

**INFORME DE DISEÑO CONCEPTUAL,
RESERVORIOS MULTIPROPÓSITO
CUENCA PARITA PRESA PARITA
VOLUMEN ELECTRICO**

JUNIO 2020

Contrato de consultoría No. 026 (2016)

“Estudio de Factibilidad para Establecer Reservorios Multipropósitos en la Cuenca del Río La Villa y de Prefactibilidad para los Ríos Santa María, Parita y la Subcuenca del Río Perales, en la Región de Azuero y la Provincia de Veraguas, para la Producción de Agua Potable y Actividades Agropecuarias”

INFORME DE DISEÑO CONCEPTUAL, RESERVORIOS MULTIPROPÓSITO
CUENCA PARITA - PRESA PARITA

VOLUMEN ELECTRICO

REVISIÓN 2

JUNIO 2020



CANAL DE PANAMÁ

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN EJECUTIVO	5
2. OBJETIVOS	7
3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE TRABAJO	8
4. DISEÑO SISTEMAS ELÉCTRICOS	9
4.1. PRESA PARITA	9
4.1.1. Demanda de potencia	9
4.1.2. Suministro de energía	9
4.1.3. Sistema eléctrico al interior de las obras	11
4.2. ESTACIONES DE BOMBEO DE RIEGO Y ABASTECIMIENTO	12
4.2.1. Demanda de potencia	12
4.2.2. Suministro de energía	13
4.2.3. Análisis económico de los parques fotovoltaicos	18
4.2.4. Sistema eléctrico al interior de las obras	19
5. DISEÑO SISTEMAS DE CONTROL Y COMUNICACIONES	30
5.1. GENERAL	30
5.2. CRITERIOS DE DISEÑO	30
5.2.1. Normas	30
5.2.2. Criterios generales	31
5.3. SISTEMA DE CONTROL	31
5.3.1. Modos de control y filosofía de operación	31
5.3.2. Instrumentación	32
5.4. INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA	32
5.5. RED DE COMUNICACIONES	32
5.6. SISTEMA DE CCTV	33
5.7. SISTEMA DE DETECCIÓN Y ALARMA DE INCENDIO SCI	33
5.7.1. Criterios de diseño del sistema SCI	33
5.7.2. Normas para el sistema contra incendio SCI	34

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Ubicación geográfica de la Presa Parita
- Figura 2. Esquema de obras Presa Parita
- Figura 3. Conexión Presa Parita con la línea que alimenta las estaciones de bombeo sobre el río Parita
- Figura 4. Esquema de instalaciones eléctricas obras presa Parita
- Figura 5. Localización de las estaciones de bombeo No.1, No.2, No.3 y No.4
- Figura 6. Conexión sistemas de bombeo No.1 a No.4 con la subestación Las Arena 115/ 34,5 kV
- Figura 7. Flujo de carga red de media tensión estaciones de bombeo No.1 a No.4
- Figura 8. Sistema de bombeo No.1-Solo Riego. Consumo-Producción FV
- Figura 9. Configuración eléctrica parque fotovoltaico estaciones de bombeo
- Figura 10. Esquema de instalaciones media tensión estación de bombeo No.1
- Figura 11. Esquema de instalaciones baja tensión estación de bombeo No.2
- Figura 12. Esquema de instalaciones baja tensión estación de bombeo No.3
- Figura 13. Esquema de instalaciones media tensión estación de bombeo No.4
- Figura 14. Esquema de instalaciones de servicios auxiliares estación de bombeo No.1
- Figura 15. Esquema de instalaciones de servicios auxiliares estación de bombeo No.2
- Figura 16. Esquema de instalaciones de servicios auxiliares estación de bombeo No.3
- Figura 17. Esquema de instalaciones de servicios auxiliares estación de bombeo No.4

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1. Equipos hidromecánicos y auxiliares de la presa Parita
- Tabla 2. Cargas eléctricas de las estaciones de bombeo
- Tabla 3. Balance de energía sistemas de bombeo
- Tabla 4. Potencia pico de los parques solares fotovoltaicos y área estimada de la planta solar
- Tabla 5. Potencia pico de los parques solares fotovoltaicos, costos estimados y retorno de la inversión
- Tabla 6. Equipos hidromecánicos y auxiliares eléctricos estación de bombeo No.1
- Tabla 7. Equipos hidromecánicos y auxiliares eléctricos estación de bombeo No.2

Tabla 8. Equipos hidromecánicos y auxiliares eléctricos estación de bombeo No.3

Tabla 9. Equipos hidromecánicos y auxiliares eléctricos estación de bombeo No.4

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Cuadro de cargas Presa Parita

Anexo 2. Análisis de flujo de carga - Línea estaciones de bombeo

Anexo 3. Cuadro de cargas estaciones de bombeo sobre el río Parita

Anexo 4. Diagramas unifilares - Parita

1. RESUMEN EJECUTIVO

El Reservorio Multipropósito de Parita operará en coordinación con cuatro estaciones de bombeo con fines de riego y abastecimiento, las cuales se encontrarán ubicadas sobre el río Parita. El presente documento contiene el informe de diseño a nivel conceptual de los sistemas eléctricos y de control y comunicaciones de la presa Parita y de las diferentes captaciones y estaciones de bombeo.

El suministro de energía para las diferentes obras de la Presa Parita y para las diferentes captaciones y estaciones de bombeo sobre el río Parita, dada la relativa cercanía entre ellas, se plantea mediante la construcción de una línea de media tensión a nivel 34.5 kV desde la subestación La Arena, de aproximadamente 34 km. La conexión de las estaciones de bombeo y de la Presa Parita al Sistema Interconectado Nacional de Panamá - SIN se planteó en función de la demanda de potencia y la distancia a las subestaciones eléctricas del SIN más cercanas al proyecto.

La alternativa de conexión con el SIN está sujeta a la verificación con la Empresa de Distribución Eléctrica Metro-Oeste, S.A., dueña de la subestación La Arena, con respecto a la disponibilidad de espacio para la ampliación de la subestación y el estudio eléctrico de conexión que permita verificar la viabilidad técnica de la conexión.

Al interior de las obras de la Presa Parita con el fin de diferenciar y saldar por separado los consumos de energía asociados a riego, abastecimiento u otros usos futuros, se plantea el suministro eléctrico mediante tableros y medidores eléctricos independientes.

Al interior de las obras de las estaciones de bombeo teniendo en cuenta el propósito diferenciado del uso de los sistemas de bombeo, ya sea para riego, abastecimiento, riego y abastecimiento se previó la separación eléctrica mediante tableros eléctricos dedicados.

Con el fin de mitigar los gastos de energía que tendrán los sistemas de bombeo se plantea un suministro de energía complementaria mediante la construcción de parques solares fotovoltaicos en cada estación de bombeo.

Teniendo en cuenta la potencia de cada uno de los motores principales para bombeo asociados al riego de las estaciones No.1 y No.4 se previó su alimentación a nivel de tensión 4.16 kV y arranque mediante mediante arrancadores suaves y variadores de frecuencia, estos últimos además brindan la posibilidad de realizar regulación de caudal.

Para los motores de la estación de bombeo No.3 asociados al abastecimiento y para los motores de la estación de bombeo No.2 y No.3 asociados al riego se previó su alimentación desde tableros de distribución a nivel de tensión 480 Vc.a, cada uno con su propio arrancador suave o variador de frecuencia.

En cada una de las obras, Presa Parita y estaciones de bombeo se previó la instalación de una planta Diésel de emergencia para el suministro a cargas esenciales.

Para el sistema de control y comunicaciones se plantea una solución jerárquica y distribuida de control, en la cual para cada uno de los dos usuarios (Riego, Abastecimiento) se cuenta con tableros de control para los equipos mecánicos del servicio correspondiente. Los equipos mecánicos tendrán control local para la operación, el control podrá ser manual o automático. Para la operación se integrarán a cada tablero señales de instrumentos que midan variables tanto de los equipos como del componente hidráulico. En el modo automático el funcionamiento será un control a partir de consignas de operación ingresadas de forma local o remota desde la red de comunicaciones, y así mismo deberá considerar las curvas de operación de los equipos mecánicos.

Para cada usuario se contará con una estación de operación donde se podrán visualizar las condiciones de operación de los sistemas del servicio correspondiente y se podrá enviar consignas de operación a los tableros del servicio correspondiente.

El proyecto contará con un sistema de vigilancia CCTV, para cada usuario, el cual será centralizado en la estación de operación correspondiente. Así mismo el proyecto contará con un sistema contra incendio independiente para cada sitio del proyecto, y monitoreado centralmente en las estaciones de operación de cada usuario.

2. OBJETIVOS

Los objetivos de la etapa de diseño conceptual de los sistemas eléctricos y de control y comunicaciones de la Presa Parita y estaciones de bombeo sobre el río Parita son los siguientes:

- Realizar la configuración a nivel conceptual de los sistemas eléctricos para el suministro de energía de:
 - Los equipos hidromecánicos de la Presa Parita.
 - Equipos hidromecánicos de las captaciones para las estaciones de bombeo sobre el río Parita.
 - Estaciones de bombeo sobre el río Parita.
- Determinar posibles puntos de conexión con el Sistema Interconectado de Panamá para cada una de las obras conforme al estimativo de cargas eléctricas de los equipos hidromecánicos, electromecánicos y sistemas auxiliares eléctricos de cada obra.
- Estimar el costo asociado a los sistemas eléctricos para elaborar el presupuesto eléctrico del proyecto.
- Realizar la definición de la estructura del sistema de control, definir los modos de operación, definir la red de control y la red de comunicaciones.
- Definir otros subsistemas a ser integrados a la red de comunicaciones, tales como el sistema de vigilancia CCTV y el sistema contra incendios SCI.

3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE TRABAJO

La configuración de los diferentes sistemas eléctricos y de control y comunicaciones se basó en los requerimientos para la operación de las diferentes obras, conforme a las características establecidas en los esquemas generales del proyecto y en el diseño de los sistemas hidromecánicos y electromecánicos, los cuales se presentan en el volumen de hidrología e hidráulica y en el volumen de mecánica respectivamente.

Para el diseño eléctrico se siguió la siguiente metodología:

- Se estimó la demanda de potencia asociada a la operación en cada una de las obras, a saber: Presa Parita, incluye: Túnel de desvío, túnel de descarga de fondo, túnel de descarga de usos y cuatro sistemas de bombeo con sus correspondientes obras de captación.
- A partir de la demanda estimada se buscaron posibles fuentes de suministro de energía eléctrica desde subestaciones del Sistema Interconectado Nacional de Panamá-SIN cercanas a las obras, mediante Google Earth Pro y guiados por el diagrama unifilar del SIN de ETESA (tomado de www.etesa.com.pa).
- Como fuente de suministro complementaria de bajo costo para los sistemas de bombeo se planteó un sistema de autoconsumo fotovoltaico en cada estación de bombeo.
- Para la construcción de las obras se estimó la demanda a partir de experiencia en proyectos similares. Se buscaron alternativas para suministro de energía, conexión al SIN e instalación de plantas Diésel.

