	14
<i>Imagen 6: Ejemplo de sala de válvulas de salida, sala de cloración y sala de cuadros eléctricos</i>	15
<i>Imagen 7: Ejemplo disposición de tuberías de entrada (azul) y salida (verde) de las cámaras o vasos</i>	17
<i>Imagen 8 Ejemplo de codo en tubería de entrada a depósito</i>	18
<i>Imagen 9 Ejemplo de protección de tubería de entrada a vaso en depósito existente</i>	19
<i>Imagen 10 Válvula de control de nivel y caudal con flotador vertical</i>	20
<i>Imagen 11 Esquema funcionamiento válvula de control de nivel y caudal con flotador vertical</i>	20
<i>Imagen 12 Esquema de funcionamiento de válvula de control de nivel, reductora y limitadora de caudal para dos vasos independientes</i>	21
<i>Imagen 13 Detalle de instalación de ventosa trifuncional</i>	21
<i>Imagen 14 Ejemplo de tuberías de entrada a cada cámara y válvulas de corte y maniobra</i>	22
<i>Imagen 15 Ejemplo de ventosa trifuncional instalada en tubería de salida de una de las cámaras</i>	23
<i>Imagen 16 Válvula de mariposa</i>	24
<i>Imagen 17 Instalación típica de caudalímetro en tubería de salida situado en depósito existente</i>	25
<i>Imagen 18 Ejemplo de picajes en instalación existente</i>	25
<i>Imagen 19 Ejemplo de sala de válvulas de salida en depósito existente</i>	26
<i>Imagen 20 Ejemplo de distribución de elementos instalados en tubería de salida. Sala de válvulas de salida.</i>	26
<i>Imagen 21 Ejemplo de desagüe de fondo de una cámara</i>	28
<i>Imagen 22 Ejemplo de colocación de válvula antirretorno en salida de desagüe de fondo de depósito</i>	29
<i>Imagen 23 Ejemplo de sala de válvulas de salida con aliviadero</i>	30
<i>Imagen 24 Detalle de aliviaderos de las cámaras. Sala de válvulas de salida</i>	31
<i>Imagen 25 Detalle de conexión de tuberías de alivio con desagües de fondo de las cámaras</i>	31
<i>Imagen 26 Ejemplo de depósito existente con dos cámaras y acceso al interior mediante escalera de hormigón.</i> ...	32
<i>Imagen 27 Encuentro muros - losa</i>	33
<i>Imagen 28 Encuentro pilares - solera</i>	34
<i>Imagen 29 Ejemplo de acceso a cámaras a través de la sala de válvulas de salida en depósito existente. Sección longitudinal</i>	34
<i>Imagen 30 Vista frontal de acceso a cámaras desde sala de válvulas en depósito existente.</i>	35
<i>Imagen 31 Acceso a cámaras en depósito existente. Sección transversal sala de válvulas.</i>	35
<i>Imagen 32 Ejemplo de acceso desde sala de válvulas</i>	36
<i>Imagen 33 Ejemplo de acceso desde sala de válvulas</i>	36
<i>Imagen 34 Ejemplo de acceso desde cubierta</i>	36
<i>Imagen 35 Detalle interior de acceso a cámaras, acabados</i>	36
<i>Imagen 36 Detalle interior de acceso a cámaras, ventilación.</i>	36
<i>Imagen 37 Ejemplo de acceso a cámara mediante escalera de hormigón</i>	37
<i>Imagen 38 Cerramiento de aluminio para visualización desde cámara de válvulas</i>	37

