

**ESTUDIO Y DISEÑO FINAL PARA LA REHABILITACIÓN DE LA PLANTA  
POTABILIZADORA DE LAS PAVAS, MUNICIPIO DE SAN PABLO TACACHICO,  
DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD, EL SALVADOR.  
CONTRATO DE CONSULTORÍA N° 08/2013**



**INFORME EJECUTIVO DE LA CONSULTORÍA INCLUYENDO  
ORDEN DE CAMBIO N° 1**

DICIEMBRE 2013



UDP CONSORCIO VIELCA EC CONSULTORES  
POTABILIZADORA LAS PAVAS



## Índice

CONTROL DE REVISIONES:	7
1. INTRODUCCIÓN	8
2. ANTECEDENTES	8
3. OBJETIVOS	10
3.1. ESTUDIOS PREVIOS O DE SITIO	10
3.1.1. ESTUDIO TOPOGRÁFICO Y BATIMÉTRICO	10
3.1.2. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOLOGÍA	11
3.1.3. ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO	11
3.1.4. EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL ELECTROMECÁNICO TOTAL DE LAS INSTALACIONES	12
3.2. INFORME FINAL DE ACTUACIONES EN EL RÍO LEMPA	12
3.3. INFORME FINAL BOMBEO, ELECTRICIDAD Y AUTOMATIZACIÓN (BOCATOMA Y EB1)	14
3.3.1. EQUIPOS MECÁNICOS	14
3.3.2. EFICIENCIA ENERGÉTICA	14
3.3.3. INSTRUMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN	15
3.3.4. ELECTRICIDAD	15
3.3.5. CIVIL Y ARQUITECTURA	15
3.4. INFORME FINAL MEJORA DE PROCESOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE LAS PAVAS	15
3.5. INFORME FINAL DE ELECTRICIDAD Y AUTOMATIZACIÓN DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE LAS PAVAS	16
3.5.1. INSTRUMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN	16
3.5.2. ELECTRICIDAD	18
3.6. PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL	18
3.7. INFORME DIAGNÓSTICO DE EB2 Y EB3	18
3.8. VIABILIDAD FINANCIERA	19
4. METODOLOGÍA UTILIZADA	19
4.1. ESTUDIOS PREVIOS O DE SITIO	19
4.1.1. ESTUDIO TOPOGRÁFICO Y BATIMÉTRICO	19
4.1.2. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOLOGÍA	20
4.1.3. ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO	21
4.1.4. EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL ELECTROMECÁNICO TOTAL DE LAS INSTALACIONES	21
4.2. INFORME FINAL ACTUACIONES EN EL RÍO LEMPA	23
4.3. INFORME FINAL BOMBEO, ELECTRICIDAD Y AUTOMATIZACIÓN (BOCATOMA Y EB1)	24
4.4. INFORME FINAL MEJORA DE PROCESOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE LAS PAVAS	26
4.5. INFORME FINAL DE ELECTRICIDAD Y AUTOMATIZACIÓN DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE LAS PAVAS	28
4.6. PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL	29
4.7. INFORME DIAGNÓSTICO DE EB2 Y EB3	29
4.8. VIABILIDAD FINANCIERA	30
5. RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS	30
5.1. ESTUDIOS PREVIOS O DE SITIO	30
5.1.1. ESTUDIO TOPOGRÁFICO Y BATIMÉTRICO	30
5.1.2. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOLOGÍA	31
5.1.3. ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO	31