4. DISEÑO SISTEMAS ELÉCTRICOS

4.1. PRESA PARITA

4.1.1. Demanda de potencia

Para la Presa Parita se consideran los siguientes requerimientos:

- Demanda de potencia para construcción de la presa y obras asociadas. Se estima un valor de 2,7 MVA a partir de datos de proyectos similares.
- Demanda de potencia para la operación del Reservoirio. Se estimó un valor de 47 kVA a partir de las cargas asociadas a los equipos hidromecánicos y servicios eléctricos auxiliares cuya configuración eléctrica de conexión se presenta en la sección [4.1.3. Sistema eléctrico al interior de las obras.](#)

4.1.2. Suministro de energía

Teniendo en cuenta la localización de la Presa Parita y la carga estimada para su construcción se analizaron alternativas de conexión de esta carga al Sistema Interconectado Nacional de Panamá mediante subestaciones eléctricas cercanas a la obra.

4.1.2.1. Localización de la Presa Parita.

La Presa del Reservoirio Multipropósito Parita se encuentra ubicada en la provincia de Herrera, al oeste de la ciudad de Chitré y al sureste del pueblo de Ocú, véase Figura 1.

En la Figura 2 se detallan las obras del lado de la presa con requerimiento de suministro de energía.

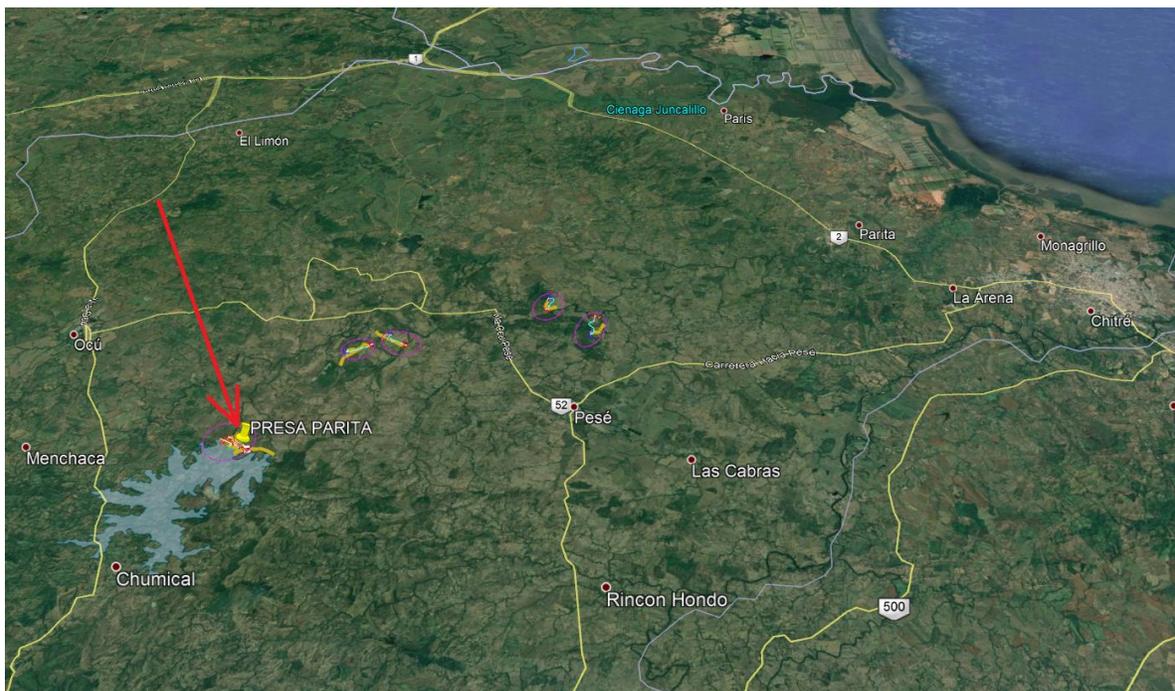


Figura 1. Ubicación geográfica de la Presa Parita

Fuente: Elaboración propia, a partir de Google Earth

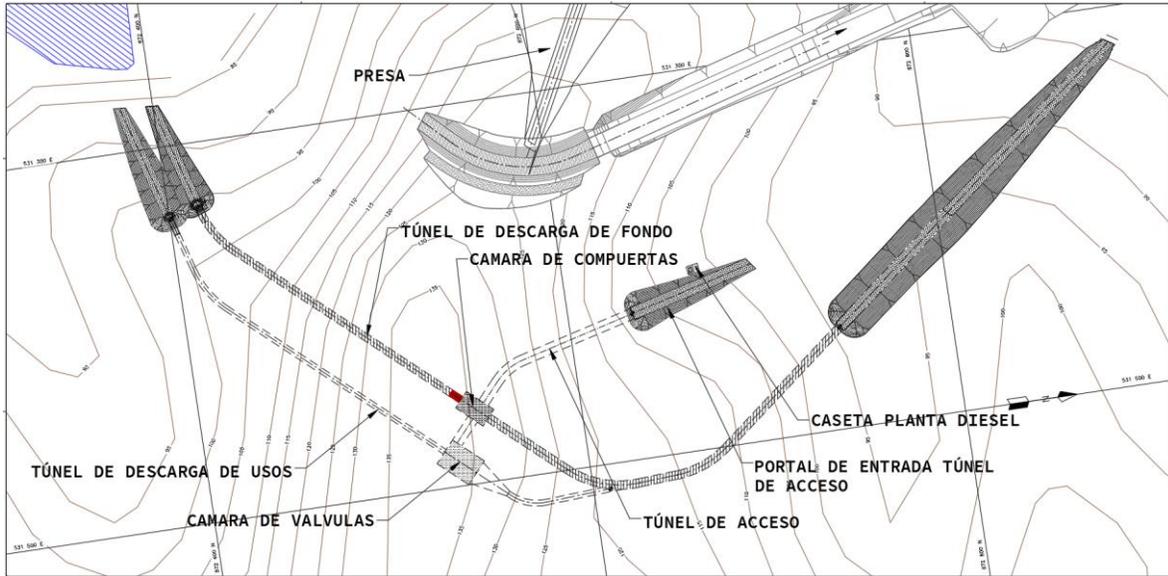


Figura 2. Esquema de obras Presa Parita
Fuente: INGETEC, Plano AZUPA-PG-B-TUNE-01-0002.

4.1.2.2. Conexión de la carga al Sistema interconectado de Panamá

A continuación se presenta la alternativa de conexión para la Presa Parita:

Derivación desde línea de distribución 34,5 kV que alimenta las estaciones de bombeo sobre el río Parita

En el numeral [4.2.2. Suministro de energía](#) se plantea el suministro eléctrico para las estaciones de bombeo sobre el río Parita por medio de la construcción de una línea de distribución a nivel de tensión 34,5 kV procedente de la subestación La Arena 115/34,5 kV. El suministro de energía para la Presa Parita se realizaría mediante una derivación a 34,5 kV de 10 km de longitud desde esta línea principal, siguiendo vías existentes, en la ruta indicada en la Figura 3 (Línea azul).

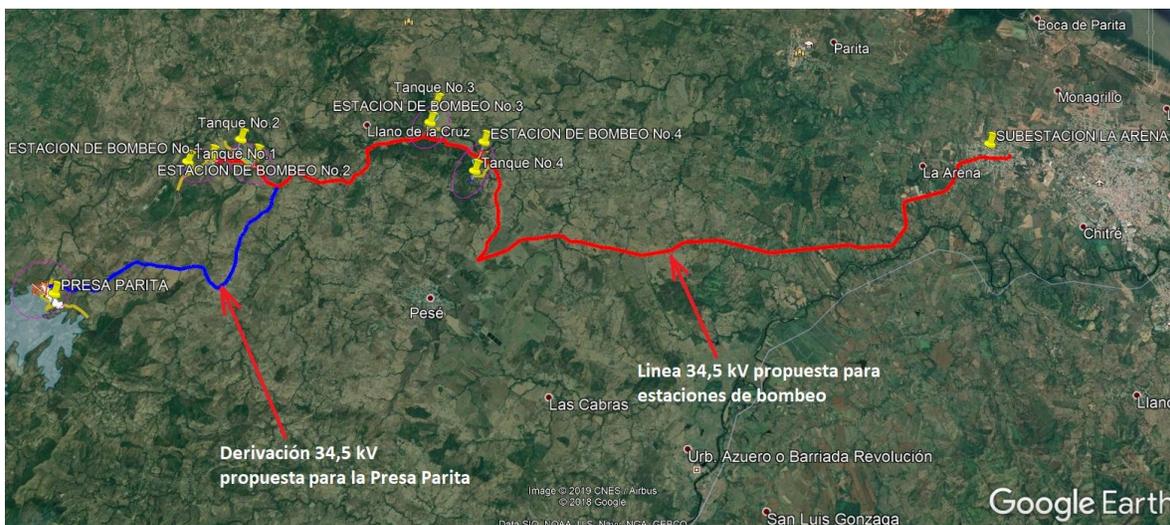


Figura 3. Conexión Presa Parita con la línea que alimenta las estaciones de bombeo sobre el río Parita
Fuente: Elaboración propia, a partir de Google Earth

La alternativa de conexión propuesta está sujeta a la verificación mediante el estudio de conexión correspondiente. En caso de no ser viable la atención de la demanda para construcción de las obras por medio del punto de conexión mencionado, sería viable su atención mediante plantas Diésel.

En cualquier caso para las obras de la presa en las cuales se ubican cargas esenciales para la construcción, tales como sistemas de ventilación, sistemas de iluminación, sistemas de bombeo y drenaje se deberá prever la instalación de plantas Diésel de emergencia.

4.1.3. Sistema eléctrico al interior de las obras

En la Tabla 1 se describen los equipos hidromecánicos y electromecánicos y sistemas auxiliares eléctricos de las obras de la presa con requerimiento de suministro de energía eléctrica, en la última columna se indica el Cliente/Usó al cual está asociada la carga, a efectos de separar los consumos para su posterior facturación.

Tabla 1. Equipos hidromecánicos y auxiliares de la presa Parita

Item	Cant.	Potencia [kW]	Potencia total [kW]	Tipo de actuador	Equipo Esencial	Cliente/Usó
Presa Parita						
Desvío						
Compuertas planas de ruedas	2	10	10	Cilindros oleohidráulicos y UOH	NO	Común
Caseta de compuertas y válvulas de los túneles de descarga de fondo y usos						
Compuerta plana de mantenimiento	1	16	20	Cilindros oleohidráulicos y UOH	SI	Común
Compuerta radial de servicio	1	20			SI	Común
Válvula HB riego	1	5	5	Cilindros oleohidráulicos y UOH	SI	Riego
Válvula mariposa riego	1				SI	Riego
Válvula HB abastecimiento	1	3	3	Cilindros oleohidráulicos y UOH	SI	Abastecimiento
Válvula mariposa abastecimiento	1				SI	Abastecimiento
Válvula émbolo a paso anular uso futuro	1	0.25	0.25	Actuador eléctrico	SI	Uso futuro
Válvula mariposa uso futuro	1	0.25	0.25	Actuador eléctrico	SI	Uso futuro
Puente grúa caverna válvula usos	1	10	10	Motor polipasto	SI	Común

Fuente: Elaboración propia.

Las compuertas planas de ruedas en el túnel de desvío funcionan una única vez durante el cierre del desvío, por lo tanto se plantea el uso de una fuente de alimentación eléctrica temporal, tipo planta diésel, que permita la operación de cierre de las compuertas para el inicio del llenado del Reservoirio.