<i>Imagen 39 Arqueta de PRFV para visualización desde cubierta.....</i>	<i>37</i>
<i>Imagen 40 Sala de válvulas salida.....</i>	<i>38</i>
<i>Imagen 41 Detalle visores de nivel de las cámaras.....</i>	<i>38</i>
<i>Imagen 42 Sala de válvulas de salida, sala de cloración y sala de cuadros eléctricos en depósito existente.....</i>	<i>39</i>
<i>Imagen 43 Ejemplo de pasarela de acceso a distintas zonas de la sala de válvulas de salida.....</i>	<i>40</i>
<i>Imagen 44 Ejemplo de pasarela de acceso a distintas zonas en sala de válvulas de entrada.....</i>	<i>41</i>
<i>Imagen 45 Ejemplo de escaleras acceso a sala de válvulas en PRFV.....</i>	<i>42</i>
<i>Imagen 46 Ejemplo de acceso a zona de acceso a vasos desde sala de válvulas de salida ejecutado en PRFV.....</i>	<i>42</i>
<i>Imagen 47 Ejemplo de acabados en sala de válvulas de salida.....</i>	<i>43</i>
<i>Imagen 48 Ejemplo de acabados en sala de válvulas de entrada.....</i>	<i>43</i>
<i>Imagen 49 Panel de cloración en depósito existente.....</i>	<i>44</i>
<i>Imagen 50 Lavajos ubicado en sala de cloración.....</i>	<i>45</i>
<i>Imagen 51 Bomba dosificadora hipoclorito.....</i>	<i>45</i>
<i>Imagen 52 Ejemplo de circuito de cloración en depósito existente.....</i>	<i>45</i>
<i>Imagen 53 Señalización exterior en sala de cloración.....</i>	<i>47</i>
<i>Imagen 54 Señalización interior en sala de cloración.....</i>	<i>47</i>
<i>Imagen 55 Ejemplo de etiquetado y colocación de recipiente de hipoclorito sobre cubeto.....</i>	<i>48</i>
<i>Imagen 56 Ejemplo de armario para el sistema de seguridad.....</i>	<i>63</i>
<i>Imagen 57 Ejemplo de armario para cuadro de telemando.....</i>	<i>63</i>
<i>Imagen 58 Ejemplo de cuadro eléctrico general.....</i>	<i>63</i>
<i>Imagen 59 Ejemplo de sistema de AC, inversor y cuadro de protección de instalación fotovoltaica.....</i>	<i>63</i>
<i>Imagen 60 Ejemplo de interior de armario telemando.....</i>	<i>64</i>
<i>Imagen 61 Ejemplo de canalización para cableado entre cuadros eléctricos.....</i>	<i>64</i>
<i>Imagen 62 Ejemplo de bajantes y barandilla en cubierta de salas.....</i>	<i>65</i>
<i>Imagen 63 Ejemplo de bajantes y barandilla en cubierta de cámaras.....</i>	<i>65</i>
<i>Imagen 64 Ejemplo de barandilla visto desde la cubierta.....</i>	<i>65</i>
<i>Imagen 65 Ejemplo de sección de cubierta.....</i>	<i>66</i>
<i>Imagen 66 Ejemplo de acabados de cubierta y encuentro con coronación de muros.....</i>	<i>66</i>
<i>Imagen 67 Ejemplo de encuentro entre cubierta y desagüe de bajantes en depósito existente.....</i>	<i>67</i>
<i>Imagen 68 Ejemplo de escalera de acceso a cubierta.....</i>	<i>68</i>
<i>Imagen 69 Ejemplo de acceso a cubierta desde sala de válvulas.....</i>	<i>68</i>
<i>Imagen 70 Ejemplo de tapas elevadas en huecos en cubierta.....</i>	<i>69</i>
<i>Imagen 71 Ejemplo de barras de protección bajo las tapas en huecos en cubierta.....</i>	<i>69</i>
<i>Imagen 72 Ejemplos de ventilación mediante chimeneas en cubierta.....</i>	<i>70</i>
<i>Imagen 73 Ejemplos de ventana (posición abierta y cerrada).....</i>	<i>71</i>
<i>Imagen 74 Ejemplo de puerta de acceso a sala.....</i>	<i>72</i>
<i>Imagen 75 Ejemplo de puerta acceso a sala vista desde el exterior.....</i>	<i>72</i>
<i>Imagen 76 Ejemplo de acabados en salas.....</i>	<i>73</i>
<i>Imagen 77 Ejemplo de puerta de acceso a sala y señalización de seguridad.....</i>	<i>73</i>
<i>Imagen 78 Ejemplo de señalización de acceso a depósito.....</i>	<i>73</i>
<i>Imagen 79 Detalle de ubicación de armario toma muestras en tuberías de entrada y salida.....</i>	<i>74</i>
<i>Imagen 80 Armario de toma de muestras ubicado en vallado exterior.....</i>	<i>74</i>