5.1.4. EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL ELECTROMECÁNICO TOTAL DE LAS INSTALACIONES .....	32
5.2. INFORME FINAL DE ACTUACIONES EN EL RÍO LEMPA .....	34
5.2.1. OBRAS DE DRAGADO EN EL CAUCE DEL RÍO LEMPA .....	34
5.2.2. AMPLIACIÓN DEL CANAL DE ALIVIO .....	36
5.2.3. PROTECCIÓN DE LA MARGEN IZQUIERDA EN EL RIO Y EN EL CANAL DE ALIVIO .....	38
5.2.4. REBOSADERO EN EL CANAL DE ALIVIO .....	40
5.2.5. PROTECCIÓN DEL ESTRIBO IZQUIERDO DE LA REPRESA DE BOCATOMA .....	43
5.2.6. PROTECCIÓN DEL FONDO DEL LECHO.....	44
5.2.7. OBRAS DE DRENAJE DEL ENTORNO DE LA BOCATOMA.....	45
5.3. INFORME FINAL BOMBEO, ELECTRICIDAD Y AUTOMATIZACIÓN (BOCATOMA Y EB1).....	46
5.3.1. SUSTITUCIÓN EQUIPOS PRINCIPALES DE LA BOCATOMA .....	46
5.3.2. SUSTITUCIÓN CALDERERÍA Y VALVULERÍA DE LA BOCATOMA.....	48
5.3.3. SUSTITUCIÓN EQUIPOS PRINCIPALES DE EB1 .....	49
5.3.4. SUSTITUCIÓN CALDERERÍA Y VALVULERÍA DE EB-1 .....	51
5.3.5. ELECTRICIDAD.....	53
5.3.6. INSTRUMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN.....	54
5.3.7. EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	54
5.3.8. CIVIL Y ARQUITECTURA.....	55
5.4. INFORME FINAL MEJORA DE PROCESOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE LAS PAVAS.....	55
5.4.1. BOCATOMA .....	55
5.4.2. PRETRATAMIENTO: ROTOFILTROS Y DESARENADO.....	56
5.4.3. COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN.....	57
5.4.4. DECANTACIÓN LAMELAR.....	58
5.4.5. FILTRACIÓN EN ARENA .....	61
5.4.6. DESINFECCIÓN FINAL.....	62
5.4.7. RESERVORIO .....	62
5.4.8. PLANTA QUÍMICA .....	63
5.4.9. ABASTECIMIENTO INDEPENDIENTE DEL CAMPAMENTO Y EL POBLADO DE LAS PAVAS .....	63
5.4.10. SUSTITUCIÓN DE LAS BOMBAS DE LLENADO DEL TANQUE ELEVADO .....	64
5.4.11. SUSTITUCIÓN DE LAS BOMBAS DE LA ARQUETA DE SEDIMENTOS EXISTENTE .....	64
5.4.12. PLANTA DE SEDIMENTOS FLOCULADOS .....	64
5.4.13. CONSTRUCCIÓN DE UNA ARQUETA DE BOMBEO DE VACIADOS DE DECANTADORES.....	65
5.4.14. CONSTRUCCIÓN DE UN TANQUE DE VACIADOS Y RECUPERACIÓN DE AGUAS DE LAVADO .....	66
5.5. INFORME FINAL DE ELECTRICIDAD Y AUTOMATIZACIÓN DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE LAS PAVAS .....	66
5.5.1. INSTRUMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN.....	66
5.5.2. ELECTRICIDAD.....	69
5.6. PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL .....	72
5.7. INFORME DIAGNÓSTICO DE EB2 Y EB3.....	73
5.8. VIABILIDAD FINANCIERA.....	75
6. CONCLUSIONES Y VALORACIONES .....	76
6.1. INFORME FINAL ACTUACIONES EN EL RÍO LEMPA.....	77
6.2. INFORME FINAL BOMBEO, ELECTRICIDAD Y AUTOMATIZACIÓN (BOCATOMA Y EB1).....	78
6.3. INFORME FINAL MEJORA DE PROCESOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE LAS PAVAS.....	79
6.4. INFORME FINAL DE ELECTRICIDAD Y AUTOMATIZACIÓN DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE LAS PAVAS .....	81
6.5. PROPUESTA TÉCNICA Y ECONÓMICA DE ACOMPAÑAMIENTO DURANTE LA FASE DE CONSTRUCCIÓN Y EJECUCIÓN DE LAS OBRAS .....	83