En el Anexo 1. Cuadro de cargas Presa Parita se detalla el listado de cargas de las obras de la Presa Parita, sin el desvío, considerando los servicios para sistemas de iluminación y tomacorrientes, servicios de los tableros de control, comunicaciones y CCTV, estos últimos alimentados mediante UPS's. En la Figura 4 se presenta el esquema eléctrico propuesto para las instalaciones eléctricas de las obras de la Presa Parita, en el cual se prevé la instalación de un tablero de distribución por cliente y un tablero de servicios comunes.

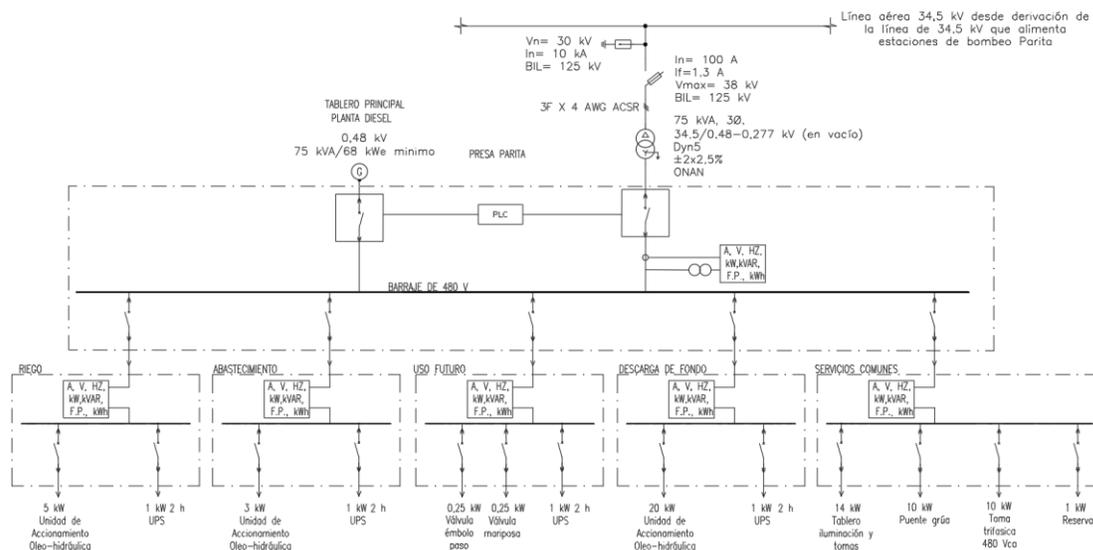


Figura 4. Esquema de instalaciones eléctricas obras presa Parita
Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta la demanda coincidente de 47 kVA aproximadamente, se prevé la instalación de un transformador de distribución para instalación en poste de 34.5 /0.48 kV - 75 kVA, el cual se ubicaría cerca a la caseta de compuertas y válvulas, junto a la caseta para la planta diesel de emergencia, véase Figura 2, la capacidad de esta última se estima en 75 kVA mínimo previendo el arranque de la unidad oleo-hidráulica de mayor capacidad con el generador, para lo cual las unidades contarían con arrancador suave para su arranque.

4.2. ESTACIONES DE BOMBEO DE RIEGO Y ABASTECIMIENTO

4.2.1. Demanda de potencia

Para las estaciones de bombeo y captaciones asociadas se consideran los siguientes requerimientos:

- Demanda de potencia para construcción. Se estimó un valor de 250 kVA por estación de bombeo a partir de datos de proyectos similares, y considerando que no se contempla construcción de túneles en ninguno de estos sistemas.
- Demanda de potencia para la operación de los sistemas de bombeo. Se estimó para cada una de las estaciones de bombeo a partir de las cargas asociadas a los equipos hidromecánicos (obras de captación) y equipos electromecánicos y sistemas auxiliares de los sistemas de bombeo, cuya configuración eléctrica se describe en la sección [4.2.4. Sistema eléctrico al interior de las obras](#). En la Tabla 2 se resume la carga estimada para operación de las estaciones de bombeo.

Tabla 2. Cargas eléctricas de las estaciones de bombeo

Estación de bombeo	Aplicación /Cliente	Tanque Asociado	Demanda en operación
Estación de bombeo No.1	Sistema de bombeo No.1 sólo de Riego	Tanque No.1	2.0 MVA
Estación de bombeo No.2	Sistema de bombeo No.2 sólo de Riego	Tanque No.2	1.3 MVA
Estación de bombeo No.3	Sistema de bombeo No.3 para Riego	Tanque No.3	1 MVA

	Sistema de bombeo No.3 para Uso (abastecimiento)		0.12 MVA
	Servicios auxiliares de toda la estación (SA)	-	0.3 MVA
Estación de bombeo No.4	Sistema de bombeo No.4 sólo de Riego	Tanque No.4	2.0 MVA

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Suministro de energía

4.2.2.1. Localización de las estaciones de bombeo No.1, No.2, No.3 y No.4

Las estaciones de bombeo de riego (No.1, No.2 y No.4) y de riego y abastecimiento (No.3) se ubican al oeste de la ciudad de Chitré, en la provincia de Herrera, como se presenta en la Figura 5.

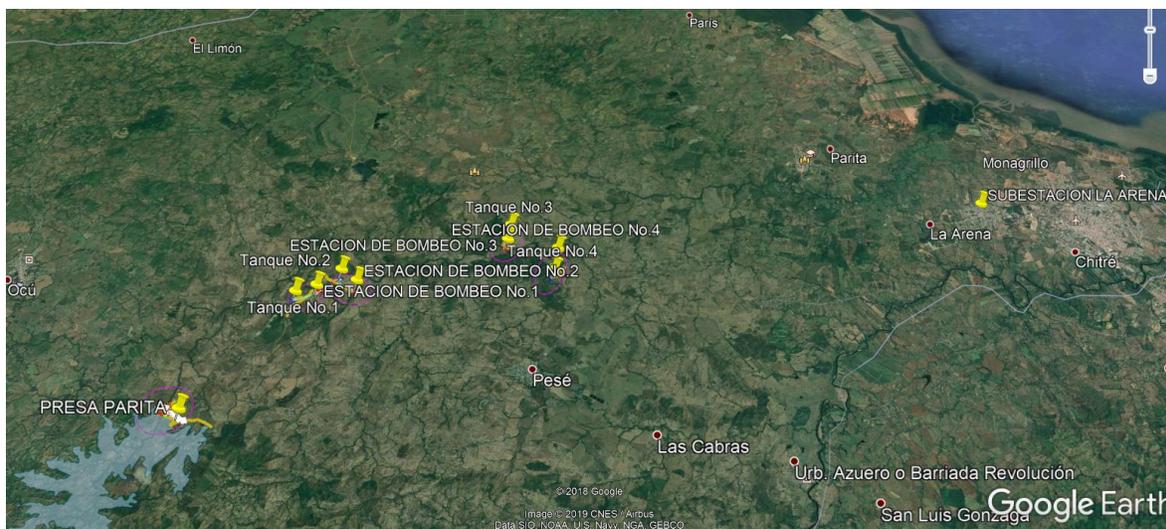


Figura 5. Localización de las estaciones de bombeo No.1, No.2, No.3 y No.4

Fuente: Elaboración propia, a partir de Google Earth

4.2.2.2. Conexión al Sistema Interconectado Nacional de Panamá

El suministro de energía se plantea mediante conexión al Sistema Interconectado Nacional de Panamá-SIN. Adicionalmente, se prevé generación de energía de bajo costo mediante un sistema fotovoltaico sin baterías en cada estación de bombeo para autoconsumo.

La conexión al SIN sería mediante una línea de media tensión que conecte las cuatro estaciones de bombeo y la presa Parita. Esta conexión también servirá para inyectar al SIN los excedentes de energía producidos por las plantas solares fotovoltaicas.

De acuerdo con el diagrama unifilar del Sistema Interconectado Nacional de Panamá, localización de los sistemas de bombeo y su demanda de potencia en operación, se plantea su conexión al SIN a través de la subestación de La Arena 115 kV, propiedad de Empresa de Distribución Eléctrica Metro-Oeste, S. A, para lo cual se propone construir una línea de transmisión de 34.5 kV doble circuito, semi aislada a 46 kV, de 34 km de longitud, con conductor 477 kcmil ACSR, siguiendo vías existentes en la ruta indicada en la Figura 6 (línea roja), la línea azul representa la derivación en 34.5 kV para el suministro de la Presa Parita. Se prevé línea semi aislada como medida para evitar salidas por contacto con vegetación.

El suministro de energía de cada uno de los sistemas de bombeo se realizaría normalmente desde una de las dos líneas, esto con el fin de lograr una caída de tensión cercana al 5%. En cada uno de los puntos de derivación desde la línea hacia las estaciones de bombeo se prevé la instalación de equipos de maniobra para poder conectar las estaciones de bombeo a cualquiera de los dos circuitos.

Esta alternativa de conexión implica dos bahías de salida de circuito de línea de 34.5 kV, para lo cual se deberá realizar la correspondiente verificación con el dueño de la subestación de los espacios requeridos para la ampliación, y confirmación mediante el estudio de conexión de la viabilidad técnica de esta conexión

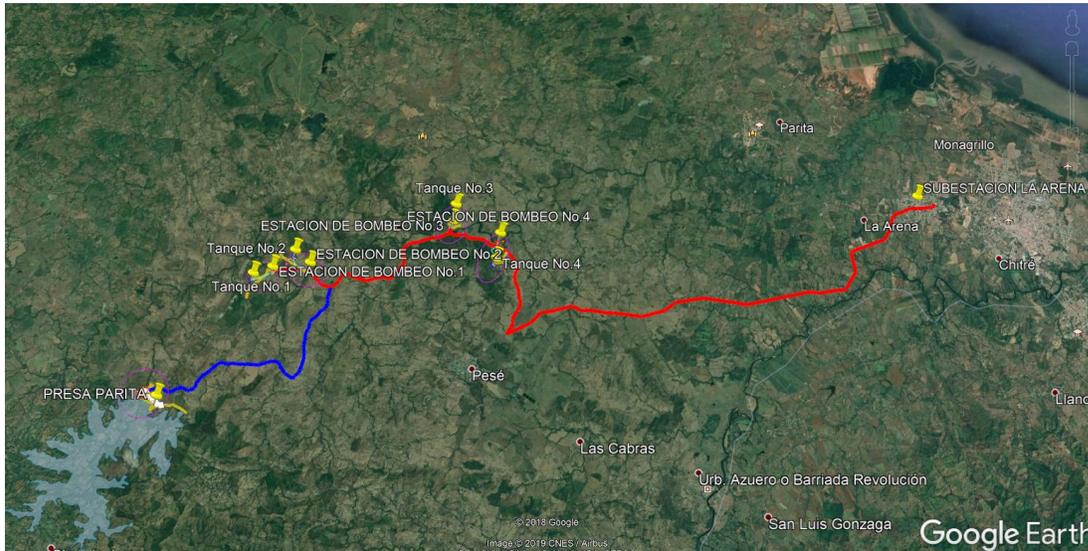


Figura 6. Conexión sistemas de bombeo No.1 a No.4 con la subestación Las Arena 115/ 34,5 kV
Fuente: Elaboración propia, a partir de Google Earth

En la Figura 7 se presenta el flujo de carga, simulado en el programa ETAP de la red de media tensión propuesta en el cual se observa una tensión de 96,76% en el último nodo, es decir, una caída de tensión total de 3,24%, valor aceptable según el Bulletin 1724E-200 (U.S. Department of Agriculture Rural Utilities Service Electric Staff División, 2012) capítulo 9, el cual recomienda una caída de tensión inferior al 5% para líneas de distribución de media tensión. En el Anexo 2. Análisis de flujo de carga - Línea estaciones de bombeo se presenta el reporte de la simulación completo.

