

# **INFORME DE DISEÑO CONCEPTUAL, RESERVORIOS MULTIPROPÓSITO CUENCA PERALES - PRESA GUARARE**

## **VOLUMEN MECÁNICA**

**JUNIO 2020**

---

# INFORME DE DISEÑO CONCEPTUAL, RESERVORIOS MULTIPROPÓSITO CUENCA PERALES - PRESA GUARARE

## VOLUMEN MECÁNICA



**CANAL DE PANAMÁ**

**JUNIO 2020**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. RESUMEN EJECUTIVO</b>	4
<b>2. OBJETIVOS</b>	5
<b>3. ANTECEDENTES</b>	5
<b>4. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE TRABAJO</b>	6
<b>5. DISEÑO DE EQUIPOS MECÁNICOS PRESA GUARARÉ</b>	7
5.1. TÚNEL DE DESVÍO	7
5.1.1. Compuerta planas de ruedas	7
5.1.2. Blindaje de solera	8
5.2. DESCARGA DE FONDO	8
5.2.1. Compuerta radial de descarga de fondo	8
5.2.2. Compuerta de guarda	9
5.2.3. Blindaje descarga de fondo	10
5.3. DESCARGA DE USOS	11
5.3.1. Rejas de captación	11
5.3.2. Válvulas de descarga de usos	12
5.3.3. Válvula de cono fijo Howell Bunger	12
5.3.3.1. Cuerpo	12
5.3.3.2. Obturador	13
5.3.3.3. Sistema de accionamiento	13
5.3.4. Válvula de guarda	13
5.3.4.1. Condiciones de operación	13
5.3.4.2. Eje.	13
5.3.4.3. Sistema de accionamiento para las válvulas mariposas y Howell Bunger	13
5.3.4.4. 5.3.5.4..Bypass y Válvulas de aireación	14
5.3.5. Blindaje y tubería descarga de usos	14
<b>6. DISEÑO EQUIPOS MECÁNICOS ESTACIONES DE BOMBEO</b>	15
6.1. CAPTACIONES	15
6.2. ESTACIONES DE BOMBEO	16
6.3. SISTEMAS AUXILIARES	18
6.3.1. Sistema contra incendio	18
6.3.2. Sistema de Ventilación y Aire Acondicionado	18
<b>7. REFERENCIAS</b>	19

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características principales de las compuertas planas del túnel de desvío.

Tabla 2. Características principales de las compuertas de la descarga de fondo.

Tabla 3. Características principales de las rejas de la captación del caudal ambiental.

Tabla 4. Características principales de la válvula Howell Bungler

Tabla 5. Características principales de la válvula mariposa

Tabla 6. Características principales de la compuertas de la captación.

Tabla 7. Características principales de las rejas de la captación.

Tabla 8. Características principales de la compuertas del canal de limpia.

Tabla 9. Características principales de las estaciones de bombeo.

## 1. RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento contiene el informe de diseño a nivel conceptual de los equipos mecánicos de la Presa Guararé y las diferentes captaciones y estaciones de bombeo localizadas sobre el río Guararé.

## 2. OBJETIVOS

Los objetivos de la etapa de diseño conceptual de los equipos de la cuenca del río Perales - presa Guararé fueron los siguientes:

- Realizar el dimensionamiento a nivel conceptual de los equipos hidromecánicos, blindajes y tuberías, con el suficiente nivel de detalle para su diseño conceptual y estimación de su costo.
- Determinar las potencias de los equipos mecánicos para servir como base de los diseños eléctricos.
- Estimar el costo de los equipos para elaborar el presupuesto del proyecto.

## 3. ANTECEDENTES

Como se describe en detalle en el *INFORME I AZU-ING-INF-GU-028* elaborado en el marco del presente estudio, en una primera fase se realizaron los análisis de alternativas en la cuenca del río Perales, identificando los sitios de emplazamiento de reservorios que permitieran el máximo suministro de agua a las demandas identificadas del área de estudio. Una vez definidos los esquemas de la presa, captaciones y estaciones de bombeo se procedieron con la definición de equipos.