<i>Imagen 81 Detalle interior de armario para toma de muestras de las tuberías de entrada y salida</i>	<i>74</i>
<i>Imagen 82 Ejemplo de urbanización de la parcela</i>	<i>75</i>
<i>Imagen 83 Jardinería en parcela y riego.....</i>	<i>76</i>
<i>Imagen 84 Detalle de urbanización de parcela con zona para seto perimetral</i>	<i>76</i>
<i>Imagen 85 Cartel identificativo de la instalación</i>	<i>77</i>
<i>Imagen 86 Ejemplo de vallado y seto perimetral, así como distancia entre seto y circuito de vigilancia</i>	<i>79</i>
<i>Imagen 87 Ejemplo de ubicación de elementos.....</i>	<i>83</i>
<i>Imagen 88 Ejemplo de Plano de cobertura de video análisis.....</i>	<i>84</i>
<i>Imagen 89 Ejemplo de preparación de maquinaria para sondeo.....</i>	<i>89</i>
<i>Imagen 90 Ejemplo de penetrómetro para sondeo</i>	<i>89</i>
<i>Imagen 91 Excavación en talud y base de arena para apoyo de losa de cimentación</i>	<i>122</i>
<i>Imagen 92 Ejecución de drenaje bajo losa de cimentación</i>	<i>122</i>
<i>Imagen 93 Ejecución de losa de cimentación</i>	<i>122</i>
<i>Imagen 94 Ejecución de losa de cimentación</i>	<i>123</i>
<i>Imagen 95 Ejecución de losa de cimentación</i>	<i>123</i>
<i>Imagen 96 Ejecución de losa de cimentación</i>	<i>123</i>
<i>Imagen 97 Ejecución de losa de cimentación</i>	<i>124</i>
<i>Imagen 98 Ejemplo de ejecución por paneles. Dpto. Nueva Condomina</i>	<i>124</i>
<i>Imagen 99 Ejemplo de ejecución por paneles. Dpto. La Ermita.....</i>	<i>125</i>
<i>Imagen 100 Ejecución de muros por paneles (Dpto. Nueva Condomina).....</i>	<i>125</i>
<i>Imagen 101 Ejecución de muros por paneles (Dpto. Nueva Condomina</i>	<i>125</i>
<i>Imagen 102 Ejecución de muros por paneles (Dpto. La Ermita)</i>	<i>126</i>
<i>Imagen 103 Ejecución de muros por paneles (Dpto. La Ermita)</i>	<i>126</i>
<i>Imagen 104 Ejecución de muros por paneles (Dpto. La Ermita)</i>	<i>126</i>
<i>Imagen 105 Ejecución de muros por paneles (Dpto. La Ermita)</i>	<i>126</i>
<i>Imagen 106 Ejecución de muros por paneles (Dpto. La Ermita)</i>	<i>127</i>
<i>Imagen 107 Ejecución de juntas muro-losa (water-stop e hidrófila doble en muro divisorio)</i>	<i>128</i>
<i>Imagen 108 Ejecución de juntas entre paneles verticales perimetrales (water-stop e hidrófila hacia el paramento exterior)</i>	<i>128</i>
<i>Imagen 109 Ejecución de juntas entre paneles verticales perimetrales (water-stop e hidrófila hacia el paramento exterior)</i>	<i>128</i>
<i>Imagen 110 Ejecución de juntas entre paneles verticales (water-stop e hidrófila doble)</i>	<i>129</i>
<i>Imagen 111 Ejecución de cubierta con placas alveolares.....</i>	<i>130</i>
<i>Imagen 112 Ejecución de cubierta con placas alveolares.....</i>	<i>130</i>
<i>Imagen 113 Ejecución de cubierta (armado de negativos).....</i>	<i>131</i>
<i>Imagen 114 Impermeabilización y aislamiento térmico de cubierta (tela asfáltica).....</i>	<i>131</i>
<i>Imagen 115 Impermeabilización y aislamiento térmico de cubierta (tela asfáltica).....</i>	<i>131</i>
<i>Imagen 116 Impermeabilización y aislamiento térmico de cubierta (porexpan)</i>	<i>131</i>
<i>Imagen 117 Ejecución de cubierta (limahoyas y limatesas)</i>	<i>131</i>
<i>Imagen 118 Impermeabilización y aislamiento térmico de cubierta (tela asfáltica).....</i>	<i>131</i>
<i>Imagen 119 Impermeabilización y aislamiento térmico de cubierta (tela asfáltica).....</i>	<i>132</i>
<i>Imagen 120 Impermeabilización y aislamiento térmico de cubierta (porexpan)</i>	<i>132</i>

