

PLIEGO PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES PARA LA CONTRATACION DE LA ELECTRIFICACIÓN, AUTOMATIZACIÓN Y TELECOMUNICACIONES EN LA CONEXIÓN DE LA PRESA DE LASESA CON LOS SECTORES XXX, XXXI Y XXXII DE LA COMUNIDAD DE REGANTES LASESA (HUESCA) A ADJUDICAR POR PROCEDIMIENTO ABIERTO SIMPLIFICADO.

Ref. TSA0066503

INDICE

1	ANTECEDENTES	3
2	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	3
3	OBJETIVOS DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN Y TELECONTROL	4
4	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	6
5	AUTOMATIZACIÓN DE LAS INTALACIONES	8
5.1	INTEGRACIÓN EN LA INSTALACIÓN EXISTENTE	8
5.2	ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO EN AUTOMÁTICO	9
5.3	EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS.....	15
5.4	INSTRUMENTACIÓN.....	16
6	ARQUITECTURA DE CONTROL	19
6.1	ENTRADAS Y SALIDAS.....	21
6.2	MÓDULOS DE COMUNICACIONES.....	24
6.3	BUS PROFIBUS DP	24
6.4	RED LAN (TCP/IP).....	25
6.5	CONEXIÓN LOCAL.....	25
6.6	SISTEMA DE COMUNICACIONES REDUNDANTES.....	25
7	MODIFICACIONES PROGRAMACIÓN DEL PLC/HMI/SCADA EXISTENTE	26
7.1	ENTREGABLES	26
7.2	CRITERIOS DE PROGRAMACIÓN.....	26
7.3	PROGRAMACIÓN HORARIA BASADA EN CALENDARIO	27

7.4 GESTIÓN DE ALARMAS	27
8 INSTALACIÓN ELÉCTRICA	28
8.1 EMBALSE DE LASESA	28
8.2 PUNTO DE CONTROL SECTOR XXX	30
8.3 PUNTO DE CONTROL BALSA SECTOR XXX-A	32
8.4 PUNTO DE CONTROL SECTOR XXXI-1	36
8.5 PUNTO DE CONTROL SECTOR XXXI-2 Y XXXII	37
9 CONEXIÓN A LA RED DE TIERRA	37
9.1 INSTALACIONES CON ACCESO A RED ELÉCTRICA	37
9.2 INSTALACIONES AUTÓNOMAS	38

1 ANTECEDENTES

En la situación actual, la Presa de LASESA tiene su propio bombeo mediante el cual se eleva el agua desde la acequia de Pertusa. El bombeo del sector XXX-A toma de una balsa de captación situada junto a la acequia de Pertusa e impulsa contra la presión que ejerce una balsa elevada que se encuentra en la cabecera de la red de riego de dicho sector. El bombeo del sector XXX-B toma de la misma balsa de captación que el anterior pero impulsa contra otra balsa distinta, también situada en la cabecera de la red, pero a una cota inferior en este caso. El bombeo del sector XXXI-1º toma directamente de la acequia de Pertusa y eleva contra la presión que mantiene un depósito elevado que se encuentra en la cabecera de la red.

En el caso de los bombeos de los sectores XXX-A, XXX-B y XXXI-1º el arranque y parada de grupos de elevación se produce en función de los niveles en cada uno de las estructuras de almacenamiento de agua (balsas o depósito).

El bombeo para los sectores XXXI-2º y XXXII se realiza con un conjunto de grupos de elevación de características idénticas en cuanto a altura de elevación que tienen conectadas ambas impulsiones entre sí, de manera que la comunidad de regantes gestiona a efectos hidráulicos ambas redes como una sola. En este caso el bombeo no se realiza contra una balsa o depósito elevados, sino que las redes se presurizan directamente. La regulación de los grupos de elevación que entran en marcha se realiza de forma manual con la ayuda del personal de la comunidad.

2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Gracias al embalse recientemente construido, la comunidad de regantes goza de una capacidad de almacenamiento considerable en la cabecera de la zona regable, la cual a su vez ofrece la posibilidad de gestionar de otra manera las infraestructuras existentes aportando mayor flexibilidad a la explotación y un ahorro energético importante.

Este proyecto contempla cambiar el sistema de abastecimiento, dejando a un lado los bombeos de las redes existentes y dando prioridad a la estación de bombeo de la presa, ya que por su alta capacidad de elevación y mejor rendimiento, permite explotar y gestionar el riego de la comunidad de manera más eficiente.

Para llevar a cabo este cambio de funcionamiento es necesario construir por un lado una conexión desde la presa hasta el sector XXX-B, la cual permitirá el abastecimiento de este sector por presión natural desde el embalse. Y por otro lado, construir una conexión del embalse con los sectores XXX-A, XXXI-1º, XXXI-2º y XXXII, pasando por la estación de bombeo de la presa mediante la cual se realizará una reimpulsión para conseguir una altura piezométrica adicional a la del embalse. Esta última conducción estará conectada a su vez con la balsa del sector XXX-A mediante una conducción que actualmente

existe. Esta balsa funcionará principalmente como elemento de regulación, marcando el nivel piezométrico en la impulsión y permitiendo que los grupos de bombeo no se pongan en marcha con demasiada frecuencia en los momentos de consumo bajo.

El sistema proyectado incluye:

- Conducción de hormigón con camisa de chapa (HCCH) de diámetro 900mm que suministra por gravedad al sector XXX-B.
- Conducción de hormigón con camisa de chapa (HCCH) de diámetro 1200 mm desde la estación de bombeo de la presa hasta el punto de conexión con la balsa del sector XXX-A. La conducción se prolonga hasta los sectores XXXI-1º, XXXI-2º y XXXII en tubería de HCCH de diámetros 800 y 600 mm de forma que todos ellos quedan dominados hidráulicamente por la altura de la balsa del sector XXX-A.

Dado que la topografía de los sectores XXX-A, XXXI-1º, XXXI-2º y XXXII ofrece altitudes diferentes, se determina que es posible abastecer parte de estos sectores solo con la presión natural del embalse. Por tanto, con el fin de ahorrar una cantidad importante de energía, el proyecto permite la posibilidad de que estos sectores puedan abastecerse directamente desde el embalse sin pasar por los grupos de elevación mediante un sencillo circuito hidráulico en el interior de la estación de bombeo.

Para que este aprovechamiento tenga lugar, es necesario que se establezcan unos turnos de riego agrupando hidrantes según su ubicación (ver anejo hidráulico) en dos conjuntos: bombeo y gravedad. Para evitar que la balsa del XXX-A se vacíe cuando el turno de gravedad tenga lugar, es necesario interponer una válvula de corte en la conexión con la conducción existente que va hasta la balsa del XXX-A y que se pueda comandar a distancia para así facilitar la gestión de los turnos de forma centralizada, sin necesidad de desplazamientos.

El proyecto requiere la instalación de un sistema de automatización y telecontrol para poder gestionar de forma centralizada, cómoda y segura el funcionamiento de las infraestructuras de la comunidad. Este sistema debe incorporar los elementos necesarios para captar los estados de los elementos (bombas, válvulas, filtros, etc.), los estados de las variables hidráulicas relevantes (caudales, presión, nivel balsa), controlar bombas y válvulas para un funcionamiento correcto, avisar en caso de alarma y registrar la información relevante.

A continuación se detallan las características de este sistema de automatización y telecontrol.

3 OBJETIVOS DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN Y TELECONTROL

Los principales objetivos son los siguientes:

1. Controlar el arranque/parada de los grupos de bombeo B3 y B4 de la estación de bombeo de la presa, regular su velocidad y mantener el control del caudal impulsado.
2. Controlar el nivel de la balsa del sector XXX-A.
3. Controlar la apertura/cierre de las válvulas de mariposa (ver la tabla 1).
4. Supervisar el funcionamiento de los filtros.
5. Controlar los caudalímetros (ver tabla 2).
6. Registrar alarmas y enviar avisos vía SMS cuando se produzcan fallos de primer nivel.
7. Establecer un sistema de comunicaciones redundante entre la balsa del XXX-A y la presa para maximizar la fiabilidad de la red de comunicaciones proyectada.

TABLA 1. Válvulas de mariposa

UBICACIÓN	DN	MANUAL	MOTORIZ.	FINALES DE CARRERA
ESTACIÓN DE BOMBEO PRESA				
Válvula impulsión bomba B3	900		1	
Válvula impulsión bomba B4	900		1	
Válvula filtro tubería rebombeo aguas abajo	1200		1	
Válvula seccionamiento salida colector impulsión	1200		1	
Válvula filtro tubería presión natural aguas abajo	900		1	
Válvula filtro tubería presión natural aguas arriba	900	1		2
CONEXIÓN XXX				
Válvula conexión XXX a balsa XXX-A	1000		1	

TABLA 2. Caudalímetros

UBICACIÓN	DEN.	TIPO	DN TUBERÍA	EN PROYECTO	INSTALADO POR LA C.R.
ESTACIÓN DE BOMBEO PRESA					
Tubería principal embalse	Q1	Ultrasónico no invasivo	1900		X

Tubería secundaria embalse	Q2	Ultrasónico no invasivo	1200		X
Tubería conexión a Sectores XXX-A, XXXI y XXXII	Q3	Ultrasónico no invasivo	1200	X	
Tubería conexión a Sector XXX-B	Q4	Ultrasónico no invasivo	900	X	
CONEXIÓN XXX					
Inicio red Sector XXX-A	Q5	Ultrasónico no invasivo	1000		X
Inicio red Sector XXX-G	Q9	Ultrasónico no invasivo	400		X
CONEXIÓN XXXI					
Inicio red Sector XXXI-1º-B	Q6	Electromag.	700		X
Inicio red Sector XXXI-1º-G	Q10	Ultrasónico no invasivo	1200		X
CONEXIÓN XXXII					
Inicio red Sector XXXI-2º	Q7	Electromag.	350		X
Inicio red Sector XXXII	Q8	Electromag.	350		X
Inicio red Sector XXXI-2º-G	Q11	Ultrasónico no invasivo	1000		X
Inicio red Sector XXXII-G	Q12	Ultrasónico no invasivo	1000		X

4 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Se proyecta la integración de diversas señales distribuidas en diferentes puntos de la red de modo que puedan ser empleadas para posibilitar la explotación de las infraestructuras proyectadas (así como de las existentes) en condiciones de máxima eficiencia y seguridad.