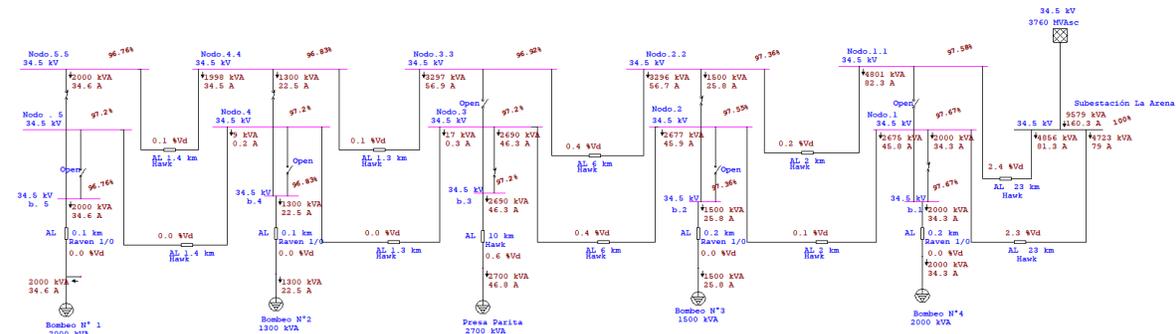


Figura 7. Flujo de carga red de media tensión estaciones de bombeo No.1 a No.4
Fuente: Elaboración propia, a partir de ETAP

4.2.2.3. Parques fotovoltaicos en estaciones de bombeo No.1, No.2, No.3 y No.4

Los sitios de emplazamiento de las estaciones de bombeo poseen una buena situación geográfica para aprovechar la energía solar. De acuerdo con el mapa de radiación solar de Panamá descargado de la base de datos de Solargis, <https://solargis.com/es/maps-and-gis-data/download/panama>, esta zona tiene una irradiación diaria promedio de 5 kWh/m² con un comportamiento estable durante el año. Adicionalmente, se dispone de terrenos con topografía plana cercanos a los sitios de los sistemas de bombeo, condición que favorece la implantación de parques de generación solar fotovoltaica.

Los parques fotovoltaicos tendrían una capacidad instalada efectiva (MWp) tal que se cubra parte del requerimiento para autoconsumo de las estaciones y adicionalmente, se produzcan excedentes que puedan ser acumulados como créditos, hasta un máximo del 25% del consumo histórico anual, de acuerdo a la legislación de Panamá.

El [Procedimiento para Autoconsumo con Fuentes Nuevas, Renovables y Limpias](#), aprobado en la Reglamentación de Panamá en la resolución AN No. 10206-ELEC de 11 de julio de 2016, establece el procedimiento para que los clientes de las empresas de distribución conecten sus plantas de generación para autoconsumo. A continuación se transcribe el propósito de este procedimiento:

“El propósito del presente procedimiento consiste en que los clientes puedan satisfacer su consumo eléctrico, mediante la instalación de Plantas de Generación que utilicen energías renovables y limpias, y también puedan vender sus excedentes cuando existan.

Este procedimiento aplica a los clientes de las empresas distribuidoras que tienen como objetivo disminuir su consumo de energía del Sistema Interconectado Nacional (SIN) o del Sistema Aislado, utilizando una Planta de Generación que utilice fuentes nuevas, renovables y limpias conectadas a líneas de media y baja tensión”.

El balance entre el consumo, inyección de energía y forma de pago de la energía inyectada a la red se presenta en los artículos 9, 10 y 12 del procedimiento, como se indica a continuación:

“Artículo 9º: La empresa distribuidora facturará mensualmente al cliente con uno de los métodos siguientes, aplicando los subsidios correspondientes tomando como referencia el consumo neto que resulte:

i. Cuando la medición neta mensual muestre un consumo en (kWh): se facturará el cargo fijo, la demanda leída (kW) (de tener una tarifa con demanda) y la energía (kWh) que resulte como consumo neto. El consumo neto se produce cuando los kWh consumidos por el cliente de la Red son mayores a los kWh entregados por el cliente a la red, medidos en el medidor bidireccional instalado. Los cargos que correspondan se facturarán de acuerdo con la tarifa regulada vigente y también podrán aplicar otros cargos contenidos en la tarifa vigente.

El consumo neto se establece de la siguiente ecuación:

kWh consumidos de la red > kWh entregados cliente a la red

Consumo neto (kWh) = kWh consumidos de la red – kWh entregados cliente a la red

ii. Cuando la medición neta mensual muestre inyección en (kWh): se facturará el cargo fijo, la demanda leída (kW) (de tener una tarifa con demanda) y la energía que resulte como inyección se acumulará como créditos de energía (kWh). La inyección se produce cuando los kWh entregados por el cliente a la red es mayor a los kWh consumidos por el cliente de la Red, medidos por el medidor bidireccional instalado. Los cargos que correspondan se facturarán de acuerdo con la tarifa regulada vigente y también podrán aplicar otros cargos contenidos en la tarifa vigente.

La inyección neta se produce cuando se cumple la siguiente ecuación:

kWh consumidos de la red < kWh entregados cliente a la red

Inyección (kWh) = kWh entregados cliente a la red - kWh consumidos de la red

Artículo 10º: El cliente tendrá derecho a acumular Créditos Excedentes en kilowatts-hora (kWh), en adelante Créditos, en períodos anuales o semestrales, hasta un límite máximo de 25%, en base a un análisis del histórico de consumo, lo cual deberá quedar consignado en el Acuerdo de Interconexión.

Artículo 12º: Los pagos por los créditos acumulados, de existir, se harán, a solicitud del cliente a través de cheque, ACH o se acreditarán en dinero a la cuenta de electricidad del cliente, y se aplicarán de acuerdo a lo siguiente:

a) Créditos Anuales: Los Créditos a favor del cliente que seleccione un periodo anual se contabilizarán del 1 de enero al 31 de diciembre, y deberán pagarse al cliente, de existir excedentes, antes del 16 de febrero del año siguiente, al costo

promedio anual de compra en contratos de energía (kWh) de la empresa distribuidora, en el año en que se acumularon los excedentes.

b) *Créditos Semestrales:* Los Créditos a favor del cliente que seleccione un período semestral, se contabilizarán del 1 de enero al 30 de junio (primer semestre) y del 1 de julio al 31 de diciembre (segundo semestre), y deberán pagarse al cliente, de existir excedentes, en el caso del primer semestre, antes del 16 de agosto del semestre siguiente, y en el caso del segundo semestre, antes del 16 de febrero del año siguiente. En ambos casos, los créditos se pagarán al costo promedio semestral de compra en contratos de energía (kWh) de la empresa distribuidora, en el semestre en que se acumularon los excedentes.”

Por lo cual, para la conexión de los parques al SIN se debe seguir este Procedimiento. El tipo de conexión aplicable para el proyecto, de acuerdo con la generación estimada mayor a 500 kW y conexión a nivel de media tensión sería el dispuesto en el Procedimiento en su anexo B.

Teniendo en cuenta las características de consumo de los parques, en particular para los sistemas de bombeo de riego, se observa que los primeros meses del año (hasta abril) se presentan altos consumos y para los demás meses el consumo es reducido. Por lo cual, se plantea instalar plantas con las cuales se cubra parte del consumo del sistema de bombeo, el faltante se compra a la red. Para los meses restantes se tendrá autoconsumo y excedentes que serán inyectados a la red, sólo hasta acumular máximo el 25% del consumo histórico anual.

Como ejemplo, en la Figura 8 se presenta el caso del sistema de bombeo No.1 de solo riego, en el cual con un parque de potencia instalada de 1.3 MWp se cubre parte del consumo de los cuatro primeros meses, y durante los otros meses los excedentes se inyectan a la red, sin exceder el 25% del consumo histórico del año.

La estimación de energía fotovoltaica se realizó con la herramienta PVGIS de la Unión Europea software de acceso libre; cuya base de datos para proyectos en Panamá es PVGIS-NSRDB. Esta base de datos ha sido proporcionada por el National Renewable Energy Laboratory (NREL, USA) y forma parte del National Solar Radiation Database. Los datos cubren la región de América del Norte y del Sur comprendida entre 60° N to 20° S.

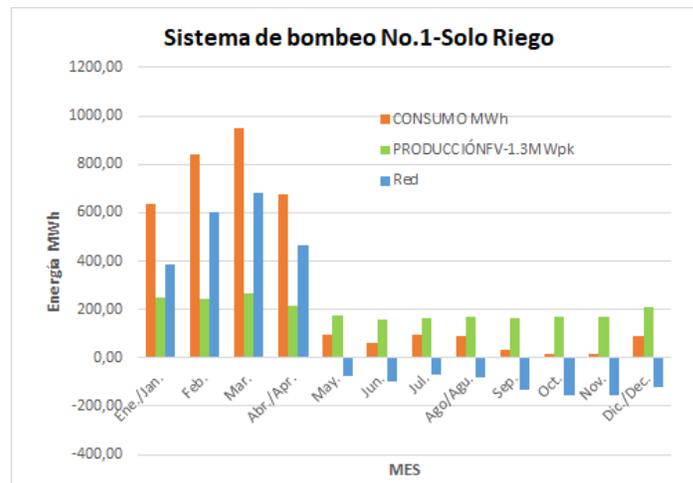


Figura 8. Sistema de bombeo No.1-Solo Riego. Consumo-Producción FV
 Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3 se resume los resultados de autoconsumo, energía comprada a la red y excedentes de energía acumulados en un año, en cada una de las estaciones de bombeo.

Tabla 3. Balance de energía sistemas de bombeo

Sistema de bombeo	Potencia demandada sistemas de bombeo (MW)	Consumo Anual MWh	Potencia fotovoltaica instalada MWp	Generación FV anual MWh	Energía de origen FV (MWh/año)	Energía comprada a la red (MWh/año)	Energía Acumulada Créditos (MWh/año)	% Energía acumulada anual Créditos
Sistema de bombeo No.1- Solo Riego	1.8	3605	1.3	2355	65.3%	34.7%	883	24.5%
Sistema de bombeo No.2-Solo Riego	1.1	2131	0.8	1461	68.6%	31.4%	518	24.3%
Sistema de bombeo No.3-Riego + SA	1.1	2273	0.9	1653	72.7%	27.3%	564	24.8%
Sistema de bombeo No.3-Abastecimiento	0.1	819	0.56	1021	124.7%	0%	203	24.7%
Sistema de bombeo No.4-Solo Riego	1.8	3706	1.33	2442	65.9%	34.1%	917	24.8%

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4 se resume la potencia FV instalada recomendada para cada sistema de bombeo. Adicionalmente, se presenta la estimación del área para la instalación de los parques, considerando el dato presentado en el estudio “*Consultoría para establecer una metodología para el cálculo de energía firme de una planta solar - Fonroche Renewable Energies*” realizado para la CREG- Comisión de regulación de Energía y gas de Colombia, en el cual se estima un área de 2,35 Ha por MWp, para la instalación en estructura con seguidor a un eje.