## 4. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE TRABAJO

El dimensionamiento a nivel conceptual de los diferentes equipos mecánicos se realizó con base en las características y dimensiones establecidas en los esquemas generales de proyecto, los cuales se presentan en el *INFORME DE DISEÑO CONCEPTUAL, RESERVIOS MULTIPROPÓSITO CUENCA PERALES - PRESA GUARARE VOLUMEN HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA (AZU-ING-INF-GU-033)*. Los esquemas de referencia son los siguientes:

- AZUGU-PG-J-PGEN-00-0001
- AZUGU-PG-J-TUNE-04-0001
- AZUGU-PG-J-DEFO-04-0001
- AZUGU-PG-J-DEUS-04-0002
- AZUGU-PG-J-TMCM-04-0001
- AZUGU-PG-J-TMCM-04-0002
- AZUGU-PG-J-TMCM-04-0003
- AZUGU-PG-J-TMCM-04-0004

Para los equipos hidromecánicos como rejas y compuertas se realizó un estimativo de peso a partir de correlaciones estadísticas de equipos instalados en proyectos similares.

El dimensionamiento a nivel conceptual de los blindajes y tuberías se realizó a partir de la dimensión de las secciones y longitudes indicadas en los esquemas hidráulicos de cada una de los tramos. Se calculó el espesor de cada tramo de blindaje teniendo en cuenta el diferencial de presión y los esfuerzos sobre la lámina que conforma el blindaje y el anillo rigidizador, verificando que los esfuerzos admisibles no sean excedidos. Adicionalmente se adicionó un sobre espesor por corrosión.

Para el dimensionamiento de la tubería se calculó el espesor del material considerando criterios de presión interna, manipulación y transporte, y espesor por corrosión. Con el espesor obtenido se verificó que los esfuerzos no sobrepasaran el esfuerzo admisible del material. En cuanto a los equipos como válvulas y bombas se realizó su selección con base en catálogos de fabricantes de acuerdo con los parámetros básicos como rango de caudales y alturas hidráulicas.

Para la disposición y dimensionamiento de las estaciones de bombeo, se realizó la caracterización de los diferentes grupos los cuales incluyen las bombas necesarias para cubrir la demanda requerida para riego y la demanda requerida para abastecimiento.

## 5. DISEÑO DE EQUIPOS MECÁNICOS PRESA GUARARÉ

### 5.1. TÚNEL DE DESVÍO

Según se explica en detalle en el Volumen de Hidrología e Hidráulica, el sistema de desviación estará compuesto por un sistema de pre ataguía, ataguía y contra ataguía, en combinación con un túnel de desviación en el suroriente del río, dimensionado de tal forma que garantice el paso de las aguas del río Guararé durante la construcción del proyecto sin comprometer la seguridad de las obras.

El cierre del túnel de desviación para el llenado del reservorio se realizará con dos compuertas planas de ruedas ubicadas en los vanos del portal de entrada. Para protección de la solera por abrasión de sedimentos se preverá un blindaje inferior en la zona adyacente al asiento de sello de las compuertas.

#### 5.1.1. Compuertas planas de ruedas

Las compuertas tendrán la membrana del tablero (“*skin plate*”), y los sellos ubicados en el lado aguas abajo. Estos elementos permitirán el cierre del túnel de desvío para el llenado del reservorio.

Las compuertas serán especificadas para cerrar bajo su propio peso a contraflujo con el caudal del túnel. Cada una de las compuertas tendrá las dimensiones y características indicadas en la siguiente tabla.

Tabla 1. Características principales de las compuertas planas del túnel de desvío.

Descripción	Unidad	Valor
Cantidad de compuertas	Un	2
Tipo de compuerta	-	Plana de ruedas
Tipo de accionamiento	-	Oleo-hidráulico de doble efecto
Velocidad de apertura y cierre de la compuerta	m/min	0.6
Nivel normal de operación (NAMO)	mPLD	150
Nivel máximo extraordinario de operación del reservorio (NAME)	mPLD	154.5
Altura de carga por nivel normal de operación (NAMO)	mca	64
Altura de carga por nivel extraordinario de operación (NAME)	mca	68.5
Nivel de solera	mPLD	86.05
Ancho de la compuerta entre los sellos laterales	m	3

Altura del sello del dintel con respecto a la solera	m	3
Ancho del vano hidráulico	m	2.6
Altura del vano hidráulico	m	2.6

### 5.1.2. Blindaje de solera

Se preverá un blindaje inferior en la zona adyacente al asiento de sello de las compuertas con el fin de proteger la zona contra la abrasión y evitar daños en el concreto que soporta el asiento inferior de la compuerta. El blindaje cubrirá la solera y 1 m de las paredes del vano. La longitud de este blindaje es de 4,5 m.