Los nuevos elementos hidráulicos que se incorporarán al conjunto de infraestructuras de la Comunidad de Regantes LASESA son:

1. Estación de bombeo de la presa. Existen dos caudalímetros de actuaciones anteriores (Q1 y Q2) de los que se capturará su señal digital (pulsos de contador y alarma). Se

incluyen en el presente proyecto dos nuevos caudalímetros ultrasónicos no invasivos. El caudalímetro Q3 controla el caudal servido a los sectores XXX-A, XXXI y XXXII. Por su parte, el caudalímetro Q4 se instalará para controlar el caudal servido al sector XXX-B. De estos dos últimos se tomará la señal analógica (medida de caudal) y la señal digital (pulsos y alarma).

2. Punto de control del sector XXX. Incluye una válvula motorizada que permitirá, en función de los turnos de riego organizados y las necesidades energéticas de los hidrantes que en éstos se incluyan, distribuir el agua de riego directamente desde el embalse (hidrantes de zonas bajas) o mediante bombeo manteniendo lámina de agua en balsa del sector XXX-A (hidrantes con mayores necesidades de presión). Este punto de control dispondrá de dos caudalímetros para conocer con exactitud el caudal abastecido a los sectores XXX-A (Q5) y XXX-G (Q9). Ambos equipos existen y en este proyecto se procederá exclusivamente a la captura de sus señales para integrar ambos en el sistema de control.
3. Punto de control de la balsa del sector XXX-A. Siendo esta balsa el elemento de regulación del bombeo desde el embalse, se instalarán los sensores de nivel necesarios para establecer consignas de arranque y paro de las bombas. Este punto de control será alimentado mediante un sistema fotovoltaico autónomo.
4. Punto de control del sector XXXI-1º. En este punto se prevé la captura de los datos de caudal suministrado los dos subsectores en que se divide (XXXI-1º-B y XXXI-1º-G, controlado por los caudalímetros Q6 y Q10 respectivamente). Como cada subsector dispone actualmente de su propio caudalímetro, el presente proyecto se limita a la captura de sus señales para integrarlas en el sistema de control.
5. Punto de control del sector XXXI-2º y XXXII. Al igual que en el punto de control del sector XXXI-1º, en este punto se prevé la captura de los datos de caudal suministrados a cada uno de los sectores por lo que, se integrarán en el sistema de control las señales de los siguientes caudalímetros: Q7 (correspondiente a sector XXXI-2), Q8 (sector XXXII), Q11 (sector XXXI-2-G) y Q12 (sector XXXII-G).

5 AUTOMATIZACIÓN DE LAS INTALACIONES

5.1 Integración en la instalación existente

Todas las nuevas instalaciones proyectadas se integrarán en un sistema de control centralizado dispuesto a través del autómata que controla la presa de LASESA y el SCADA asociado al mismo. Los datos que se incorporan de estos nuevos puntos se incluirán en la lógica local del autómata existente y, a través de éste, estarán disponibles en el SCADA también existente.

Los equipos de control de que forman parte de esta ampliación deben integrarse en el autómata de control existente, siendo este un S7 400 de la marca Siemens. Por lo tanto, las tarjetas de entradas y salidas distribuidas a ofertar deben ser fácilmente integrables con el mismo, respetando a la vez todas las especificaciones mínimas del presente pliego.

La valoración de la reprogramación del mismo para incluir el control y la monitorización los nuevos dispositivos hidráulicos, debe:

- Incluir el análisis de la programación existente para garantizar que, los equipos que además de formar parte de la programación original deben formar parte de la nueva, mantengan inalteradas sus funciones actuales y puedan atender a las nuevas.
- Tener capacidad y las herramientas necesarias para acceder y modificar el código fuente existente para realizar la ampliación.
- Incluir el análisis de la programación del HMI y del SCADA con el fin de incluir las ampliaciones proyectadas, atendiendo a los criterios del cliente final y a la estética existente en las programaciones actuales.

En todos los puntos donde se proyecta la instalación de nuevos equipamientos electromecánicos (presa de LASESA y punto de control del sector XXX) se mantendrán los criterios funcionales que ya se están aplicando actualmente:

- Control desde el SCADA (mediante cambio de consignas y actuación directa a través del autómata). En este caso la lógica implementada en el autómata verificará el cumplimiento de todas las condiciones.
- Control desde el HMI (mediante cambio de consignas y actuación directa a través del autómata). En este caso la lógica implementada en el autómata verificará el cumplimiento de todas las condiciones.

Control desde pulsadores y botonera (solo en punto control sector XXX). El control de dichos elementos se realizará mediante maniobra eléctrica a partir de la botonera u otros elementos físicos equivalentes establecidos para este fin, pudiendo disponerse de algunos contactos de protección y seguridad en serie con la respectiva orden. En esta situación, se informará al PLC de su estado, pero la lógica implementada en el autómata no comprometerá este modo de funcionamiento. Esta situación implica que el operador de la instalación asume toda la responsabilidad de actuación. El operario podrá seleccionar entre control local (apertura/cierre de válvula accionando mandos en cuadro de control) o control automático (gestión de apertura/cierre de válvula desde centro de control)

5.2 Análisis del funcionamiento en automático

Todos los modos de funcionamiento descritos serán programados sobre el autómata de control existente, modificando convenientemente su programación.

5.2.1 Organización de turnos

Para optimizar energéticamente la distribución de agua en la Comunidad de Regantes de LASESA se establece como requisito no sólo el aprovechamiento de la presión natural desde la presa, sino también la organización en turnos de riego diferenciando zonas de riego, con diferencias significativas en sus necesidades de presión. Así, los sectores abastecidos desde el bombeo de la presa a través de la balsa del sector XXX-A, tienen zonas que pueden ser suministradas con la presión natural de la propia presa reservándose el agua de la balsa sólo para las zonas que requieren esa presión disponible.

Para alcanzar ese funcionamiento diferenciado se requiere el empleo de turnos de riego que agrupen hidrantes por sus similitudes hidráulicas, siendo que dicha función de organización de turnos se traduce en una programación horaria.

Este modo de funcionamiento estará concebido para que se establezcan unas condiciones de presión y caudal específicas para satisfacer las necesidades de una determinada agrupación de consumidores. El sistema de control permitirá una programación semanal de los periodos en los que estará habilitado el modo de funcionamiento a demanda para dar servicio a las zonas de riego con mayor demanda de presión.

La organización de turnos se basará en la habilitación-inhabilitación horaria del funcionamiento del bombeo. Se establecerán consignas horarias para definir esa habilitación. Todos los modos de funcionamiento que se asocien al turno de bombeo deberán superar su habilitación horaria para su activación. Toda consigna horaria se basará en fechas de calendario y momentos del día, empleándose el formato ISO8601 para representación completa extendida (YYYY-MM-DDThh:mm:ss). Una consigna horaria contendrá 3 valores:

- Valor 1. Horario de inicio del turno de bombeo. Fijará el momento a partir del cual está habilitado el bombeo y la automatización responde a los parámetros propios del modo de funcionamiento que se haya fijado. Este momento coincide con el fin del turno de riego por gravedad.
- Valor 2. Horario de fin del turno de bombeo. Fijará el momento a partir del cual queda inhabilitado el bombeo desde el embalse. Este momento coincide con el inicio del turno de riego por gravedad.
- Valor 3. Modo de funcionamiento: selección del modo de funcionamiento del sistema dentro del periodo de tiempo habilitado de bombeo. La selección de un determinado modo de funcionamiento implicará que la automatización atenderá a la parametrización que el usuario haya introducido para el modo seleccionado.

Alcanzado el valor 2 de la consigna, el autómata procederá al cierre automático de la válvula motorizada del punto de control del sector XXX y al paro controlado de la estación de bombeo. Ese periodo de inhabilitación corresponde con el periodo de riego por gravedad de los sectores XXX-A, XXXI y XXXII.

Durante el turno de bombeo, la automatización podrá responder a los siguientes modos de funcionamiento:

- Modo de funcionamiento **a demanda**, adaptándose el sistema a la demanda de los sectores mediante el control del nivel de la balsa del sector XXX-A.
- Modo de funcionamiento **por consigna de caudal**, impulsando un caudal determinado modificable por el operador.
- Modo de funcionamiento con **impulsión a punto fijo**, impulsando el caudal nominal que proporcionan las bombas a la altura de elevación que se consigne.