Tabla 4. Potencia pico de los parques solares fotovoltaicos y área estimada de la planta solar

Estaciones de bombeo	Potencia pico de los parques solares (MWp)	Área estimada (Ha)
Estación de bombeo No.1-Solo Riego	1,3	3
Estación de bombeo No.2-Solo Riego	0,8	2
Estación de bombeo No.3-Riego	0,9	2,1
Estación de bombeo No.3-Abastecimiento	0,56	1,3
Estación de bombeo No.4-Solo Riego	1,33	3,1

Fuente: Elaboración propia.

Con el fin de maximizar la eficiencia de transmisión de la energía de los parques solares estos serían ubicadas lo más cerca posible de las estaciones de bombeo. En la Figura 9 se presenta la configuración eléctrica típica para los parques solares propuestos.

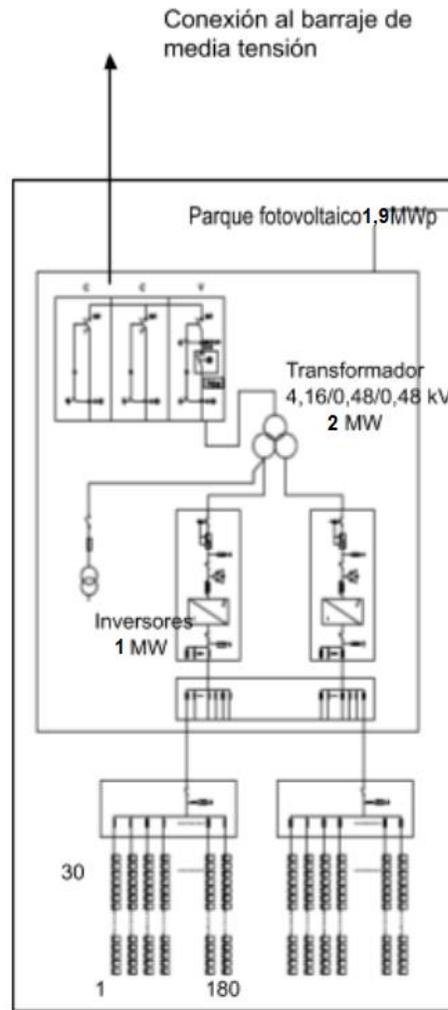


Figura 9. Configuración eléctrica parque fotovoltaico estaciones de bombeo
Fuente: Elaboración propia.

4.2.3. Análisis económico de los parques fotovoltaicos

En la Tabla 5 se presenta la potencia pico propuesta para los parques fotovoltaicos para cada sistema de bombeo y el costo estimado en dólares americanos. Adicionalmente, se presenta la estimación del tiempo de retorno de la inversión con una tarifa de 0,131 Dólares/kWh, la cual para grandes clientes que compran energía directamente en el mercado mayorista de electricidad se compone del precio de generación establecido en el contrato de suministro y de la facturación por el uso de redes de distribución de la empresa de distribución local. El promedio de precios MWh de los contratos de suministro en el mercado mayorista de electricidad de Panamá se encuentra en el siguiente enlace: <http://www.energia.gob.pa/buscador/?buscar=ELECTRICIDAD&submit=Buscar>. Las tarifas de los cargos que componen la facturación por el uso de redes de distribución son aprobadas por la ASEP y se encuentran en el siguiente enlace: https://www.asep.gob.pa/?page_id=12682.

Tabla 5. Potencia pico de los parques solares fotovoltaicos, costos estimados y retorno de la inversión

Sistema de bombeo	Potencia pico de los parques solares (MWp)	Costo estimado de los parques solares (\$)	Ahorro anual de los parques solares (\$)	Tiempo de retorno de los parques solares (años)
Sistema de bombeo No.1 solo de Riego	1.3	1,040,000	308,505	3.6
Sistema de bombeo No.2 solo de Riego	0.8	640,000	191,391	3.6
Sistema de bombeo No.3 de Riego	0.9	720,000	216,543	3.5
Sistema de bombeo No.3 de Uso (Abastecimiento)	0.56	448,000	133,751	3.5
Sistema de bombeo No.4 solo de Riego	1.33	1,064,000	319,902	3.5

Fuente: Elaboración propia.

4.2.4. Sistema eléctrico al interior de las obras

En las Tabla 6, Tabla 7, Tabla 8 y Tabla 9 se describen los equipos hidromecánicos y auxiliares mecánicos de las estaciones de bombeo que presentan requerimiento de suministro de energía eléctrica.

Tabla 6. Equipos hidromecánicos y auxiliares eléctricos estación de bombeo No.1

Item	Cant.	Potencia [kW]	Potencia total [kW]	Tipo de actuador	Equipo Esencial
Estación de bombeo No.1					
Canal de limpia					
Compuerta radial de servicio	1	15	15	Cilindros oleohidráulicos y UOH	SI
Tablón de mantenimiento	1	6	6	Motor polipasto	NO
Captación y desarenador					
Compuertas planas de entrada	3	5	5	Cilindros oleohidráulicos y UOH	SI
Tablones de cierre para mantenimiento compuertas	3	4,3	4,3	Motor polipasto	NO
Compuerta tipo guillotina para caudal ecológico, incluye actuador	1	5	5	Motor eléctrico	NO
Compuertas tipo guillotina de lavado de sedimentos, incluye actuador	3	5	15	Motor eléctrico	NO
Compuertas tipo guillotina tanque de carga	1	5	5	Motor eléctrico	NO
Estación de bombeo					
Bombas horizontales principales para riego	3	803	2409	Motor eléctrico	NO
Puente grúa casa máquinas	1	30	30	Motor polipasto	NO
Válvula mariposa succión	3	6	18	Actuador Eléctrico	NO

Válvula mariposa descarga	3	6	18	Actuador Eléctrico	NO
Sistema de ventilación y aire acondicionado	1	45	45	-	SI
Sistema de bombeo de drenaje y desagüe	1	25	25	-	NO
Tanque de almacenamiento No.1 (Fuera de la estación de bombeo)					
Válvula para riego	2	30	60	Actuador eléctrico	NO

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Equipos hidromecánicos y auxiliares eléctricos estación de bombeo No.2

Item	Cant.	Potencia [kW]	Potencia total [kW]	Tipo de actuador	Equipo Esencial
Estación de bombeo No.2					
Canal de limpia					
Compuerta radial de servicio	1	15	15	Cilindros oleohidráulicos y UOH	SI
Tablón de mantenimiento	1	6	6	Motor polipasto	NO
Captación y desarenador					
Compuertas planas de entrada	3	5	5	Cilindros oleohidráulicos y UOH	SI
Tablones de cierre para mantenimiento compuertas	3	4.3	4.3	Motor polipasto	NO
Compuerta tipo guillotina para caudal ecológico, incluye actuador	1	5	5	Motor eléctrico	NO
Compuertas tipo guillotina de lavado de sedimentos, incluye actuador	3	5	15	Motor eléctrico	NO
Compuertas tipo guillotina tanque de carga	1	5	5	Motor eléctrico	NO
Estación de bombeo					
Bombas horizontales principales para riego	3	425	1275	Motor eléctrico	NO
Puente grúa casa máquinas	1	30	30	Motor polipasto	NO
Válvula mariposa succión	3	6	18	Actuador Eléctrico	NO
Válvula mariposa descarga	3	6	18	Actuador Eléctrico	NO
Sistema de ventilación y aire acondicionado	1	36	36	-	SI
Sistema de bombeo de drenaje y desagüe	1	18	18	-	NO
Tanque de almacenamiento No.2 (Fuera de la estación de bombeo)					
Válvula para riego	2	30	60	Actuador eléctrico	NO

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Equipos hidromecánicos y auxiliares eléctricos estación de bombeo No.3

Item	Cant.	Potencia [kW]	Potencia total [kW]	Tipo de actuador	Equipo Esencial
Estación de bombeo No.3					
Canal de limpia					
Compuerta radial de servicio	1	15	15	Cilindros oleohidráulicos y UOH	SI
Tablón de mantenimiento	1	6	6	Motor polipasto	NO
Captación y desarenador					
Compuertas planas de entrada	3	5	5	Cilindros oleohidráulicos y UOH	SI
Tablones de cierre para mantenimiento compuertas	3	4.3	4.3	Motor polipasto	NO
Compuerta tipo guillotina para caudal ecológico, incluye actuador	1	5	5	Motor eléctrico	NO
Compuertas tipo guillotina de lavado de sedimentos, incluye actuador	3	5	15	Motor eléctrico	NO
Compuertas tipo guillotina tanque de carga	1	5	5	Motor eléctrico	NO
Estación de bombeo					
Bombas horizontales principales para riego	3	442	1326	Motor eléctrico	NO
Bombas horizontales bombeo uso MINSAs	2	93.5	187	Motor eléctrico	NO
Puente grúa casa máquinas	1	30	30	Motor	NO
Válvula mariposa succión riego	3	6	18	Actuador Eléctrico	NO
Válvula mariposa descarga riego	3	6	18	Actuador Eléctrico	NO
Válvula mariposa succión abastecimiento	2	2	4	Actuador Eléctrico	NO
Válvula mariposa descarga abastecimiento	2	2	4	Actuador Eléctrico	NO
Sistema de ventilación y aire acondicionado	1	50	50	-	SI
Sistema de bombeo de drenaje y desagüe	1	25	25	-	NO
Tanque de almacenamiento No.3 (Fuera de la estación de bombeo)					
Válvula para riego	2	30	60	Actuador eléctrico	NO
Válvula para abastecimiento	2	6	12	Actuador eléctrico	NO

Elaboración propia.

Tabla 9. Equipos hidromecánicos y auxiliares eléctricos estación de bombeo No.4

Item	Cant.	Potencia [kW]	Potencia total [kW]	Tipo de actuador	Equipo Esencial
Estación de bombeo No.4					
Canal de limpia					
Compuerta radial de servicio	1	15	15	Cilindros oleohidráulicos y UOH	SI
Tablón de mantenimiento	1	6	6	Motor polipasto	NO
Captación y desarenador					
Compuertas planas de entrada	3	5	5	Cilindros oleohidráulicos y UOH	SI
Tablones de cierre para mantenimiento compuertas	3	4.3	4.3	Motor polipasto	NO
Compuerta tipo guillotina para caudal ecológico, incluye actuador	1	5	5	Motor eléctrico	NO
Compuertas tipo guillotina de lavado de sedimentos, incluye actuador	3	5	15	Motor eléctrico	NO
Compuertas tipo guillotina tanque de carga	1	5	5	Motor eléctrico	NO
Estación de bombeo					
Bombas horizontales principales para riego	3	770	2310	Motor eléctrico	NO
Puente grúa casa máquinas	1	30	30	Motor polipasto	NO
Válvula mariposa succión	3	6	18	Actuador Eléctrico	NO
Válvula mariposa descarga	3	6	18	Actuador Eléctrico	NO
Sistema de ventilación y aire acondicionado	1	53	53	-	SI
Sistema de bombeo de drenaje y desagüe	1	25	25	-	NO
Tanque de almacenamiento No.4 (Fuera de la estación de bombeo)					
Válvula para riego	2	30	60	Actuador eléctrico	NO

Fuente: Elaboración propia.