El material del blindaje será en acero al carbono ASTM A537 Cl.1 y contará con anillos rigidizadores para evitar deformación del blindaje ocasionada por presión externa. Este blindaje estará soldado a la caja de las compuertas y contará con todos los componentes para su nivelación como pernos y platinas embebidas en el concreto.

## 5.2. DESCARGA DE FONDO

La descarga de fondo del proyecto Guararé estará constituida por una estructura de entrada, seguido de un blindaje hasta la caseta de compuertas y un portal de salida.

La cámara de compuertas se posicionará en planta de manera tal que se localiza aguas abajo de la cortina de inyecciones de la presa, además contará con una galería de acceso, la cual servirá para el suministro de aire. La cámara de compuertas estará provista de una compuerta plana deslizante (compuerta de guarda) y una compuerta radial (compuerta de servicio).

La compuerta de servicio permitirá la operación para aperturas parciales. La compuerta de guarda operará en el caso de un atascamiento de la compuerta de servicio; con la que se podrá cerrar a contraflujo para permitir cualquier labor de mantenimiento con una presión correspondiente a la presión producida por el nivel máximo normal de operación del reservorio.

### 5.2.1. Compuerta radial de descarga de fondo

La compuerta de control de caudal será del tipo radial sumergida con sello periférico, accionada por un servomotor hidráulico de doble efecto. Esta compuerta estará ubicada en el extremo de aguas abajo del conducto, en la estructura de salida de la descarga de fondo. Para el accionamiento de los servo cilindros habrá una unidad hidráulica y un tablero de control. La unidad hidráulica y el tablero de control servirán a la compuerta de operación y a la compuerta de guarda. La unidad hidráulica estará provista de dos bombas de aceite idénticas, una de ellas de suplencia, impulsadas por motores eléctricos trifásicos.

La compuerta tendrá capacidad de abrir con presiones desbalanceadas y cerrar contraflujo, con el nivel máximo de agua en el reservorio. Su apertura podrá ser total o parcial.

Las condiciones de apertura de la compuerta dependen del control de llenado del reservorio y se mantendrá en esta posición por medio del actuador hidráulico.

La compuerta tendrá las dimensiones y características indicadas en la siguiente tabla.



Tabla 2. Características principales de la compuerta radial de la descarga de fondo.

Descripción	Unidad	Valor
Cantidad de compuertas	Un	1
Tipo de compuerta	-	Radial
Tipo de accionamiento	-	Cilindros Oleo hidráulicos de doble efecto
Velocidad de apertura y cierre de la compuerta	m/min	0.6
Nivel normal de operación (NAMO)	mPLD	150
Nivel máximo extraordinario de operación del reservorio (NAME)	mPLD	154.5
Altura de carga por nivel normal de operación (NAMO)	mca	49.92
Altura de carga por nivel extraordinario de operación (NAME)	mca	54.42
Nivel de solera	mPLD	101
Ancho de la compuerta entre los sellos laterales	m	2.1
Altura del sello del dintel con respecto a la solera	m	2.5
Ancho del vano hidráulico	m	1.8
Altura del vano hidráulico	m	2.25

### 5.2.2. Compuerta de guarda

La compuerta de guarda de la descarga de fondo será del tipo tablero deslizante, apta para cierre contra flujo de agua bajo su propio peso, o con ayuda del servo cilindro hidráulico de doble efecto, en caso de que la compuerta radial de operación se quede trabada en posición abierta.

La compuerta siempre se abrirá con presión equilibrada, después de llenar el tramo del conducto comprendido entre la compuerta de guarda y la de operación, haciendo uso de una tubería en acero para tal fin. También se tendrá un sistema para la evacuación del aire del conducto cuando se está llenando el conducto.