5.2.2 Restricciones y monitorizaciones comunes

Todos los modos de funcionamiento previstos atenderán al siguiente grupo de restricciones y monitorizaciones, de forma que las rutinas del automatismo asociadas puedan aplicárseles a todos ellos. Se definen los siguientes parámetros comunes a todos los modos de funcionamiento.

5.2.2.1 *Consignas de arranque y paro de la estación*

- Nivel de arranque (m.s.n.m): ordena el arranque ordenado del bombeo, activándose la bomba que corresponda (B3 o B4) de acuerdo con los criterios de arranque (tiempo de reposo y número máximo de arranques). La bomba estará activa hasta que se alcance la condición de llenado máximo.

- Nivel máximo (m.s.n.m): ordena el paro ordenado del bombeo, deteniéndose la bomba activa. La bomba no volverá a activarse hasta que no el nivel no se encuentre por debajo del nivel de arranque.
- Nivel mínimo (m.s.n.m): activa una alarma de “balsa vacía” si el nivel de la balsa desciende por debajo de este valor. En caso de producirse esta alarma se enviará un mensaje al operario de explotación para informarle de esta situación.

5.2.2.2 Restricciones de trabajo de los grupos de bombeo

- Velocidad máxima variador bomba (%): Velocidad máxima de trabajo de las bombas variadas.
- Velocidad mínima variador bomba (%): Velocidad mínima de trabajo de las bombas variadas.
- Nivel mínimo en el depósito de origen (m.c.a.): Nivel por debajo de la cual se deduce que se no se puede iniciar un proceso de bombeo al no existir agua disponible en la presa.
- Tiempo mínimo reposo de una misma bomba (min): Tiempo mínimo en reposo que deber transcurrir para el arranque de una misma bomba.
- Número máximo de arranques (ud): Número máximo de arranques de una misma bomba por hora durante cualquier regulación.
- Caudal máximo (m³/s): valor de caudal máximo consignable.
- Caudal mínimo (m³/s): valor de caudal mínimo consignable.

5.2.2.3 Consignas de referencia

Los valores de referencia para las consignas de arranque y paro así como de algunas restricciones de trabajo son los siguientes:

TABLA 3. Consignas de referencia

Consigna	Valor de referencia
Qmin	2500 m ³ /h
Qmax	5400 m ³ /h
Nmax	447,00 msnm
Nmed	445,00 msnm
Nmin	443,00 msnm

El sistema no permitirá la introducción de valores de consigna fuera de los valores de referencia fijados en la tabla anterior.

5.2.2.4 Monitorización de atascos (incremento brusco de la presión)

- Presión máxima alarma en impulsión (m.c.a): Presión máxima en impulsión para alarma (parada controlada).
- Decremento de presión para alarma (mca): Incremento de presión en un intervalo de tiempo que provoca la parada controlada.
- Intervalo de tiempo para decremento presión alarma (seg): Tiempo máximo en el que se produce el incremento de presión que provoca la parada controlada.
- Tiempo mantenimiento decremento presión alarma (seg): Tiempo de mantenimiento del incremento de la presión que provoca la parada controlada.

5.2.2.5 Monitorización de roturas (caída brusca de la presión)

- Presión mínima alarma en impulsión (m.c.a.): Presión mínima en impulsión para alarma (parada controlada).
- Decremento de presión para alarma (mca): Decremento de presión en un intervalo de tiempo que provoca la parada controlada.
- Intervalo de tiempo para decremento presión alarma (seg): Tiempo máximo en el que se produce el decremento de presión que provoca la parada controlada.
- Tiempo mantenimiento decremento presión alarma (seg): Tiempo de mantenimiento del decremento de la presión que provoca la parada controlada.

5.2.2.6 Monitorización de roturas (incremento brusco de caudal)

- Incremento de caudal para alarma (m³/s): Incremento de caudal en un intervalo de tiempo que provoca la parada controlada.
- Intervalo de tiempo para incremento caudal alarma (seg): Intervalo de tiempo para registrar el incremento de caudal que provoca la parada controlada.
- Tiempo mantenimiento incremento caudal alarma (seg): Tiempo de mantenimiento del incremento de caudal que provoca la parada controlada.

5.2.3 Transiciones entre turnos

Para evitar fenómenos transitorios en los cambios de turno (de bombeo a gravedad y de gravedad a bombeo) se define a continuación cuales deben ser las rutinas en la operación. Los elementos hidráulicos que intervienen son los siguientes:

- Válvula seccionamiento salida colector de impulsión (1);
- Válvula conexión XXX a balsa XXX-A (2);
- Válvula de impulsión bomba B3 (3);
- Válvula de impulsión bomba B4 (3’);
- Bomba impulsión B3 (4) y;
- Bomba impulsión B4 (4’).

5.2.3.1 *Turno de gravedad a turno de bombeo: transición 1*

La transición 1 será la que se produzca cuando la balsa SXXX-A está por encima del nivel de arranque en el momento de la transición de gravedad a bombeo.

Paso 1. Cierre de (1).

Paso 2. Apertura de (2).

Paso 3. Cuando se alcance nivel de arranque o finalice el turno de bombeo, cierre de (2).

5.2.3.2 *Turno de gravedad a turno de bombeo: transición 2*

La transición 2 será la que se produzca cuando la balsa SXXX-A está por debajo del nivel de arranque en el momento de la transición de gravedad a bombeo.

Paso 1. Cierre de (1).

Paso 2. Arrancar bomba (4) o (4’) manteniéndola a régimen mínimo.

Paso 3. Abrir válvula (3) o (3’).

Paso 4. Ir incrementando el régimen de vueltas hasta que se iguale la presión en la válvula de retención y se cierre.

Paso 5. Abrir válvula (1).

Paso 6. Abrir válvula (2) cuando la presión registrada en la impulsión sea la requerida para el llenado de la balsa.

5.2.3.3 Paro dentro del turno de bombeo: transición 3

Esta transición se producirá cuando se alcance el nivel máximo de la balsa S-XXX-A durante el turno del riego por bombeo.

Paso 1. Cerrar válvula (2).

Paso 2. Cerrar válvula (1).

Paso 3. Reducir régimen de vueltas de la bomba (4) o (4') al mínimo para conseguir el cierre de la válvula de retención.

Paso 4. Cerrar válvula (3) o (3').

Paso 5. Abrir válvula (2).

5.2.3.4 Turno de bombeo a gravedad: transición 4

La transición 4 se produce en el momento en el que se inhabilita el funcionamiento del bombeo y se inicia el turno de gravedad estando la bomba activa arrancada.

Paso 1. Cerrar válvula (2).

Paso 2. Cerrar válvula (1).

Paso 3. Reducir régimen de vueltas de la bomba (4) o (4') al mínimo para conseguir el cierre de la válvula de retención.

Paso 4. Cerrar válvula (3) o (3').

Paso 5. Abrir válvula (1).

5.2.3.5 Turno de bombeo a gravedad: transición 5

La transición 5 se produce en el momento en el que se inhabilita el funcionamiento del bombeo y se inicia el turno de gravedad estando la bomba activa parada.

Paso 1. Cerrar válvula (2).

Paso 2. Abrir válvula (1).

5.2.4 Modo de funcionamiento 1 del turno de bombeo: consigna de presión

Modo de funcionamiento predeterminado. Los valores específicos a consignar para operar en este modo son:

- Presión requerida (bar): Altura de elevación del agua.

En este modo de funcionamiento del bombeo responderá a una consigna de presión que por defecto tendrá el valor del nivel máximo (Nmax) de la balsa del S-XXXA (ver tabla 3 – consignas de referencia). Se prevé que a una altura de elevación igual a Nmax, las bombas funcionen aproximadamente a caudal nominal.

5.2.5 Modo de funcionamiento 2 del turno de bombeo: a demanda

El principal objetivo del sistema es regular el bombeo para garantizar el abastecimiento a las redes de los sectores XXX-A, XXXI y XXXII. Para explicar el funcionamiento se parte de una situación de reposo en la cual no existe demanda en las redes, el bombeo está parado y la balsa del XXX-A está llena.

El caudal aportado por la bomba se regulará de tal manera que coincida con la demanda de las redes ($Q_5 + \dots + Q_{12}$). De esta manera el nivel de la balsa se mantiene estable gracias a que caudal de bombeo y demanda están equilibrados. El caudal de bombeo no podrá rebasar unos valores límite mínimo y máximo ($Q_{\min}$ y $Q_{\max}$), por lo que el sistema deberá regular la velocidad de la bomba para que el caudal bombeado esté siempre dentro de este rango definido en la tabla 3 – consignas de referencia.

El sistema de regulación perseguirá, entre otros objetivos, optimizar el rendimiento de la estación de bombeo haciendo que las bombas operen en zonas de elevada eficiencia y limitar al máximo las variaciones bruscas, tanto de los parámetros hidráulicos, como eléctricos, originadas por las maniobras de arranque y parada de los grupos.

5.2.6 Modo de funcionamiento 3 del turno de bombeo: consigna caudal

Idéntico al modo de funcionamiento a la demanda, solo que en este caso el caudal bombeado se corresponderá con una consigna de caudal:

- Caudal requerido (m^3/s): caudal de suministro a aportar por el grupo de bombeo activo.