En el Anexo 3. Cuadro de cargas estaciones de bombeo sobre el río Parita se detalla el listado de cargas de las estaciones de bombeo considerando los servicios para sistemas de iluminación y tomacorrientes, servicios de los tableros de control, comunicaciones y CCTV, estos últimos alimentados mediante UPS's.

En cada una de las estaciones se instalará un transformador de distribución principal cuya potencia seleccionada estará acorde con la demanda coincidente en cada estación, véase resumen Tabla 2, y cuyo nivel de tensión por el lado de alta será 34,5 kV, de acuerdo con la alternativa de conexión propuesta para cada uno de los bombes.

4.2.4.1. Configuración desde el lado secundario del transformador principal

Estaciones de bombeo No.1, No.2, No.3 y No.4.

Para las estaciones de bombeo No.1 y No.4 el nivel de tensión de los terminales del secundario del transformador principal será de 4,16 kV, valor seleccionado considerando la potencia de los motores de los grupos de bombeo principales asociados al suministro de agua para riego, la cual se encuentra entre 0,77 MW y 0,8 MW. Este nivel de tensión es estándar en Panamá, conforme al RIE Tabla 2.

Para las estaciones de bombeo No.2 y No.3 el nivel de tensión de los terminales del secundario del transformador principal será de 480 V, valor recomendado considerando la potencia de los motores de los grupos de bombeo principales asociados al suministro de agua para riego, la cual se encuentra entre 0,425 MW y 0,442 MW y para abastecimiento de 0,093 MW.

Para todos los motores asociados al bombeo de riego para reducir fluctuaciones en el sistema ocasionadas por el arranque directo de los motores y tener la posibilidad de realizar regulación de caudales, se plantea el arranque y operación mediante variadores de frecuencia-VDF para la última unidad a ser arrancada. Para las demás unidades se plantea el arranque mediante arrancadores suaves.

Para los motores asociados al bombeo de abastecimiento de la estación de bombeo No.3 para reducir fluctuaciones en el sistema ocasionadas por el arranque directo de los motores, se plantea el arranque mediante arrancadores suaves.

Para las estaciones No.1 y No.4 a nivel de media tensión a 4,16 kV se configuraría el sistema mediante celdas para:

- La conexión del transformador de distribución desde el lado de media tensión con la estación de bombeo.
- El suministro de energía a cada uno de los variadores de frecuencia y arrancadores suaves para los grupos de bombeo de riego.
- Medición de energía.
- El suministro de energía para el transformador de sistemas auxiliares de la estación de bombeo y de la captación correspondiente.
- El suministro de energía para el tanque de almacenamiento. (Tanque No.1, ubicado a 900 metros de la estación y Tanque No.4, ubicado a 1000 metros de la estación).

Para las estaciones No.2 y No.3 a nivel de baja tensión a 480 V se configuraría el sistema para:

- La conexión del transformador de distribución desde el lado de baja tensión con la estación de bombeo.
- El suministro de energía a cada uno de los variadores de frecuencia y arrancadores suaves para los grupos de bombeo de riego.
- El suministro de energía a cada uno de los arrancadores suaves para los grupos de bombeo de abastecimiento (solo estación No.3).
- Medición de energía.
- El suministro de energía para el transformador de sistemas auxiliares de la estación de bombeo y de la captación correspondiente.
- El suministro de energía para el tanque de almacenamiento (Tanque No.2, ubicado a 700 metros de la estación y Tanque No.3, ubicado a 600 metros de la estación).

En la Figura 10, Figura 11, Figura 12 y Figura 13 se presenta la configuración prevista para los grupos de bombeo de las estaciones de bombeo. En el Anexo 4 se presentan los diagrama unifilares de la cuenca Parita.

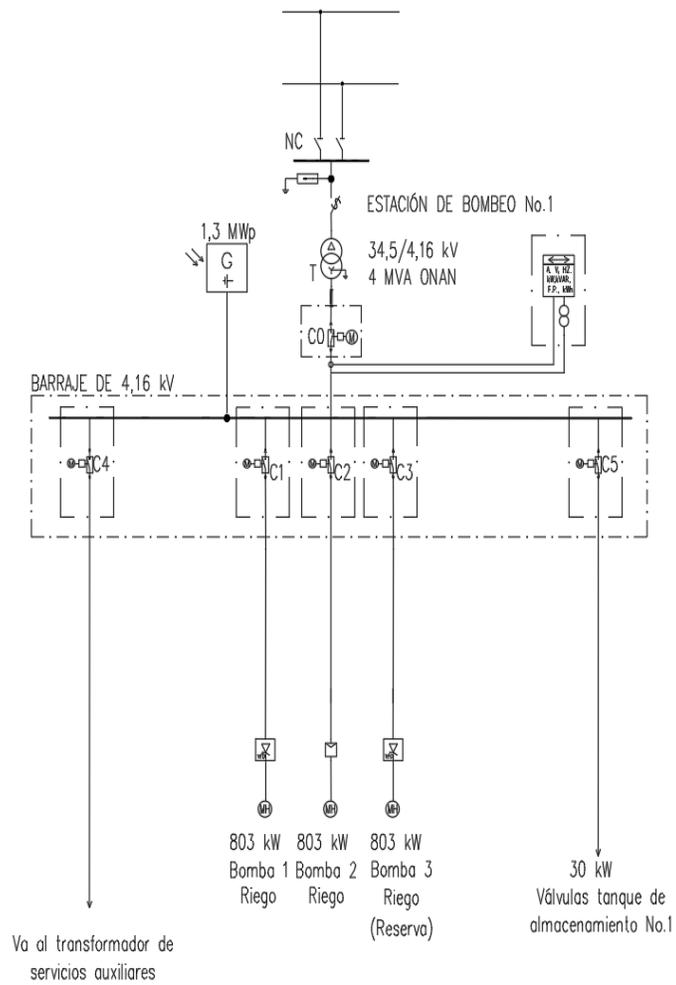


Figura 10. Esquema de instalaciones media tensión estación de bombeo No.1
Fuente: Elaboración propia.

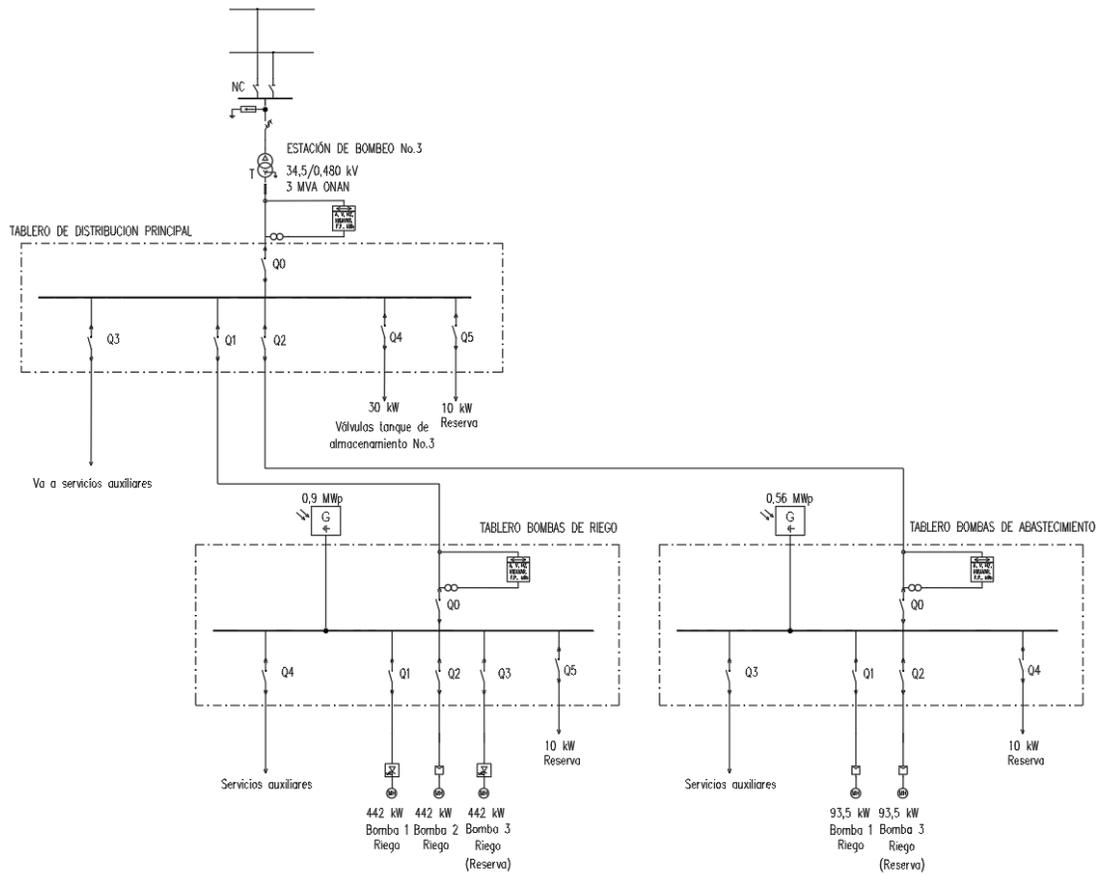


Figura 12. Esquema de instalaciones baja tensión estación de bombeo No.3
Fuente: Elaboración propia.

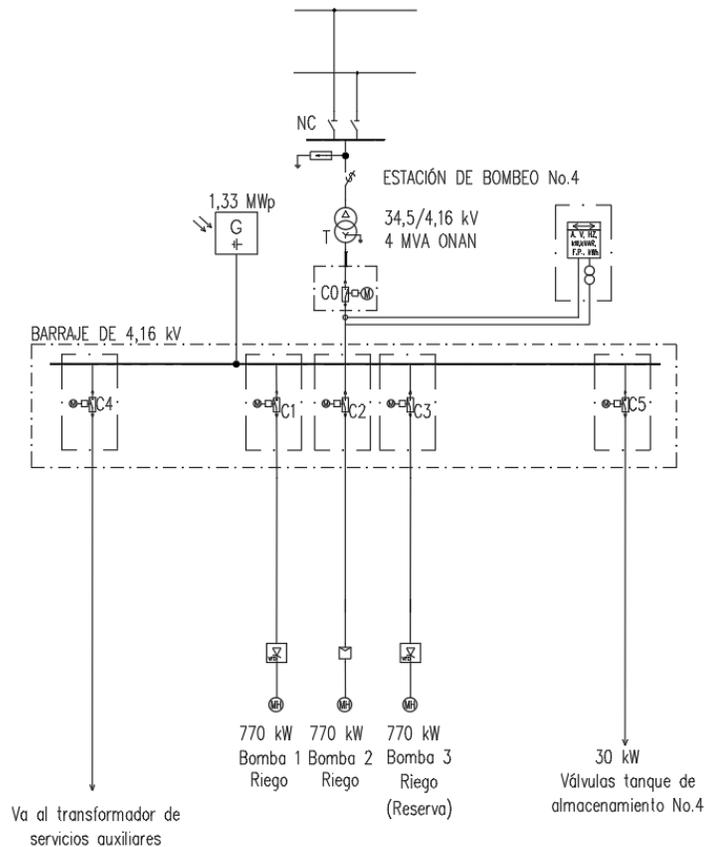


Figura 13. Esquema de instalaciones media tensión estación de bombeo No.4
Fuente: Elaboración propia.