Esta compuerta será accionada por medio de un servo cilindro hidráulico de doble efecto, ubicado en la cámara superior, sobre un pedestal de soporte encima de la tapa de la caja. Esta compuerta se empleará solo al momento de efectuar los mantenimientos o cuando se presenta atascamiento de la compuerta radial o inspección del blindaje de la descarga de

fondo. Esta compuerta únicamente será operada de manera local por acción del servo cilindro, el cual contará con una velocidad de operación.

Normalmente el cierre de la compuerta se efectuará con presiones equilibradas, con la compuerta radial de la descarga de fondo totalmente cerrada. No obstante, la compuerta estará diseñada para cerrar contra el flujo máximo por efecto de su propio peso venciendo las fricciones en los sellos.

Tabla 3. Características principales de la compuerta de guarda de la descarga de fondo.

Descripción	Unidad	Valor
Cantidad de compuertas	Un	1
Tipo de compuerta	-	Plana deslizante
Tipo de accionamiento	-	Oleo hidráulico de doble efecto
Velocidad de apertura y cierre de la compuerta	m/min	0.5 - 1.0
Nivel normal de operación (NAMO)	mPLD	150
Nivel máximo extraordinario de operación del reservorio (NAME)	mPLD	154.5
Altura de carga por nivel normal de operación (NAMO)	mca	49.92
Altura de carga por nivel extraordinario de operación (NAME)	mca	54.42
Nivel de solera	mPLD	101
Ancho de la compuerta entre los sellos laterales	m	2.1
Altura del sello del dintel con respecto a la solera	m	2.5
Ancho del vano hidráulico	m	1.8
Altura del vano hidráulico	m	2.25

### 5.2.3. Blindaje descarga de fondo

Se previó un blindaje adyacente a las compuertas de descarga de fondo, el cual inicia de sección circular con transición a cuadrada y transición de sección cuadrada a rectangular para la conducción a la compuerta radial de la descarga de fondo.

El material del blindaje será en acero al carbono ASTM A537 Cl.1 y contará con anillos rigidizadores para evitar deformación del blindaje ocasionada por presión externa.

Este blindaje comprende:

- Blindaje circular con longitud de 65,5 m de diámetro interno de 3,7 m, embebido en concreto a lo largo del túnel de conducción de la descarga de fondo.
- Una transición inicial de sección circular de 3,7 m de diámetro a sección cuadrada de 3,7 m x 3,7 m. La longitud de esta transición es de 3 m.
- Una transición de sección cuadrada de 3,7 m x 3,7 m a sección rectangular hasta aguas arriba de la compuerta de guarda de 2,25 m x 1,8 m. La longitud de esta transición es de 9 m
- Una sección rectangular de 2,25 m x 1,8 m hasta la compuerta de guarda con una longitud de 6,5 m
- Una sección rectangular de 2,25 m x 1,8 m hasta la compuerta radial de 2,25 m x 1,8 m. La longitud de esta sección es de 4,5 m

### 5.3. DESCARGA DE USOS

La descarga de usos del proyecto Guararé estará constituida por una estructura de entrada, seguido de un blindaje hasta la caseta de válvulas.

El agua ingresará a través del ducto central, el control y regulación del caudal captado se realizará a través de una válvula del tipo cono fijo o Howell Bungler.

#### 5.3.1. Rejas de captación

Cada uno de los vanos de la estructura de toma, estará equipado con rejas independientes diseñadas para garantizar el paso del caudal de diseño a velocidades de aproximación inferiores a 1,0 m/s.

Las rejas serán especificadas para ser fabricadas en acero estructural ASTM A-36. Las uniones entre barrotes y los demás elementos estructurales se realizarán mediante soldadura. La estructura de cada reja estará conformada por un arreglo de paneles cuyas dimensiones se definirán teniendo en cuenta la facilidad de construcción y montaje de los mismos.

Cada panel de rejas se fijará a la obra civil por medio de pernos atornillados a las platinas que serán previstas en el hormigón de primera etapa. El esquema propuesto permitirá remover los paneles en caso de que se requiera realizar mantenimiento o reemplazarlos.

Las rejas tendrán las dimensiones y características indicadas en la siguiente tabla:

Tabla 4. Características principales de las rejas de la captación.