La automatización modificará el régimen de vueltas del grupo de bombeo activo para alcanzar el caudal requerido respondiendo a la presión requerida por el sistema. El caudal requerido será un valor comprendido entre el caudal mínimo y el caudal máximo definidos en la tabla 3 – consignas de referencia.

5.3 Equipos electromecánicos

TABLA 4. Equipamientos electromecánicos proyectados

Elemento	Ubicación	Función a realizar
Válvula motorizada 1	Estación de bombeo	Seccionamiento de la impulsión bomba B3.

Válvula motorizada 2	Estación de bombeo	Seccionamiento de la impulsión bomba B4.
Válvula motorizada 3	Estación de bombeo	Seccionamiento del filtro (S XXX-A, S XXXI y S XXXII) aguas arriba
Válvula motorizada 4	Estación de bombeo	Seccionamiento del filtro (S XXX-A, S XXXI y S XXXII) aguas abajo
Válvula motorizada 5	Estación de bombeo	Seccionamiento del filtro (S XXX-B) aguas abajo
Filtro 1	Estación de bombeo	Eliminación de sólidos del agua de riego distribuida por el colector de impulsión.
Filtro 2	Estación de bombeo	Eliminación de sólidos del agua de riego distribuida por el colector de impulsión.
Válvula motorizada 6	Punto de control sector XXX	Seccionamiento de la balsa del sector XXX-A.

5.4 Instrumentación

Desde el punto de vista de regulación y control será necesario instalar una serie de elementos accesorios o sensores que permitan conocer el estado del sistema en un momento determinado. La instrumentación proyectada es, por ubicaciones, la siguiente:

TABLA 5. Instrumentación proyectada

Elemento	Uds	Función
ESTACIÓN DE BOMBEO		
Transmisor de presión en impulsión	1	Situado en el colector de impulsión, proporciona la medida en continuo de la presión empleada para regular el proceso de bombeo atendiendo a las consignas establecidas.
Presostato presión mínima en impulsión	1	Situado junto al TP. Enclava el arranque de las bombas si la presión es inferior al valor de tarado.
Presostato presión máxima en impulsión	1	Situado junto al TP. Enclava el arranque de las bombas si la presión es superior al valor de tarado.
Caudalímetro ultrasónico no invasivo Q3	1	Situado en el colector de impulsión, proporciona la medida en continuo del caudal impulsado a los sectores XXX-A, XXXI y XXXII.
Caudalímetro ultrasónico no invasivo Q4	1	Situado en el colector de gravedad que abastece al sector XXX-B, proporciona la medida en continuo del caudal distribuido a dicho sector.

Elemento	Uds	Función
Caudalímetro ultrasónico no invasivo Q1	1	Situado en el colector principal del embalse, proporciona la medida en continuo del caudal que se está aportando o consumiendo del embalse. Este elemento no forma parte del presente proyecto, pero el sistema se diseña previendo su incorporación.
Caudalímetro ultrasónico no invasivo Q2	1	Situado en el colector secundario del embalse, proporciona la medida en continuo del caudal que se está aportando o consumiendo del embalse. Este elemento no forma parte del presente proyecto, pero el sistema se diseña previendo su incorporación.
Final de carrera mecánico	2	Situados en las válvula de mariposa manual instalada aguas arriba del filtro de la conducción de presión natural, proporcionan información sobre la posición de la válvula (abierta/cerrada). Son relevantes ambas posiciones ya que esta válvula secciona la conducción que abastece al sector XXX-B.
PUNTO DE CONTROL SECTOR XXX		
Caudalímetro ultrasónico Q5 y Q9	2	Situados en las tuberías que abastecen a los sectores XXX-A y XXXI-G respectivamente. Proporcionan la medida en continuo del caudal distribuido a dichos sectores. Estos elementos no forman parte del presente proyecto, pero el sistema se diseña previendo su incorporación. Señales requeridas en el modo de funcionamiento a demanda.
PUNTO DE CONTROL Balsa SECTOR XXX-A		
Transmisor de presión/nivel	1	Situado en el piezómetro ubicado en la caseta de control de la balsa XXX-A, proporciona la medida en continuo del nivel en la balsa, empleado para regular el proceso de bombeo atendiendo a las consignas establecidas.
Interruptor de nivel	2	Situado en el piezómetro ubicado en la caseta de control de la balsa XXX-A, proporciona una señal de nivel máximo o de nivel mínimo en la balsa.
PUNTO DE CONTROL SECTOR XXXI-1		

Elemento	Uds	Función
Caudalímetro electromagnético Q6 y Q10	2	Situados en las tuberías que abastecen a los sectores XXXI-1-B y XXXI-1-G respectivamente. Proporcionan la medida en continuo del caudal distribuido a dichos sectores. Estos elementos no forman parte del presente proyecto, pero el sistema se diseña previendo su incorporación. Señales requeridas en el modo de funcionamiento a demanda.
PUNTO DE CONTROL SECTOR XXXI-2 y XXXII		
Caudalímetro electromagnético Q7, Q8, Q11 y Q12	4	Situados en las tuberías que abastecen a los sectores XXXI-2 y XXXII, XXXI-2-G y XXXII-G respectivamente, proporcionan la medida en continuo del caudal distribuido a dichos sectores. Estos elementos no forman parte del presente proyecto, pero el sistema se diseña previendo su incorporación. Señales requeridas en el modo de funcionamiento a demanda.

El cableado para la captura de estas señales se realizará con manguera apantallada y armada con protección antirroedores. Se perseguirá limitar el ruido electromagnético y las agresiones mecánicas a la misma, para que esta forma disminuya la probabilidad de incidencias que obliguen a tener que realizar nuevas tiradas de cableado.

Los caudalímetros proyectados emplearán como principio de medida los ultrasonidos y cuya electrónica a 230 Vca se instalará en una zona accesible para los operarios. La electrónica dispondrá de un mínimo de una salida de 4-20 mA para caudal instantáneo, una salida libre de potencial para pulso de volumen y otra para alarma del equipo. Podrían aceptarse como variante un bus de campo para la capturas de estas señales, siempre que se estableciesen bajo el mismo protocolo y medio físico, ya dispuesto en otros dispositivos (PROFIBUS DP).

Los transmisores de presión o nivel serán piezorresistivos, con sensor cerámico y membrana aflorante evitando así atascos. Se dispondrá sobre el colector de impulsión y proporcionará una salida 4-20 mA.

Los interruptores de nivel emplearán como principio de medida la vibración, detectando la presencia o ausencia de agua. Se instalarán al igual que los transmisores de presión/nivel sobre picajes.

Aunque de forma general, debido a la presencia de variadores de frecuencia se ha decidido el apantallamiento del cableado de todas las señales presentes, se resalta que para la captura de señales analógicas será imperativo la utilización de cable apantallado de la sección adecuada para tal fin, siendo necesario que nunca compartan canalizaciones el cableado de potencia, con cualquier cableado de comunicaciones y/o cableado de señales analógicas, no aceptándose variantes. Todas las conexiones se realizarán con conductor LiYCY 300/500V de 8 x 1 mm² apantallado o similar.

6 ARQUITECTURA DE CONTROL

La arquitectura de control proyectada responde a un diseño basado en entradas y salidas distribuidas que se integran en el autómata de control existente de forma que el control de todos los nuevos puntos se realiza de forma centralizada al requerir el funcionamiento en automático previsto datos capturados en todos ellos.

La arquitectura propuesta supone el despliegue de una red LAN Ethernet (TCP/IP) sobre tecnología 3G/4G LTE, por lo que la periferia distribuida debe soportar protocolo TCP/IP de forma que:

- Se instalará en cada uno de los nuevos puntos un módulo de cabecera para entradas y salidas remotas que admita protocolo TCP/IP. Estos módulos de cabecera se comunicarán con el autómata de control ubicado en la presa. Cada módulo de cabecera tendrá capacidad para gestionar al menos 8 módulos de E/S digitales o analógicas a las que se cablearán las señales que se definan para cada punto.
- Se instalará un módulo de comunicaciones TCP/IP asociado al autómata de control existente para integrar todas las nuevas E/S (válvulas motorizadas, caudalímetros, transductores de presión/nivel y otros).

Por otro lado, existirán otros equipamientos proyectados que comunicarán con el autómata de control central mediante el estándar de comunicaciones para buses de campo PROFIBUS DP, ya existente en la instalación actual. Dichos equipamientos son los filtros ubicados en los inicios de las redes de distribución proyectadas.

Las señales resultantes de la ampliación de las instalaciones en la propia presa de LASESA se cablearán a nuevos módulos de E/S, definidos en número y tipo de acuerdo con las características de la ampliación a ejecutar.

La elección de cualquier soporte físico a emplear, así como los protocolos de comunicaciones se ha realizado atendiendo a la necesidad de integración de las diferentes soluciones del mercado. Adicionalmente, criterios como la distancias entre elementos de control, cantidad de datos a transmitir, frecuencia de transmisiones, tiempo de respuesta necesario, posibles interferencias electromagnéticas o el esfuerzo y coste en de implementación.

Se ha verificado que existe conexión 3G/4G en todas las ubicaciones que se identifican en el DIAGRAMA 1. Arquitectura de control. Adicionalmente, en la presa de LASESA existe actualmente conexión a internet por satélite. En este emplazamiento se configurará el modem 3G/4G LTE para que emplee esta conexión como primaria, dejando como secundaria la conexión 3G/4G proyectada.