Estaciones de bombeo - Servicios auxiliares en baja tensión

Para los servicios auxiliares de baja tensión en corriente alterna en cada una de las casas de máquinas de las estaciones de bombeo No.1 y No.4, se prevé la instalación de un transformador de servicios auxiliares de 4,16 /0,480 kV. Cada transformador tendrá la capacidad de suplir los servicios de toda la estación de bombeo y las obras asociadas a la captación. Los transformadores serían instalados al exterior de la casa de máquinas. Adicionalmente, se prevé la instalación de una planta Diésel con capacidad de suministro de las cargas esenciales del sistema de bombeo y la captación.

Los servicios auxiliares de baja tensión en corriente alterna en cada una de las casas de máquinas de las estaciones de bombeo No.2 y No.3 serían alimentados directamente desde el tablero de distribución principal.

La configuración eléctrica del sistema en baja tensión se presenta en la Figura 14, Figura 15, Figura 16 y Figura 17. En el cual se dispone de un tablero de distribución principal a ubicarse en la casa de máquinas, desde el cual se derivan los servicios auxiliares para el sistema de bombeo y tres acometidas principales hacia las obras de la captación, el canal de limpia y el sistema de lavado de sedimentos, obras en las cuales se dispondrá un tablero de distribución secundario para suministro a los equipos hidromecánicos y servicios de iluminación y tomacorrientes en esta zonas.

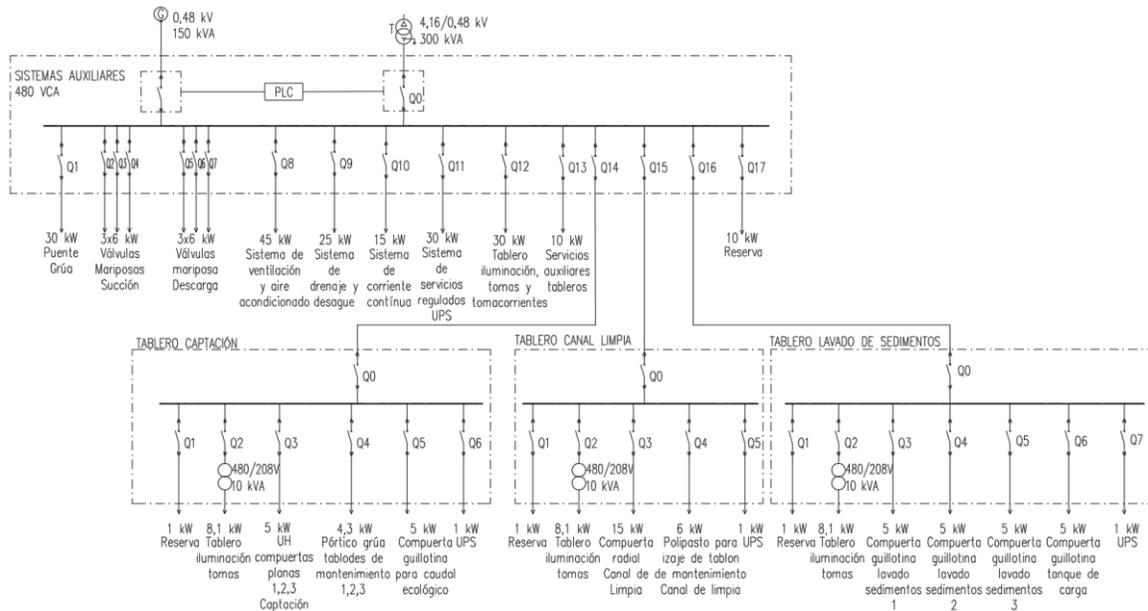


Figura 14. Esquema de instalaciones de servicios auxiliares estación de bombeo No.1
Fuente: Elaboración propia.

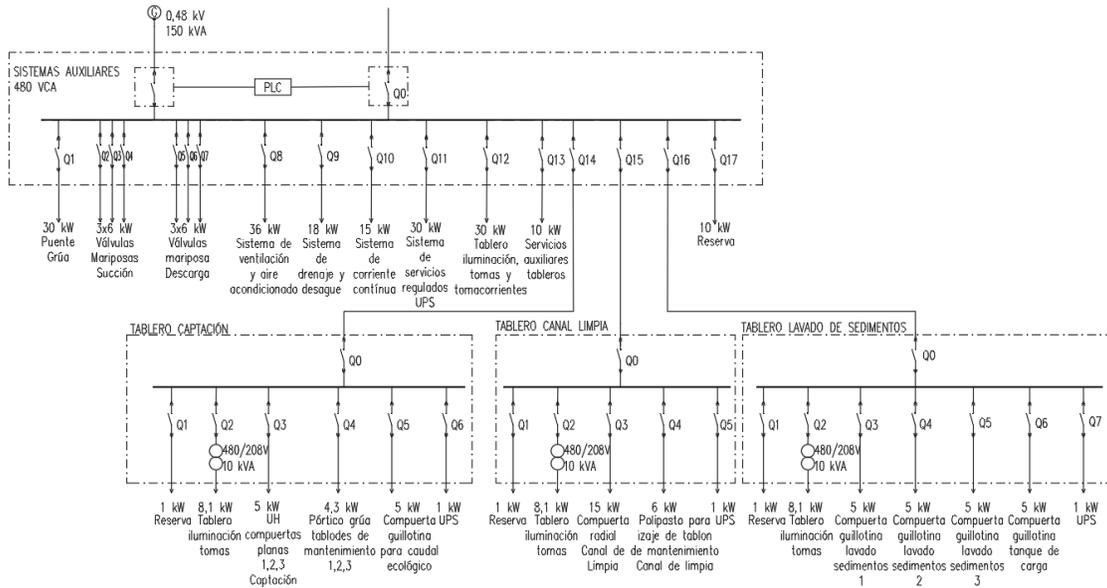


Figura 15. Esquema de instalaciones de servicios auxiliares estación de bombeo No.2
Fuente: Elaboración propia.

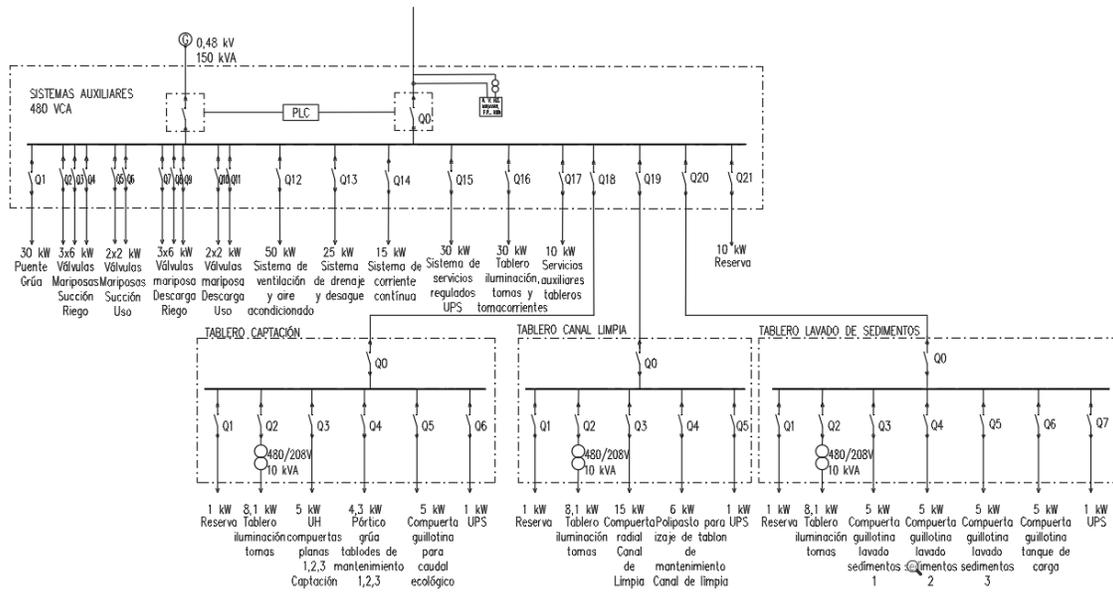


Figura 16. Esquema de instalaciones de servicios auxiliares estación de bombeo No.3
Fuente: Elaboración propia.

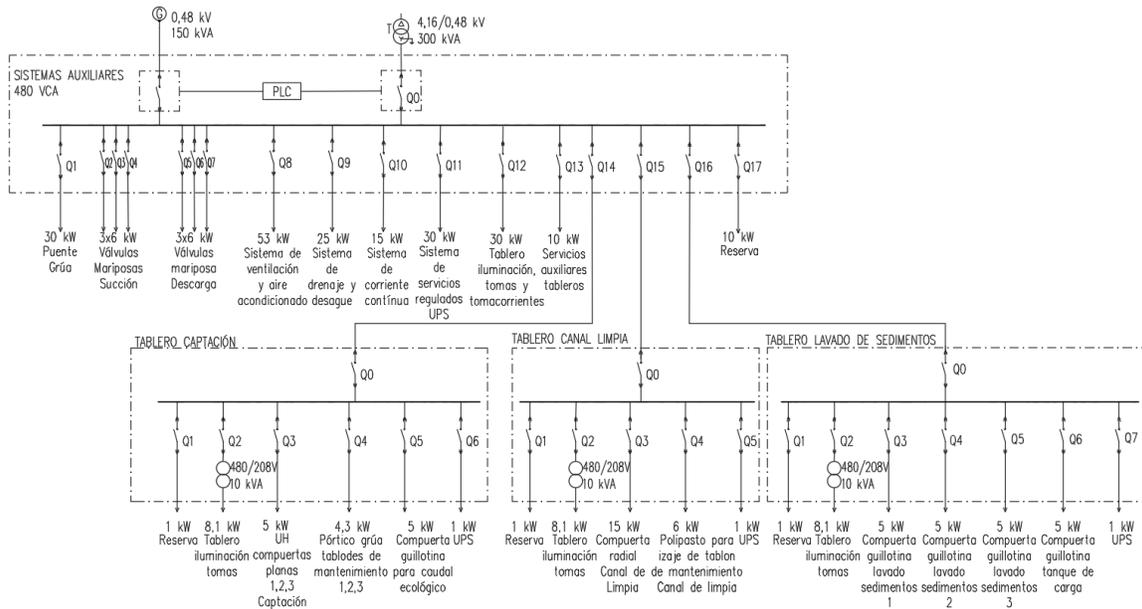


Figura 17. Esquema de instalaciones de servicios auxiliares estación de bombeo No.4
Fuente: Elaboración propia.

5. DISEÑO SISTEMAS DE CONTROL Y COMUNICACIONES

5.1. GENERAL

El sistema de control del proyecto contará con dos sistemas de supervisión y control, independientes entre sí. Un sistema de supervisión y control para el servicio de Riego, y otro sistema de control para el servicio de Abastecimiento. Adicionalmente, se tendrá un sistema de supervisión y control local independiente para la descarga de fondo de la presa principal, y un sistema de monitoreo de la instrumentación geotécnica.