Descripción	Unidad	Valor
Cantidad de rejas	Un	4
Inclinación	°	90
Nivel normal de operación (NAMO)	mPLD	150
Nivel máximo extraordinario de operación del reservorio (NAME)	mPLD	154.5

Ancho del vano hidráulico	m	1.3
Altura del vano hidráulico	m	2.2
Ancho total de cada reja	m	1.3
Longitud total de cada reja	m	2.2
Espaciamiento entre barrotes	mm	50.80

### 5.3.2. Válvulas de descarga de usos

La caseta de válvulas aloja el sistema de descarga para riego, de abastecimiento y para uso futuro. Los componentes de cada uno de estos sistemas serán descritos a continuación.

En el sentido del flujo, el sistema de descarga para riego cuenta con una (1) válvula de guarda de tipo mariposa DN 900 PN 10 con su correspondiente bypass compuesto de dos (2) válvulas de bola DN 100 y PN 10, una (1) válvula de tipo globo de DN 100 PN 10 y (1) juego de tuberías y accesorios de conexión de DN 100 PN 10. Además de contar con una (1) válvula de venteo de doble acción DN 100 PN 10 con su guarda y (1) válvula Howell Bungler de DN 600 y PN 10. Un (1) juego de tuberías y de accesorios de conexión entre las válvulas y las tuberías de descarga aguas arriba de las dimensiones y espesores mostrados en los planos.

El sistema de descarga para abastecimiento estará compuesto por una (1) válvula de guarda del tipo mariposa DN 500 PN 10 con su correspondiente bypass que a su vez está compuesto de dos (2) válvulas de bola DN 100 y PN 10, una (1) válvula de tipo globo de DN 100 PN 10 y tuberías accesorios de DN 100 PN 10, una (1) válvula de venteo de doble acción DN 100 PN 10 con su guarda y (1) válvula Howell Bungler de DN 300 y PN 10. Un (1) juego de tuberías y de accesorios de conexión entre las válvulas y las tuberías de descarga aguas arriba de las dimensiones mostrados en los planos.

Un sistema de descarga para abastecimiento futuro compuesto de (2) válvulas de tipo bola y una válvula de émbolo de paso anular, todo de DN 250 y PN 100 con sus respectivas tuberías de conexión en acero Schedule 40.

A continuación se describirán cada uno de estos elementos:

### 5.3.3. Válvula de cono fijo Howell Bungler

Las válvulas Howell Bungler serán de acero soldado según la norma ASTM A 283 grado C con el extremo de aguas arriba bridado para conexión a la tubería.

Las conexiones de presión de aceite a los servomotores hidráulicos serán tuberías de alta presión en acero inoxidable.

La válvula contará con instrumentos que indiquen local y remotamente el porcentaje de apertura de la válvula.

#### 5.3.4.1. Cuerpo

El cuerpo de las válvulas Howell Bungler, fabricadas en lámina de acero rolando soldado a una brida pernada de acero forjado en el extremo de aguas arriba, tendrá un cabezal en forma de cono a 45° en el extremo aguas abajo y aletas radiales extendiéndose internamente a lo largo de la válvula. El número de aletas deberá ser impar. La brida estará dimensionada y taladrada de acuerdo con la norma AWWA C-207, ANSI B 16.47 o equivalente. La válvula será de accionamiento hidráulico.

#### 5.3.4.2. Obturador

La camisa móvil de las válvulas Howell Bunger será un cilindro en acero al carbono revestido con acero inoxidable o de lámina de acero inoxidable, estará soldada a un anillo de acero y será rígida en cada extremo, con un anillo de rigidez intermedio adicional si es necesario para evitar deformación de la redondez de la camisa.

#### 5.3.4.3. Sistema de accionamiento

El sistema de accionamiento será por medio de dos (2) servomotores hidráulicos de doble efecto, localizados uno a cada lado a lo largo del eje horizontal de la válvula. La unidad electrohidráulica correspondiente con sus componentes de mando y control de la válvula Howell Bunger será la misma usada para operar la válvula de mariposa de guarda.

Cada servomotor estará compuesto de un cilindro de acero, un pistón de acero de doble efecto con anillos de sello y un vástago de acero inoxidable provisto de empaquetadura, anillos limpiadores del vástago y sellos donde el vástago pase a través del cabezal del cilindro.