En todos los casos, el ofertante deberá realizar la instalación del módem de forma que se asegure la máxima cobertura posible en la zona, después de realizar medidas en campo junto con personal de Tragsa. El ofertante debe contemplar que la valoración de las partidas presupuestarias correspondientes incluirán los elementos necesarios para mejorar esa conexión (antena o cableado de mayor ganancia, instalación exterior de la antena, etc.).

DIAGRAMA 1. Arquitectura de control

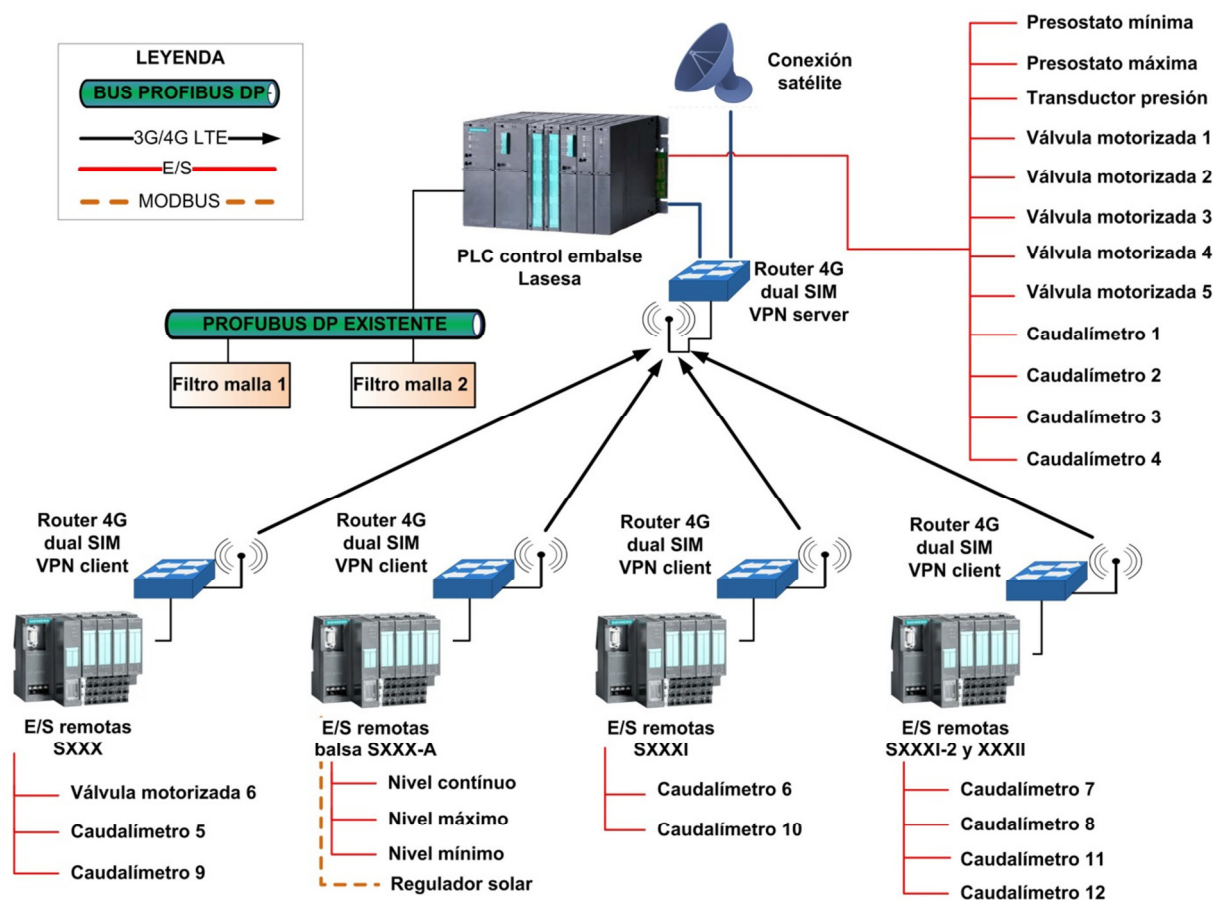


TABLA 6. Protocolos de comunicación

Elemento	Protocolo
E/S Remotas	TCP/IP – NUEVA RED LAN INALÁMBRICA
Filtros	PROFIBUS DP – CONEXIÓN A BUS EXISTENTE
Reguladores solares puntos autónomos	MODBUS o similar

6.1 Entradas y salidas

La configuración del autómata queda definida por el siguiente esquema mínimo de entradas y salidas por ubicación. Las entradas y salidas requeridas en la presa serán cubiertas por la reserva existente en el autómata. El resto de entradas y salidas serán remotas y se incorporarán mediante los módulos necesarios en cada emplazamiento.

Los módulos de cabecera deberán ser compatibles con el autómata existente (Siemens S7 400) y podrán gestionar, como mínimo, 8 módulos de entradas/salidas remotas. No se prevé ninguna reserva específica si bien se entiende que, pudiéndose ampliar hasta un total de 8 módulos, la integración de nuevos elementos en el sistema queda garantizada con lo proyectado.

TABLA 7. Listado de entradas y salidas

Denominación	ED	SD	EA	SA
ESTACIÓN DE BOMBEO (MÓDULO E/S)				
Válvula motorizada: abrir		5		
Válvula motorizada: cerrar		5		
Válvula motorizada: abriendo	5			
Válvula motorizada: cerrando	5			
Válvula motorizada: abierta	5			
Válvula motorizada: cerrada	5			
Válvula motorizada: fallo	5			
Presión de impulsión			1	
Medida del caudal	8		4	
Presostato de mínima impulsión	1			
Presostato de máxima impulsión	1			
Válvula manual: FC abierta	1			
Válvula manual: FC cerrada	1			
Filtro 1	PROFIBUS DP			
Filtro 2	PROFIBUS DP			
TOTAL E/S REQUERIDAS BOMBEO	37	10	5	
PUNTO DE CONTROL SECTOR XXX (E/S REMOTAS)				
Intrusión	1			
Fallo alimentación general	1			
Fallo SAI	1			
Selector automático-0-manual	2			
Válvula motorizada: abrir		1		

Denominación	ED	SD	EA	SA
Válvula motorizada: cerrar		1		
Válvula motorizada: abriendo	1			
Válvula motorizada: cerrando	1			
Válvula motorizada: abierta	1			
Válvula motorizada: cerrada	1			
Válvula motorizada: fallo	1			
Medida del caudal Q5	2		1	
Medida del caudal Q9	2		1	
TOTAL E/S REQUERIDAS PC SXXX	14	2	2	
PUNTO DE CONTROL Balsa SECTOR XXX-A (E/S REMOTAS)				
Intrusión	1			
Fallo alimentación general	1			
Regulador de carga (alarmas configurables)	3			
Regulador de carga (datos)	MODBUS			
Medida del nivel			1	
Interruptor de nivel (mínimo)	1			
Interruptor de nivel (máximo)	1			
TOTAL E/S REQUERIDAS PC Balsa SXXX-A	7		1	
PUNTO DE CONTROL Balsa SECTOR XXXI-1 (E/S REMOTAS)				
Intrusión	1			
Fallo alimentación general	1			
Fallo SAI	1			
Medida del caudal Q6	2		1	
Medida del caudal Q10	2		1	
TOTAL E/S REQUERIDAS PC Balsa SXXXI-1	7		2	
PUNTO DE CONTROL Balsa SECTOR XXXI-2 Y SECTOR XXXII (E/S REMOTAS)				
Intrusión	1			
Fallo alimentación general	1			
Fallo SAI	1			
Medida del caudal Q7	2		1	
Medida del caudal Q8	2		1	
Medida del caudal Q11	2		1	
Medida del caudal Q12	2		1	

Denominación	ED	SD	EA	SA
TOTAL E/S REQUERIDAS SXXXI-2 Y SXXXII	11		4	

TABLA 8. Módulos de E/S a instalar

Módulo de E/S	ED	SD	EA	SA
ESTACIÓN DE BOMBEO (MÓDULO E/S)				
Módulo 32 DI x1	32			
Módulo 16 DO x1	16	16		
Módulo 8 AI x 1			8	
Total instalado	48	16	8	
Necesarias	37	8	5	
Reserva	25%	50%	37,5%	
PUNTO DE CONTROL SECTOR XXX (E/S REMOTAS)				
Módulo 8 DI x 3	24			
Módulo 4 DO x 1		2		
Módulo 2 AI x 1			2	
Total instalado	24	2	2	
Necesarias	14	2	2	
Reserva	42%	0%	0%	
PUNTO DE CONTROL Balsa SECTOR XXX-A (E/S REMOTAS)				
Módulo 8 DI x 1	8			
Módulo de 2 AI x 1			2	
Total instalado	8		2	
Necesarias	7		1	
Reserva	12,5%		50%	
PUNTO DE CONTROL Balsa SECTOR XXXI-1 (E/S REMOTAS)				
Módulo 8 DI x 1	8			
Módulo de 2 AI x 1			2	
Total instalado	8		2	
Necesarias	7		2	
Reserva	12,5%		0%	
PUNTO DE CONTROL Balsa SECTOR XXXI-2 Y SECTOR XXXII (E/S REMOTAS)				
Módulo 8 DI x 2	16			

Módulo de E/S	ED	SD	EA	SA
ESTACIÓN DE BOMBEO (MÓDULO E/S)				
Módulo de 2 AI x 2			4	
Total instalado	16		4	
Necesarias	11		4	
Reserva	31,25%		0%	

6.2 Módulos de comunicaciones

Existen dos puntos entre las actuaciones previstas en los que se dispondrá de comunicaciones MODBUS para la captura de los datos que proporciona el regulador solar del sistema fotovoltaico proyectado. El equipo a instalar dispondrá de puerto de comunicaciones RS232/RS485 y deberá funcionar bajo protocolo MODBUS. A través de este interfaz se incorporarán al sistema de control:

- Nivel de carga y tensión de los acumuladores;
- Nivel de tensión de los paneles;
- Alarma de carga en los acumuladores;
- Alarma por tensión baja en los acumuladores y en los paneles;
- Aportación solar;
- Sobrecarga, cortocircuito, advertencia de alto voltaje, polaridad inversa, alta temperatura;
- Otros datos que puedan resultar interesantes para el usuario y que pueda proporcionar el regulador instalado.