<i>Imagen 121 Impermeabilización y aislamiento térmico de cubierta (geotextil y grava sobre porexpan)</i>	<i>132</i>
<i>Imagen 122 Impermeabilización y aislamiento térmico de cubierta (terminación)</i>	<i>132</i>
<i>Imagen 123 Interior del vaso: replanteo para ejecución de pendientes</i>	<i>133</i>
<i>Imagen 124 Interior del depósito: ejecución de pendientes y curado del hormigón</i>	<i>133</i>
<i>Imágenes 125 Interior del depósito: detalle de ejecución de encuentros (medias cañas) con mortero de base mineral entre elementos ortogonales</i>	<i>133</i>
<i>Imagen 126 Interior del depósito: ejecución de escalera de acceso en hormigón armado, inocuo al contacto con agua potable</i>	<i>134</i>
<i>Imagen 127 Plano de planta del depósito</i>	<i>134</i>
<i>Imagen 128 Detalle de arranque de muros perimetrales y solera: muro central</i>	<i>135</i>
<i>Imagen 129 Detalle de arranque de muros perimetrales y solera: muro perimetral</i>	<i>135</i>
<i>Imagen 130 Detalle de arranque de muros perimetrales y solera: muro de cámara de llaves</i>	<i>136</i>
<i>Imagen 131 Detalle de apoyo de forjado en muro divisorio de vasos</i>	<i>136</i>
<i>Imagen 132 Detalle de apoyo de forjado en muro perimetral</i>	<i>137</i>
<i>Imagen 133 Detalle de apoyo de forjado en vigas de pórticos entre pilares</i>	<i>137</i>
<i>Imagen 134 Detalle de sección transversal de cubierta no transitable</i>	<i>138</i>
<i>Imagen 135 Detalle de sección transversal de cubierta no transitable</i>	<i>138</i>
<i>Imagen 136 Fisura transversal en depósito de agua potable</i>	<i>140</i>
<i>Imagen 137 Detalle de fisura transversal en depósito de agua potable: ausencia de continuidad de armadura, aunque presencia de junta wáter stop</i>	<i>140</i>
<i>Imágenes 138 Otros ejemplos de fisura transversal en depósito de agua potable</i>	<i>140</i>
<i>Imagen 139 Corrosión de armaduras en pilar y expulsión de recubrimiento de hormigón</i>	<i>141</i>

15 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- *Guía de especificaciones técnicas para el diseño y la redacción de proyectos de depósitos de agua potable del Grupo Agbar (2015)*
- *Guía para el diseño y proyecto de depósitos de Mancomunidad de Canales del Taibilla (2013)*
- *Guía Técnica sobre depósitos para abastecimiento de agua potable – Centro de Estudios de Experimentación y Obras Públicas. Ministerio de Fomento (2010)*
- *Recomendaciones sobre depósitos de agua potable de la Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento (AEAS) (1990)*
- *Seismic Design of Liquid-Containing Concrete Structures and Commentary (ACI 350.03-6)*

16 NORMATIVA Y LEGISLACIÓN CITADA EN EL TEXTO

16.1 Legislación nacional

- *Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales*
- *Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.*
- *Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.*
- *Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.*
- *Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.*
- *Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.*
- *Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre, por el que se aprueba la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-02).*
- *Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.*
- *Real Decreto 140/2003 por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano*
- *Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (CTE).*
- *Real Decreto 656/2017, de 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ 0 a 10.*
- *Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural.*
- *Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro.*

16.2 Normas UNE-EN

- *UNE-EN 805 Abastecimiento de agua. Especificaciones para redes exteriores a los edificios y sus componentes*
- *UNE-EN 1508 Abastecimiento de agua. Requisitos para sistemas y componentes para el almacenamiento de agua*

- *UNE-EN 22.000 Sistemas de gestión de la inocuidad de los alimentos. Requisitos para cualquier organización en la cadena alimentaria.*
- *UNE EN 1991 (Eurocódigo 1): Acciones en estructuras. Parte 4 Acciones en silos y depósitos*
- *UNE EN 1992 (Eurocódigo 2): Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 3 Depósitos y estructuras de contención*
- *UNE EN 1997 (Eurocódigo 7): Proyecto geotécnico. Parte 1 Reglas generales*
- *UNE EN 1998 (Eurocódigo 7): Proyecto de estructuras sismorresistentes. Parte 4 Silos, depósitos y tuberías.*

16.3 Sistemas de gestión de calidad ISO

- *ISO 9001 Sistemas de Gestión de la Calidad.*
- *ISO 14001 Sistemas de Gestión Ambiental.*
- *ISO 14046 Sistemas de Gestión Huella Hídrica.*
- *ISO 14064 Sistemas de Gestión Huella de Carbono.*
- *ISO 22000 Sistemas de Gestión de Seguridad Alimentaria.*
- *ISO 22301 Sistemas de Gestión de la Continuidad del Negocio.*
- *ISO 45001 Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional*
- *ISO 50001 Sistemas de Gestión de la Energía.*



www.emuasa.es