Las conexiones de presión de aceite para el cilindro serán de alta presión en acero inoxidable.

#### 5.3.5. Válvula de guarda

Las válvulas de guarda de los sistemas de descarga serán del tipo mariposa de diseño normalizado y probado con cuerpo y obturador de hierro dúctil. Dichas válvulas tendrán un cuerpo bridado en ambos extremos. Las bridas serán dimensionadas y taladradas de acuerdo con la norma AWWA C-207, ANSI B 16.47 o equivalente.

El accionamiento de las válvulas tipo mariposa será por medio de un actuador oleo-hidráulico y un contrapeso con sus respectivos componentes de mando y control.

Las válvulas de tipo mariposa tendrán un bypass para igualar presiones antes de su apertura. El bypass contará con una (1) válvula de tipo globo accionada manualmente y además el bypass estará provisto de válvulas de tipo bola de operación manual aguas arriba y aguas abajo del mismo para poder efectuar labores de mantenimiento.

##### 5.3.5.1. Condiciones de operación

Todos los componentes de las válvulas mariposas se seleccionarán para operación continua y segura dentro de toda gama de saltos y caudales especificados.

La apertura normal de la válvula tipo mariposa será bajo presión balanceada con la válvula de bypass abierta y la válvula Howell Bunger cerrada. Las válvulas mariposa de guarda se dimensionarán de tal forma que puedan cerrar contra flujo bajo condiciones de máxima altura hidrostática mediante el contrapeso. La apertura de las válvulas tipo mariposa se hará con presiones equilibradas.

##### 5.3.5.2. Eje

Las válvulas de tipo mariposa serán de eje horizontal y doble excentricidad con respecto al eje de la válvula, asegurando el menor desgaste del anillo de sello durante la operación de cierre y la tendencia natural del disco a permanecer en la posición cerrada.

##### 5.3.5.3. Sistema de accionamiento para las válvulas mariposas y Howell Bunger

La unidad electrohidráulica que suministra aceite a presión para operación de los servomotores de la válvula Howell Bunger tendrá dos bombas de aceite idénticas (una en suplencia) provistas con sus motores eléctricos, un tanque de almacenamiento, sistema de tuberías de aceite, alambreado de fuerza y control, manómetros, presostatos y demás instrumentos y accesorios requeridos para la operación. La operación de las bombas será controlada por el sistema de control y supervisión.

La capacidad del tanque será por lo menos igual al volumen que se necesita para recibir todo el aceite del sistema. Se especificará un transmisor de nivel en el tanque, el cual se integrará al controlador del sistema. El tanque tendrá también un medidor local de nivel del tipo mirilla transparente para indicación visual. La línea de retorno de los servomotores tendrá un filtro fino removible para limpieza, el cual contará con una señal de filtro obstruido para ser integrada al controlador del sistema para supervisión.

#### 5.3.5.4..Bypass y Válvulas de aireación

Cada sistema de riego y almacenamiento tendrá un bypass para equilibrio de presiones que incluye (2) válvulas de bola, una (1) válvula de tipo globo, todas de accionamiento manual y con sus respectivas tuberías de conexión y accesorios que se muestran en los planos.

Tanto el sistema de riego como de almacenamiento contará con una (1) válvula de aireación de doble acción, localizada aguas abajo de la válvula tipo mariposa. La válvula de aireación cumplirá la siguiente función:

- Permitir la salida del aire a una rata controlada mientras se realiza el llenado del tramo de tubería entre las válvulas y una vez que todo el aire sea liberado, se cerrará suavemente.
- Permitir la entrada del aire una vez la válvula mariposa haya sido cerrada con presión equilibrada y el agua entre las válvulas se drene por la válvula Howell Bunger.

La válvula de aireación tendrá una válvula de compuerta de guarda PN10 para guarda y mantenimiento, con su tubería y conexiones correspondientes.

#### 5.3.5. Blindaje y tubería descarga de usos

Se prevé un blindaje al final del túnel de conducción de la descarga de usos, el cual es de sección circular con diámetro de 1 m el cual ingresa a caverna de válvulas. El material del blindaje será en acero al carbono ASTM A537 Cl.1 y contará con anillos rigidizadores para evitar deformación del blindaje ocasionada por presión externa. Igualmente, se prevé 1 mm adicional de espesor para las láminas del blindaje y tubería para corrosión.