6.3 BUS PROFIBUS DP

Los filtros de malla se integrarán en la automatización del embalse estableciéndose un BUS de campo PROFIBUS DP entre la unidad de control autónoma de cada uno de ellos y el autómatas que controla todos los accionamientos y parámetros del embalse y su impulsión.

Los filtros tendrán un funcionamiento autónomo basado en su propia lógica local, si bien como mínimo se incorporarán en el autómatas central y el SCADA las siguientes consignas:

- Consigna de presión diferencial máxima para activación del contralavado.
- Consigna de tiempo máximo entre contralavados.

- Orden discreta para contralavado forzado por usuario.

Además de estas consignas modificables desde PLC y SCADA, se recogerán los siguientes datos de funcionamiento para realizar funciones de monitorización y mantenimiento:

- Evento por límite de par alcanzado con restitución posterior del estado de forma automática.
- Alarma por obstrucción de filtro sin posibilidad de restitución del funcionamiento de forma automática. Esta señal se integrará en el sistema de avisos SMS ya que requiere la actuación de un operario.
- Ejecución de contralavado.
- Consumo de energía del equipo.
- Presión aguas arriba de la malla.
- Presión aguas debajo de la malla.

6.4 Red LAN (TCP/IP)

Se proyecta la ejecución de una red de comunicaciones Ethernet TCP/IP sobre red 3G/4G LTE.

El protocolo de comunicaciones será en todo caso TCP/IP y todos los puntos conectados formarán parte de una red local (LAN).

6.5 Conexión local

Todos los equipamientos descritos serán de tipo industrial para instalación sobre carril DIN.

6.6 Red VPN

El ofertante creará una red VPN en la que se integren todos los puntos descritos en DIAGRAMA1. Arquitectura de control.

6.7 Sistema de comunicaciones redundantes

Ante cualquier eventualidad, el enrutador dispondrá de dos posibles conexiones 3G/4G LTE, seleccionando automáticamente aquella que presente mejor rendimiento.

Para ello los enrutadores redundantes podrán actuar como servidores y clientes de VPN, de modo que ambos puntos puedan reintegrarse en la red cuando el enrutador detecte la caída en el canal principal.

El modem proyectado realizará de forma automática y transparente la conmutación.

En caso de fallo general, el sistema de comunicaciones permanecerá conectado temporalmente mediante el SAI proyectado, de forma que la red pueda transmitir la incidencia al PLC y este gestionar los avisos a los operarios.

7 MODIFICACIONES PROGRAMACIÓN DEL PLC/HMI/SCADA EXISTENTE

Todas las infraestructuras proyectadas se integrarán en el sistema de control existente en el embalse de la presa de LASESA. La integración se basará en:

- Conexión de las nuevas infraestructuras mediante red LAN inalámbrica con protocolo TCP/IP.
- Inclusión de las E/S remotas en el mapa de E/S del autómatas (Siemens S7 400) y modificación de la programación actual para la inclusión de las señales necesarias en la lógica de funcionamiento del automatismo, de acuerdo con lo definido en los modos de funcionamiento del presente anejo.
- Desarrollo de las pantallas necesarias en el HMI para gestionar la ampliación de la instalación (revisión del estado general, alarmas y eventos, selección de modos de funcionamiento e introducción de consignas). Las pantallas a desarrollar mantendrán la apariencia de las actuales para facilitar la adaptación del usuario a su empleo.
- Inclusión de esas E/S capturadas en la BBDD del SCADA existente (SIMATIC WINCC) para incluir las pantallas necesarias para la monitorización y la gestión de las infraestructuras proyectadas, incluida la representación gráfica de las señales analógicas. Desde el SCADA, el usuario podrá realizar la monitorización y el control de las nuevas instalaciones, incluyendo además de los aspectos citados para el HMI, la consulta de históricos y tendencias.

7.1 Entregables

Es requisito la entrega, al finalizar los trabajos y después de su validación en la puesta en marcha, de todos los códigos fuentes (SCADA, PLC y HMI). El código fuente incluirá los comentarios del desarrollador necesarios para acometer futuras revisiones y/o modificaciones. Además, se informará de las aplicaciones de software necesarias para acceder al código fuente.

Asimismo, se entregará una memoria descriptiva para la explotación de la ampliación del SCADA y del HMI. La memoria definirá cuales son las operaciones de control y monitorización que se han desarrollado en las implementaciones así como las instrucciones necesarias para su uso.

7.2 Criterios de programación

La ampliación proyectada no debe afectar al funcionamiento actual de la estación de bombeo de la presa, requiriéndose la programación de la ampliación como un módulo independiente. Aquellos equipos que

formen parte tanto de rutinas incluidas en esta ampliación como de otras propias de la instalación original, atenderán de forma prioritaria a las rutinas definidas en la programación original. El funcionamiento de la ampliación quedará inhabilitado cuando el usuario decida incluir en la operativa original aquellos equipos que también pueden usarse en la ampliación. Para ello, la nueva programación tendrá en cuenta la disponibilidad de los equipos de la impulsión, informando convenientemente al operario cuando la operativa original del bombeo bloquee la operatividad de la ampliación. Los avisos se desencadenarán a nivel de HMI y de SCADA.

La implementación del SCADA y del HMI mantendrán los criterios estéticos de los desarrollos que emplea actualmente la Comunidad de Regantes, salvo petición expresa de lo contrario. En todo caso, responderá con una representación esquemática de los equipos de forma clara y precisa, así como de sus estados funcionales a través de un código de colores o animaciones adecuadas a las características geométricas que representan. Se emplearán códigos de colores, tipos de fuente y tamaños que faciliten la labor de vigilancia del proceso sin necesidad de esfuerzos visuales por parte del operador. Se posibilitará un fácil acceso a la totalidad de las pantallas, evitando que el operador deba cambiar reiteradas veces de pantalla para llevar a cabo las labores de vigilancia, al igual que un acceso directo desde cualquier pantalla a la información relevante (alarmas, ayuda, menú principal, la ventana de cambio de usuario activo etc.). Se resalta que la licencia del SCADA se deberá dejar abierta para facilitar la posibilidad de modificar y ampliar el número de variables de proceso a monitorizar.

Ampliación de la programación del PLC y SCADA para contemplar los nuevos modos de funcionamiento del bombeo, la visualización del estado global de los elementos instalados y la modificación de la programación del funcionamiento actual para que sea consistente con el nuevo funcionamiento.

7.3 Programación horaria basada en calendario

La parametrización del funcionamiento del bombeo a nivel de SCADA y HMI se basará en el uso de un calendario para gestionar los turnos, habilitando/deshabilitando así el funcionamiento del bombeo. El uso del calendario permitirá al usuario definir todos los turnos que puedan ser necesarios en un espacio temporal mínimo semanal. Será responsabilidad del sistema la gestión de las programaciones y su envío al PLC para su ejecución.

7.4 Gestión de alarmas

Se incorporarán al sistema de aviso telefónico SMS existente, las alarmas que solicite el usuario (entre las que se proyecta capturar).

8 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Este anejo define la ampliación de instalaciones ya existentes en las que se ubicarán los nuevos circuitos de potencia necesarios para el control y la explotación de los nuevos elementos hidráulicos.

Todos los trabajos a realizar serán en baja tensión y atenderán a todos los requisitos establecidos por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) así como sus instrucciones técnicas complementarias (ITC).

Los circuitos a integrar son para suministrar energía a pequeños receptores. Se reconoce que las instalaciones existentes disponen de capacidad suficiente para hacer frente al incremento de la demanda asociado a estos nuevos elementos.

Pese a que los bombeos existentes dejarán de estar activos, debe mantenerse un término de potencia mínimo contratado para los nuevos elementos previstos. Como mínimo la potencia a contratar (en todos los periodos) será:

- 3,5 kW en el bombeo del sector XXX;
- 3,5 kW en el bombeo del sector XXXI-1 y;
- 3,5 kW en el bombeo del sector XXXI-2 y XXXII.

Los nuevos circuitos proyectados se instalarán en los cuadros existentes en el embalse de LASESA. Para los puntos de control de los sectores XXX-B, XXXI-1, y XXXI-2 - XXXII se proyecta un nuevo cuadro eléctrico (tanto para potencia como para control) que se conectará a los cuadros existentes.