Los sistemas de control serán jerárquicos y distribuidos, tendrán como función permitir la supervisión y operación de los sistemas mecánicos y eléctricos del proyecto, esto incluye compuertas, válvulas, bombas, y unidades oleo hidráulicas, ubicados en la descarga de la presa principal, y en las estaciones de bombeo.

Para la presa se contemplan:

- Tablero para la descarga de fondo
- Tablero para descarga de usos servicio de riego
- Tablero para descarga de usos servicio de abastecimiento

Para cada una de las estaciones de bombeo:

- Tablero para la captación
- Tablero para las bombas de riego en cada estación de bombeo (1 a 4)
- Tablero para las bombas de abastecimiento en la estación 3 de bombeo

Para los tanques de ruptura de presión:

- Una I/O remota para monitoreo del estado de los equipos mecánicos

El sistema de control contará con una red de comunicaciones la cual servirá para integrar los dispositivos de control en los distintos sitios del proyecto.

Se plantea que cada sitio cuente con vigilancia por circuito cerrado de televisión CCTV y un sistema de detección y alarma de incendio SCI.

La operación de la cuenca se podrá hacer desde una estación de operación para cada uso, donde se integren los sistemas de control.

Teniendo en cuenta que las estructuras se podrán construir en etapas, las estaciones de operación serán ubicadas temporalmente en la caseta de la primera estación de bombeo que sea construida. Posteriormente, se plantea que las dos estaciones de operación sean ubicadas en la caseta de la Estación de Bombeo 3 (una vez entre en operación), dado que solo en esta estación se tendrán los servicios de riego y abastecimiento.

5.2. CRITERIOS DE DISEÑO

5.2.1. Normas

Las siguientes normas, en su versión vigente, aplican para el diseño conceptual y posteriores etapas para los equipos y sistemas de control y comunicaciones

Sistemas de supervisión y control:

- IEC 61000: Electromagnetic compatibility
- IEC 61131: Standard for programmable controllers
- ANSI/ISA S5.1: Instrumentation symbols and identification
- IEC 60529: Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)

Redes

:

- EIA/TIA-568B.1, “Standard Commercial Building Telecommunications Wiring Standard”
- EIA/TIA 606, “The administration Standard of the Telecommunications Infrastructure of Commercial Building”
- IEC 62443: Industrial Network and system security
- ITU-T G. 652: Characteristics of a single mode optical cable
- IEC 60794: Optical fibre cables

5.2.2. Criterios generales

Los diseños se realizarán según los siguientes criterios:

- Todos los equipos serán robustos, confiables y de última tecnología
- Los equipos electrónicos estarán protegidos frente a variaciones de la fuente de alimentación y descargas eléctricas
- Se considerarán redundancias en los componentes críticos de los controladores tales como CPUs y fuentes de alimentación.
- El diseño se basará en sistemas y protocolos de comunicación no propietarios y abiertos.
- Todos los equipos serán resistentes a la intemperie, corrosión y al uso, de acuerdo con las condiciones ambientales del sitio.
- Se considerarán instrumentos redundantes para las medidas críticas.
- El suministro del equipo electrónico deberá ser comprado en una etapa avanzada del proyecto para asegurarse que la tecnología sea tan actual como sea posible al momento de la puesta en marcha de los equipos.

5.3. SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control contará con 3 niveles jerárquicos como se muestra en la arquitectura general documento AZUPA-ES-TT-GRAL-06-001.

Nivel 0: Consta de los instrumentos y equipos mecánicos, los cuales serán integrados en el tablero de nivel 1 del subsistema correspondiente.

Nivel 1: Conformado por los tableros de control y fuerza de cada unidad oleo hidráulica y de las bombas de cada estación de bombeo. A estos tableros se integran las señales de los instrumentos y equipos eléctricos asociados al subsistema. Cada subsistema opera independientemente desde su correspondiente tablero de nivel 1. Los tableros de nivel 1 recibirán las consignas de operación, para el caso donde aplique operación automática, las cuales podrán ser ingresadas de forma local en el tablero o de forma remota desde la estación de operación en el nivel 2 de control.

Nivel 2: El nivel de control 2 corresponde a las estaciones de operación desde las cuales se podrán supervisar los tableros de nivel 1 del uso correspondiente. También será posible generar consignas de operación desde esta estación hacia cada tablero que cuente con operación remota de nivel 1.

5.3.1. Modos de control y filosofía de operación

El sistema de control contará con los siguientes modos de control:

- Local-Manual: En el modo de control local-manual, el operador podrá accionar los equipos mecánicos asociados al tablero de nivel 1 correspondiente, por medio de las interfaces físicas de cada tablero. Para realizar la operación, estarán disponibles para el operador las señales provenientes de cada instrumento del subsistema, las cuales serán visibles en el tablero. El controlador del tablero contará con los enclavamientos mínimos para permitir la operación segura del subsistema. Este modo servirá también para realizar maniobras de mantenimiento.
- Local-Automático: En el modo de operación local-automático, el controlador de cada tablero de nivel 1 será el responsable de generar los comandos hacia los equipos mecánicos basándose en las lecturas de los instrumentos, en las curvas de operación de los equipos y en la consigna de operación que podrá recibir de forma local o remota.
- Remoto: Este será el modo normal de operación, donde el operador podrá ingresar las consignas desde el nivel 2 de control.

5.3.2. Instrumentación

Cada subsistema contará con la instrumentación que permita la operación segura del mismo.

Todas las unidades oleo hidráulicas del proyecto contarán con instrumentación para medir temperatura, nivel y presión de las cubas y los circuitos de aceite. Todas las compuertas y válvulas de regulación de caudales de agua contarán con instrumentos de posición. Todos los actuadores eléctricos contarán con señales de salida que indiquen el estado del actuador.

Para el reservorio, por cada servicio (descarga de fondo, descarga de usos para riego, y descarga de usos para abastecimiento), habrán instrumentos redundantes de medición de nivel.

En la captación de cada estación de bombeo se contará con instrumentos de medición de nivel en la bocatoma, instrumentos de medición de nivel de sedimentos en los desarenadores. En los tanques de carga habrá medición de nivel redundante.

Las válvulas y compuertas que requieran apertura con equilibrio de presiones contarán con instrumentos de medición de presión del agua, aguas arriba y aguas abajo para verificar el equilibrio de presiones.

En las tuberías de salida de las casetas de bombeo se contará con medición de presión y caudal del agua bombeada.

Para los tanques de ruptura de presión de cada estación de bombeo se contará con monitoreo del estado de las válvulas, señales que serán integrada al sistema de supervisión y control por medio de un módulo de entradas y salidas remoto (I/O remoto).

5.4. INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA

Para la presa principal se tendrá monitoreo de la instrumentación geotécnica mencionada en el Volumen Geotécnico del informe de diseño. La información quedará disponible de forma remota por conexión a internet, ver plano AZUPA-ES-TT-GRAL-06-003. Dicha conexión a internet será contratada con un proveedor de servicios de comunicación.

5.5. RED DE COMUNICACIONES

Para cada servicio (riego/abastecimiento), el proyecto contará con una infraestructura de comunicaciones para el envío de información desde cada estación de bombeo, desde cada tanque de ruptura de presión, y desde la zona de la presa principal, hasta las estaciones de operación donde se centralizará la supervisión y el control.

Esta red contará con canales físicos y/o virtuales independientes para cada sistema (Control, CCTV, SCI).

Para la comunicación entre las estaciones de bombeo y la presa, se plantea utilizar fibra óptica ADSS tendida en la misma infraestructura de la línea de alimentación eléctrica entre las estaciones.

Para la comunicación con los tanques de ruptura de presión, se plantea utilizar fibra óptica ADSS para tender en los postes de alimentación eléctrica o en tubería usando la misma zanja de la conducción de agua.

5.6. SISTEMA DE CCTV

Cada servicio contará con vigilancia por circuito cerrado de televisión, la cual consistirá en cámaras de video a ser ubicadas en el interior de cada caseta de estación de bombeo, cada cámara de compuertas y válvulas, y cada caseta con unidades oleohidráulicas; del servicio correspondiente.

Las cámaras serán orientadas hacia los equipos mecánicos, los tableros eléctricos y los accesos.

Adicionalmente el proyecto contará con cámaras para vigilancia de la presa principal, su captación, su descarga de fondo, y el vertedero.

Se contempla redundancia en las cámaras que se ubiquen en sitios compartidos por los dos usuarios (riego-abastecimiento) para integrarlas a cada una de las dos estaciones de operación.

Los grupos de cámaras en cada sitio del proyecto serán agrupados en un rack de CCTV ubicado en el sitio correspondiente. Desde este rack de CCTV se realizará la conexión a la red de comunicaciones. En la misma ubicación de las estaciones de operación (bombeo 3), habrá un sistema de grabación y administración de video que permita gestionar el contenido de las cámaras, por usuario, y permita visualizar en una pantalla dedicada para el sistema de CCTV.

5.7. SISTEMA DE DETECCIÓN Y ALARMA DE INCENDIO SCI

El proyecto contará con un sistema de extinción el cual estará conformado como se indica en el Volumen Mecánico del informe de diseño.

Para cada sitio a ser protegido, se contará con un panel contra incendio PCI. Todos los instrumentos requeridos para la detección de incendios serán cableados al PCI local el cual será independiente de los otros PCI y generará las alarmas para la detección de conato de incendio.

Cada PCI generará señales de estado y supervisión que serán enviadas a cada controlador de proceso del sitio correspondiente, para llevar a cabo acciones de paro de emergencia. Adicionalmente, la red de los paneles contra incendio se centralizará en el panel principal ubicado en la estación de bombeo 3, desde donde se podrán visualizar los detectores direccionables que se activen.

5.7.1. Criterios de diseño del sistema SCI

La funcionalidad de este subsistema será la de preservar la vida humana, como primer objetivo, los activos más importantes del proyecto como segundo objetivo y disminuir el lucro cesante como tercer objetivo. Por lo tanto, se contemplan sistemas que permitan una detección temprana de conatos de incendio y una anunciación oportuna al personal cercano y al personal de operación.

El sistema se define del tipo direccionable, por lo que se considera un panel de detección de incendio, dispositivos de inicialización y anunciación de alarma, automáticos y manuales.

Dado que se considera que los sitios serán inatendidos, la visualización y anunciación se realizará desde el panel principal en la estación de bombeo 3 y las alarmas serán notificadas al sistema de control, mediante conexión al sitio correspondiente.

El cableado del sistema al interior de los sitios del proyecto se plantea por ductos independientes a otras redes, según lo requerido por la NFPA 70.

5.7.2. Normas para el sistema contra incendio SCI

Para el sistema de detección y alarma de incendio aplican las siguientes normas:

- NFPA 13, Standard for the Installation of Sprinkler Systems
- NFPA 14, Standard for the Installation of Standpipe and Hose Systems
- NFPA 20, Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection
- NFPA 70, National Electric Code
- NFPA 72, National Fire Alarm and Signaling Code
- NFPA 92, Standard for Smoke Control Systems
- NFPA 101, Life Safety Code
- NFPA 170, Standard for Fire Safety and Emergency Symbols