Este blindaje comprende:

- Blindaje circular con longitud de 92 m de diámetro interno de 1 m, embebido en concreto a lo largo del túnel de conducción de la descarga de usos
- Tubería de 0,9 m de diámetro para la descarga de Riego
- Tubería de 0,5 m de diámetro para la descarga de Abastecimiento
- Tubería de 0,25 m de diámetro para la descarga Futura

## 6. DISEÑO EQUIPOS MECÁNICOS ESTACIONES DE BOMBEO

### 6.1. CAPTACIONES

Cada una de las captaciones de las diferentes estaciones de bombeo sobre la cuenca Guararé tiene una configuración con una presa derivadora con vertedero libre que permite remansar el agua para ser captada mediante una estructura de lateral toma y canales que conducen el agua hacia un desarenador y finalmente un tanque de carga para la estación de bombeo. Para la limpieza de la toma se cuenta con un canal de limpia.

La estructura lateral de toma se prevé dotada de rejas de protección y compuertas que permitirán cortar el flujo de cada conducto de conexión con el desarenador. Para el mantenimiento de las compuertas planas la obra contará con vanos del lado de aguas arriba para la instalación de compuertas de cierre tipo tablón, que se posicionarán un polipasto eléctrico de cable.

A continuación se presenta las características principales de las compuertas de la captación:

Tabla 5. Características principales de las compuertas de la captación.

Descripción	Unidad	GU 1	GU 2	GU 3	GU 4
Tipo de compuerta	-	Plana de ruedas - Tablón			
Tipo de accionamiento	-	Cilindros Oleo hidráulicos de doble efecto - Polipasto Eléctrico			
Altura de carga por nivel máximo de operación (NAMO)	mca	0.8	0.8	0.8	0.8
Altura de carga por nivel extraordinario de operación (NAME)	mca	22.7	22.2	14.3	11.9
Ancho del vano hidráulico	m	1.0	1.0	1.0	1.0
Altura del vano hidráulico	m	1.5	1.5	1.5	1.5

A continuación se presenta las dimensiones del vano hidráulico de las rejas:

Tabla 6. Características principales de las rejas de la captación.

Descripción	Unidad	GU 1	GU 2	GU 3	GU 4
Ancho del vano hidráulico	m	2.20	2.10	2.20	2.2
Altura del vano hidráulico	m	1.80	1.70	1.80	1.8

Inclinación de la reja	°	75
------------------------	---	----

El canal de limpia será operado mediante una compuerta radial que permitirá la evacuación periódica de sedimentos. Para el mantenimiento de esta compuerta se preverá una compuerta de cierre tipo tablón, que se posicionará aguas arriba de la compuerta radial mediante un polipasto eléctrico de cable.

A continuación se presentan las características principales de la compuerta radial del canal de limpia y de su compuerta de mantenimiento.

Tabla 7. Características principales de las compuertas del canal de limpia.

Descripción	Unidad	GU 1	GU 2	GU 3	GU 4
Tipo de compuerta	-	Radial - Tablón			
Tipo de accionamiento	-	Cilindros Oleo hidráulicos de doble efecto - Polipasto Eléctrico			
Altura de carga por nivel máximo de operación (NAMO)	mca	3.47	3.44	3.4	3.45
Altura de carga por nivel extraordinario de operación (NAME)	mca	25.36	24.86	16.89	14.51
Ancho del vano hidráulico	m	2.0	2.0	2.0	2.0
Altura del vano hidráulico	m	3.5	3.5	3.5	3.5

El desarenador contará con compuertas de fondo de limpieza de sedimentos que serán operadas mediante motorreductores eléctricos, los conductos de lavado tendrán un diámetro de 0.5 m.

En los siguientes esquemas se pueden ver las dimensiones de estos equipos:

- 
- AZUGU-PG-J-TMCM-04-0001
- AZUGU-PG-J-TMCM-04-0002
- AZUGU-PG-J-TMCM-04-0003
- AZUGU-PG-J-TMCM-04-0004

## 6.2. ESTACIONES DE BOMBEO

Cada estación de bombeo contará con bombas horizontales tanto para uso de riego como para uso de abastecimiento. Estas bombas fueron seleccionadas de acuerdo con los caudales y alturas dinámicas de bombeo requeridas, según se indica en la siguiente tabla.