Existirá un punto autónomo (punto de control SXXX-A) que no dispondrán de conexión eléctrica, por lo que serán abastecidos mediante sistema fotovoltaico proyectado para tal fin. Los componentes eléctricos se instalarán en cuadros eléctricos con las mismas características que en el resto de puntos de control.

8.1 EMBALSE DE LASESA

8.1.1 Circuitos

Los circuitos de potencia proyectados en el embalse de LASESA son los siguientes:

TABLA 11. Circuitos proyectados en el embalse de LASESA

Circuito	Tipo de circuito	Polos	Potencia prevista (kW)
Válvula motorizada 1	Trifásico	3P	1,5
Válvula motorizada 2	Trifásico	3P	1,5
Válvula motorizada 3	Trifásico	3P	1,5

Circuito	Tipo de circuito	Polos	Potencia prevista (kW)
Válvula motorizada 4	Trifásico	3P	1,5
Válvula motorizada 5	Trifásico	3P	1,5
Filtro 1	Trifásico	3P+N	3,5
Filtro 2	Trifásico	3P+N	5
Caudalímetro 3	Monofásico	1P+N	0,5
Caudalímetro 4	Monofásico	1P+N	0,5

Los circuitos previstos se instalarán sobre cuadros existentes en el embalse de LASESA resultando:

- Circuitos de válvulas motorizas: se ubicarán en el cuadro de servicios auxiliares.
- Circuitos de caudalímetros: se ubicarán en el cuadro de control.
- Circuitos de filtros: se ubicarán en el cuadro de servicios auxiliares.

8.1.2 Conductores

Siguiendo los criterios del REBT los conductores se dimensionarán para cumplir con:

- Criterio de caída de tensión máxima admisible: 6,5% en circuitos de fuerza.
- Criterio de máxima intensidad admisible: 125% de potencia máxima para circuito de receptor y sumatorio de potencias simultáneas con un coeficiente de mayoración del 125% del receptor con más demanda de potencia para la derivación individual.

El resultado del dimensionamiento es la elección de la sección más desfavorable posible de los posibles dimensionados.

De los circuitos señalados, el receptor más desfavorable será el filtro 2, al cual se le asigna una potencia prevista de 5 kW, lo que supone una intensidad circulante máxima de 11,25 A. Dicha intensidad puede ser cubierta por un conductor de sección mínima 2,5 mm² pero se opta por emplear una sección mínima de 4 mm² para elementos trifásicos y de 2,5 mm² para los circuitos monofásicos. La designación de todos los conductores será RV-K.

Se proyecta la distribución de dichos circuitos mediante tubo de PVC rígido de sección mínima 50 mm, agrupando en su interior como máximo los circuitos que se definen en la ITC-BT-21.

8.1.2.1 *Accionamiento de válvula motorizada*

El circuito de accionamiento de las válvulas motorizadas se compondrá de:

- Interruptor magnetotérmico tripolar.

- Interruptor diferencial compartido entre varias líneas de receptor.
- Contactor-inversor dimensionado para la potencia nominal del receptor.

Al tratarse de receptores todo/nada, se prevé que los mismos permanezcan inactivos la mayor parte del tiempo, por lo que se desprecian las necesidades de compensación de la energía reactiva que consumen.

El accionamiento manual de las válvulas motorizadas ubicadas en el embalse de LASESA, se realizará a través del HMI existente o el SCADA y se regirá por los mismos criterios funcionales que el resto de válvulas motorizadas de la instalación. El circuito de mando dispondrá de los relés de maniobra necesarios.

8.1.2.2 *Protección de caudalímetro*

La protección de los circuitos de caudalímetro se realizará mediante interruptores magnetotérmicos y diferenciales combinados 1P+N 6A 30 mA de sensibilidad.

8.2 PUNTO DE CONTROL SECTOR XXX

8.2.1 Circuitos

Los circuitos de potencia proyectados en el embalse de LASESA son los siguientes:

TABLA 12. Circuitos proyectados en el punto de control del sector XXX

Circuito	Tipo de circuito	Polos	Potencia prevista (kW)
Válvula motorizada 5	Trifásico	3P	1,5
Módulo de E/S	Monofásico	1P+N	0,5

8.2.2 Conductores

Se mantienen los mismos criterios de dimensionado, por lo que se empleará conductor de 4 mm² para los receptores trifásicos y de 2,5 mm² para los receptores monofásicos.

8.2.3 Cuadro eléctrico

Se proyecta un cuadro de control y maniobra construido en aluminio y con un IP 65 con unas dimensiones de 800x600x300mm e IP mínimo 66. El cuadro será de instalación mural. El cuadro dispondrá de los servicios auxiliares necesarios para garantizar a los equipamientos unas condiciones de trabajo adecuadas (temperatura y refrigeración) así como proporcionar un entorno de trabajo adecuado a los operarios que deban efectuar acciones sobre los mismos. Para alcanzar estos fines se contempla la instalación de los siguientes circuitos (todos ellos con sus correspondientes protecciones):

- Instalación de iluminación interior y tomas de fuerzas.

- Instalación de rejillas y sistema de ventilación forzada para disipar el calor producido.
- Instalación de resistencias calefactoras para evitar posibles condensaciones de agua en el interior del cuadro.

Sobre el cuadro de motores se instalarán también los circuitos de mando precisos para el accionamiento de los diferentes equipamientos proyectados. Se prevé la necesidad de disponer de los siguientes circuitos:

8.2.3.1 Circuito de mando a 24Vac.

En función de los componentes eléctricos que finalmente se instalen, se instalarán los circuitos de mando precisos para su alimentación y accionamiento siendo factible la modificación y/o sustitución de los previstos.

8.2.3.2 Protección general

El cuadro proyectado dispondrá de un elemento de protección general con capacidad para seccionamiento integral de todos los circuitos de la instalación.

8.2.3.3 Accionamiento de válvula motorizada

El circuito de accionamiento de las válvulas motorizadas se compondrá de:

- Interruptor magnetotérmico tripolar.
- Interruptor diferencial compartido entre varias líneas de receptor.
- Contactor-inversor dimensionado para la potencia nominal del receptor.

Al tratarse de receptores todo/nada, se prevé que los mismos permanezcan inactivos la mayor parte del tiempo, por lo que se desprecian las necesidades de compensación de la energía reactiva que consumen.

Las válvulas motorizadas dispondrán de selectores, pilotos y botoneras mecanizados en la puerta del armario de control y maniobra para permitir su accionamiento manual:

- Selector manual-0-automático. En posición manual, la válvula será operada vía botonera. En posición 0, la operación sobre la válvula queda inhabilitada. En posición automática, las órdenes de operación provendrán exclusivamente del autómatas.
- Los pilotos de cada válvula será: 1 piloto de posición “abierta”, 1 piloto de posición “cerrada”, 1 piloto de estado “abriendo”, 1 piloto de estado “cerrando” y 1 piloto de avería.

- Con el selector en posición manual, la actuación de la válvula responderá a los pulsadores de “abrir” y “cerrar” para su accionamiento.

El sistema de control estará informado del estado en que se encuentra el selector proyectado, de forma que se puedan tomar las decisiones oportunas. El circuito de mando dispondrá de los relés de maniobra necesarios.

8.2.3.4 Sistema de alimentación ininterrumpida

Se proyecta el empleo de un sistema de alimentación ininterrumpida en todo nuevo cuadro proyectado con capacidad para mantener a la electrónica de control activa durante, al menos 10 minutos para informar al autómatas central de la incidencia producida. De esta fuente colgará el módulo de entradas y salidas remoto que debe informar del fallo en la instalación. Estos módulos funcionarán a 24Vcc por lo que se proyecta el empleo de una fuente de alimentación para su conexión.

8.3 PUNTO DE CONTROL Balsa Sector XXX-A

8.3.1 Demanda energética

Al tratarse de un emplazamiento sin acceso a energía eléctrica y ser necesaria la instalación de un sistema autónomo de alimentación para los dispositivos aquí proyectados, se realiza un análisis más preciso de los consumos energéticos estimados:

TABLA 13. Demanda energética en el punto de control de la balsa del sector XXX-A

Nombre	Unidades (ud)	Consumo continuo (W)	Consumo discontinuo (W)	Frecuencia consumo (día/día)	Consumo continuo equivalente (Wh)	Total instalación (Wh/día)
EQUIPO CONTROL						
Módulo de cabecera	1,0	8,3				
Módulo 2 AI	1,0	1,4				
Módulo 4DI	1,0	1,1				
Módulo Modbus	1,0	1,2				
MEDIDA DEL NIVEL						
Sensor de nivel	1,0		0,2	0,3	0,06	
EQUIPO DE COMUNICACIONES						

Modem 3G/4G	1,0	5,0				
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN SOLAR						
Regulador MPPT		0,6				
Reserva		4,5				
TOTALES		22,10			0,06	531,8

Para los consumos discontinuos se ha considerado adecuado suponer las siguientes frecuencias horarias:

- El sensor de nivel analógico se actualizará 4 veces cada hora, resultando una frecuencia de refresco del 25%.

8.3.2 Criterios de dimensionado del sistema

El sistema de alimentación se compondrá de los siguientes elementos:

- Panel/es fotovoltaico/s de silicio monocristalino de potencia nominal adecuada para asegurar la demanda calculada más un margen necesario para carga de los acumuladores, de forma que el sistema pueda permanecer en funcionamiento durante la noche. De acuerdo con la potencia esperada, los paneles serán de 24Vdc. El margen de recarga empleado en este caso será del 20%.
- Acumulador/es gel (sin mantenimiento y vida útil estimada superior a 5 años) con capacidad suficiente para asegurar una autonomía mínima de diseño a un periodo de varios días sin sol y equivalente a una incidencia o avería en los generadores. Se establece también una profundidad de descarga máxima, de forma que se eviten descargas profundas que afecten a la vida útil del acumulador. Se estima oportuno garantizar una autonomía mínima de 5 días en caso de avería en los generadores o en el cableado y una profundidad de descarga máxima del 60%.
- Regulador solar con seguimiento de punto de máxima potencia MPPT, con el objetivo de maximizar la generación de energía y con ello la eficiencia operativa del sistema de alimentación. Atendiendo a las características de este equipo, así como a las propias del sistema fotovoltaico se estima oportuno emplear un rendimiento moderado para reducir así el número de posibles incidencias. Así, se opta por calcular un rendimiento del 75%.

Los criterios que se emplearán para dimensionar el sistema autónomo son los siguientes:

TABLA 14. Datos de diseño sistema autónomo

Datos para el cálculo del sistema fotovoltaico

Datos para el cálculo del sistema fotovoltaico		
Voltaje batería	24,00	V
Autonomía sistema	5,00	día
Profundidad descarga batería	60,0%	
Margen recarga	20,0%	
Eficiencia sistema	75,00%	
HPS más desfavorable	2,1	h/día

La hora solar pico (HSP) es una unidad que mide la irradiación solar y se define como el tiempo en horas de una hipotética irradiancia solar constante de 1000 W/m². Las horas pico solares del peor mes se corresponden con los del mes de diciembre y han sido obtenido a partir de la herramienta PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) de la Comisión Europea.

TABLA 15. HPS (Ed) Location: 41°50'49" North, 0°6'0" West, Elevation: 348 m a.s.l.,

Fixed system: inclination=37°, orientation=0°				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	2.36	73.1	3.35	104
Feb	3.51	98.2	5.07	142
Mar	4.29	133	6.40	198
Apr	4.07	122	6.17	185
May	4.28	133	6.65	206
Jun	4.33	130	6.88	206
Jul	4.52	140	7.26	225
Aug	4.40	136	7.05	219
Sep	4.16	125	6.50	195
Oct	3.55	110	5.36	166
Nov	2.69	80.7	3.90	117
Dec	2.13	65.9	3.02	93.7
Yearly average	3.69	112	5.64	171
Total for year		1350		2060

8.3.3 Resultados del dimensionado

Las fórmulas a emplear para el dimensionado de los acumuladores son:

$$Necesidades\ diarias\ \left(\frac{Ah}{dia}\right) = \frac{Consumo\ total\ \left(\frac{Wh}{dia}\right)}{Tensión\ del\ sistema(V)}$$

$$Capacidad\ (Ah) = \frac{Necesidades\ diarias\ \left(\frac{Ah}{dia}\right) \times Autonomía(días)}{Profundidad\ de\ descarga\ (\%)}$$

Para el dimensionado de los paneles fotovoltaicos se empleará la siguiente expresión:

$$Potencia\ panel\ requerida(Wp) = \frac{Consumo\ total\ \left(\frac{Wh}{dia}\right) \times [1 + Margen\ de\ recarga\ (%)]}{Eficiencia\ del\ sistema\ (%) \times HPS\ (h/dia)}$$

El sistema resultante tendrá la siguiente configuración:

TABLA 16. Resultado del dimensionado

Sistema	
Tensión de funcionamiento (V)	24
Eficiencia (%)	75
Acumuladores	
Capacidad teórica conjunto acumulador (Ah)	184,67
Profundidad de descarga (%)	60
Autonomía (días)	5
Dimensionado comercial (Ah), (V)	200, 12
Número de unidades (ud)	2
Conexión acumuladores	Serie
Paneles	
Potencia conjunto paneles (Wp)	405,21
Margen de recarga (%)	20
Dimensionado comercial (Wp), (V)	210, 24
Número de unidades (ud)	2
Conexión paneles	Paralelo
Inclinación de los paneles (°)	40
Orientación	Sur
Regulador	
Amperaje del regulador (A)	30

Para simplificar al máximo las necesidades de mantenimiento, los acumuladores serán de tipo gel C100 con una capacidad mínima de 200Ah y tensión de funcionamiento 12Vdc, por lo que serán conectados en serie dos unidades para alcanzar la tensión de funcionamiento del sistema.

Los paneles fotovoltaicos serán de células monocristalinas, cubierta de vidrio templado, marco de aluminio anodizado de potencia unitaria mínima de 210 Wp a 24 Vdc, con relación máxima tensión a circuito abierto/tensión pico= 1,3. La caja de conexiones será mínimo IP54. Para alcanzar la potencia requerida, se conectarán en paralelo dos unidades.

El regulador solar dispondrá de display para monitorización local de los parámetros básicos del sistema (carga de los acumuladores y potencia instantánea suministrada por los paneles, entre otros). El calibre del regulador será de 30A para una intensidad máxima del conjunto 16,25 A. La tecnología del regulador será MPPT (maximum power point tracker) y permitirá maximizar la potencia recolectada. Incorporará además protección electrónica contra polaridad inversa, cortocircuito, sobrecorriente y sobretensión, realizando este elemento todas las funciones de protección eléctrica del sistema. El regulador dispondrá de puerto de comunicaciones RS232/RS485 para comunicaciones MODBUS, a través de las cuales se integrarán en la red de control diseñada.

8.3.4 Conductores

Los conductores a emplear serán designación ZZ-F específico para instalaciones solares. La sección requerida será 2x4mm² y se empleará en todo el circuito (paneles a regulador y regulador a acumuladores), cubriendo así las necesidades de intensidad máxima de la instalación y las caídas de tensión que se puedan producir en el sistema.

8.3.5 Cuadro eléctrico

Se proyecta un cuadro de control construido en aluminio y con un IP 65 con unas dimensiones de 800x600x300mm, debido a la ausencia de circuitos de potencia y a las limitaciones energéticas existentes, este cuadro no dispondrá de servicios auxiliares y será de instalación mural, instalándose en una hornacina de hormigón de 1,30m x 0,70m x 2,30 m proyectada para tal fin. Los acumuladores se instalarán en su base, sobre una estructura de acero galvanizado de 700mm x 200 mm, instalada para tal fin.

8.3.6 Instalación de los paneles

El panel fotovoltaico se instalará al menos a 5 metros de altura, sobre el báculo de 4 metros de altura proyectado, eliminando la posibilidad de reducciones en la eficiencia por sombras sobre el panel y actuará de forma disuasoria frente a vandalismo.

8.4 PUNTO DE CONTROL SECTOR XXXI-1

8.4.1 Circuitos

Los circuitos de potencia proyectados en el embalse de LASESA son los siguientes:

TABLA 17. Circuitos proyectados en el punto de control del sector XXXI-1

Circuito	Tipo de circuito	Polos	Potencia prevista (kW)
Módulo de E/S	Monofásico	1P+N	0,5

8.4.2 Conductores

Se mantiene el criterio de emplear conductores de sección mínima 2,5 mm² para los receptores monofásicos. La designación de todos los conductores será RV-K.

8.4.3 Cuadro eléctrico

Se proyecta un cuadro de control con las mismas características que las recogidas en la descripción del cuadro proyectado para el punto de control del sector XXX.

8.5 PUNTO DE CONTROL SECTOR XXXI-2 Y XXXII

8.5.1 Circuitos

Los circuitos de potencia proyectados en el embalse de LASESA son los siguientes:

TABLA 18. Circuitos proyectados en el punto de control del sector XXX

Circuito	Tipo de circuito	Polos	Potencia prevista (kW)
Módulo de E/S	Monofásico	1P+N	0,5

8.5.2 Conductores

Se mantiene el criterio de emplear conductores de sección mínima 2,5 mm² para los receptores monofásicos. La designación de todos los conductores será RV-K.

8.5.3 Cuadro eléctrico

Se proyecta un cuadro de control con las mismas características que las recogidas en la descripción de 8.3.5 Cuadro eléctrico.

9 CONEXIÓN A LA RED DE TIERRA

9.1 INSTALACIONES CON ACCESO A RED ELÉCTRICA

Todos los circuitos planteados deben ser convenientemente conectados a tierra por lo que se proyecta:

- Conexión a la red de tierra existente en los cuadros del embalse para los circuitos que allí se ubiquen.
- Conexión del nuevo cuadro de control y maniobra mediante conductor verde/amarillo de sección 25 mm² a la caja de tierra existente en los bombeos de los sectores XXX, XXXI-1 y XXXI-2-XXXII.

9.2 INSTALACIONES AUTÓNOMAS

En las instalaciones autónomas se instalará una punta Faraday para despejar sobretensiones ocasionadas por fenómenos atmosféricos. Dicha punta será conectada a un circuito de tierra propio y exclusivo, empleando las picas y el conductor desnudo necesario para cumplir las exigencias establecidas por la ITC-BT-18. Al funcionar la instalación a 24Vdc (ultra baja tensión), no se ejecutará toma de tierra para conexión del resto de elementos de estos emplazamientos.