Tabla 8. Características principales de las estaciones de bombeo.



Cuenca	Grupo de bombeo	Zonas de bombeo por usos	Número de bombas (Incluye bomba de reserva)	Caudal por bomba [m <sup>3</sup> /s]	Altura dinámica de Bombeo (m)
Guararé	1	Riego	3	0.98	62.89
		abastecimiento	2	0.27	63.78
	2	Riego	3	0.92	64.64
	3	Riego	3	0.92	65.37
	4	Riego	3	0.98	44.10

Fue prevista una redundancia entre el 25 y 33% para los grupos de bombeo de riego y de un 100% para los equipos de bombeo de abastecimiento dado su bajo caudal respecto a los caudales de riego.

Las dimensiones de las estaciones de bombeo fueron estimadas con base en las dimensiones de referencia de las bombas pre-seleccionadas y los espacios requeridos para la instalación de los sistemas auxiliares, zonas de circulación, accesos y espacios para el descargue y mantenimiento de los equipos.

Los diámetros de la tubería de succión fueron calculados de tal forma que la velocidad del flujo sea cercana a 1m/s. Así mismo, los diámetros de las tuberías de descarga se estimaron de tal forma que la velocidad del flujo no sea mayor que 2.5 m/s.

Tabla 9. Diámetros de la tubería de succión y de descarga

Cuenca	Grupo de bombeo	Zonas de bombeo por usos	Diámetro de tuberías de succión [mm]	Diámetro de tuberías de descarga [mm]
Guararé	1	Riego	1200	1000
		Abastecimiento	600	400
	2	Riego	1100	700
	3	Riego	1100	700
	4	Riego	1200	800

Se realizó un estimativo de los espesores de la tubería metálica de la tubería de descarga al interior de las estaciones de bombeo de Guararé. Para esta estimación se consideró un Golpe de Ariete de 40%. De acuerdo con un análisis preliminar se estableció que este valor es conservativo para el nivel de detalle actual y que no se requieren dispositivos de control de sobrepresiones, diferentes a las válvulas de aireación incluidas en a lo largo de la impulsión.

El valor de sobrepresión para el cálculo deberá ser ajustado en la etapa de ingeniería de detalle del proyecto de acuerdo con los resultados del análisis de transitorios hidráulicos y de los sistemas definitivos para la mitigación del golpe de ariete.

Se generaron esquemas con la distribución de la tubería de descarga al interior de las estaciones de bombeo.

## **6.3. SISTEMAS AUXILIARES**

### **6.3.1. Sistema contra incendio**

Para el diseño conceptual de las para las estaciones de bombeo sobre el río Guararé se consideraron sistemas contra incendio con base en las recomendaciones establecidas en la NFPA. Se realizó un estimativo del costo global de estos sistemas basados en precios referenciales de sistemas instalados en aplicaciones similares.

### **6.3.2. Sistema de Ventilación y Aire Acondicionado**

Se consideraron sistemas de ventilación y aire acondicionado para las estaciones de bombeo sobre el río Guararé. Estos equipos son requeridos para controlar la temperatura al interior de los diferentes recintos. Se realizó un estimativo del costo global de estos sistemas basados en las recomendaciones de la ASHRAE y precios referenciales de sistemas instalados en aplicaciones similares.

## 7. REFERENCIAS

- [1] Erbisti, Paulo. (2004). Design of Hydraulic Gates. Meppel, The Netherlands: A.A. Bakelma.
- [2] DIN STANDARDS (1976). DIN 19704. Hydraulic Steel Structures. Criteria for design and calculation.
- [3] US Army Corp of Engineers (2014). ETL 1110-2-584. Design of Hydraulic Steel Structures.
- [4] ASME. (2013). Código ASME Sección VIII División 1. Boiler and Pressure Vessel Code. ASME.
- [5] American Iron and Steel Institute, (1981). Steel penstocks and tunnel liners.
- [6] ASCE, (2012). Steel penstocks Second Edition.
- [7] AWWA,( 2017). M11 Steel Pipe: A Guide for Design and Installation, Fifth Edition