6.5.1. COSTO DE LA SUPERVISIÓN .....	83
6.5.2. OBJETIVO DE LA SUPERVISIÓN.....	83
6.5.3. ALCANCES DE LA SUPERVISIÓN.....	83
7. RECOMENDACIONES .....	85
7.1. ESTUDIOS PREVIOS O DE SITIO.....	85
7.2. INFORME FINAL DE ACTUACIONES EN EL RÍO LEMPA .....	87
7.3. INFORME FINAL BOMBEO, ELECTRICIDAD Y AUTOMATIZACIÓN (BOCATOMA Y EB1).....	88
7.4. INFORME FINAL MEJORA DE PROCESOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE LAS PAVAS.....	88
7.5. INFORME FINAL DE ELECTRICIDAD Y AUTOMATIZACIÓN DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE LAS PAVAS .....	89
8. EXTENSIÓN DEL CONTRATO – INFORME FINAL EB2 Y EB3, TANQUE UNIDIRECCIONAL Y TALLER DE MANTENIMIENTO .....	91
8.1. OBJETIVOS.....	91
8.1.1. ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO EB2 Y EB3.....	91
8.1.2. ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN NUEVO TANQUE DE AMORTIGUAMIENTO GOLPE DE ARIETE-TANQUE UNIDIRECCIONAL.....	92
8.1.3. INFORME FINAL DE TALLER DE MANTENIMIENTO.....	93
8.2. METODOLOGÍA UTILIZADA.....	93
8.2.1. ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO EB2 Y EB3.....	93
8.2.2. ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN NUEVO TANQUE DE AMORTIGUAMIENTO GOLPE DE ARIETE-TANQUE UNIDIRECCIONAL.....	95
8.2.3. DISEÑO DEL TALLER DE MANTENIMIENTO .....	95
8.3. RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS.....	96
8.3.1. ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO EB2 Y EB3.....	96
8.4. CONCLUSIONES Y VALORACIONES .....	104
8.4.1. ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO EB2 Y EB3.....	104
8.4.2. ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN NUEVO TANQUE DE AMORTIGUAMIENTO GOLPE DE ARIETE-TANQUE UNIDIRECCIONAL.....	105
8.4.3. INFORME FINAL DE TALLER DE MANTENIMIENTO.....	106
8.5. RECOMENDACIONES .....	107
8.5.1. ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO EB2 Y EB3.....	107
8.5.2. ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN NUEVO TANQUE DE AMORTIGUAMIENTO GOLPE DE ARIETE-TANQUE UNIDIRECCIONAL.....	108
8.5.3. INFORME FINAL DE TALLER DE MANTENIMIENTO.....	108
9. MONTO FINAL CON LAS ACTUACIONES INCLUIDAS EN LA ORDEN DE CAMBIO Nº1 .....	109
10. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN.....	110
11. CONCLUSIÓN FINAL.....	111

## Lista de Figuras

FIGURA 1. PLANTA DE ACTUACIONES EN EL RÍO LEMPA (CAPTURA DEL PLANO ANDALP-T-RL-P-030-1 PLANTA GENERAL. ACTUACIONES DE MEJORA) .....	13
FIGURA 2. DETALLE DEL DRAGADO EN EL ENTORNO DE BOCATOMA (EXTRACTO DEL PLANO ANDALP-T-RL-P-041-1 OBRAS DE DRAGADO. PLANTA) .....	36
FIGURA 3. AMPLIACIÓN DEL CANAL DE ALIVIO (EXTRACTO DEL PLANO ANDALP-T-RL-P-051-1 AMPLIACIÓN DEL CANAL DE ALIVIO. PLANTA).....	38
FIGURA 4. DETALLE DEL MURO DE PROTECCIÓN DE LA MARGEN IZQUIERDA (EXTRACTO DEL PLANO ANDALP-T-RL-P-064-1 PROTECCIÓN DE LA MARGEN IZQUIERDA. DETALLES CONSTRUCTIVOS) .....	39
FIGURA 5. DETALLE DEL REBOSADERO (EXTRACTO DEL PLANO ANDALP-T-RL-P-073-1 REBOSADERO. DETALLES CONSTRUCTIVOS).....	41
FIGURA 6. DETALLE CONSTRUCTIVO DE LA SECCIÓN DONDE SE ALOJAN LAS COMPUERTAS (EXTRACTO DEL PLANO ANDALP-T-RL-P-073-1 REBOSADERO. DETALLES CONSTRUCTIVOS) .....	42
FIGURA 7. PLANTA DE LA OBRA DE PROTECCIÓN DEL ESTRIBO IZQUIERDO DE LA REPRESA (EXTRACTO DEL PLANO ANDALP-T-RL-P-081-1 PROTECCIÓN DEL ESTRIBO IZQUIERDO DE LA REPRESA DE BOCATOMA.PLANTA).....	44
FIGURA 8. INSTALACIÓN DE LA CORAZA DE GAVIONES .....	45
FIGURA 9. RESULTADO DE LA INSTALACIÓN EN TALUD .....	45
FIGURA 10. OBRA DE DRENAJE ACTUAL, A CORREGIR RASANTE Y PUNTO DE EVACUACIÓN.....	46
FIGURA 11. ESQUEMA DE CONEXIÓN DE NUEVA LÍNEA DE COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN CON LA OBRA CIVIL EXISTENTE.....	58
FIGURA 12. FASE 1 DE AMPLIACIÓN DE ENTRADA A DECANTADORES.....	60
FIGURA 13. FASE 2 DE AMPLIACIÓN DE ENTRADA A DECANTADORES.....	60
FIGURA 14. FASE 3 DE AMPLIACIÓN DE ENTRADA A DECANTADORES.....	61
FIGURA 15. IMAGEN DE LA PLANTA CON LOS NUEVOS ELEMENTOS DE MEJORA DEL PROCESO (SOMBREADOS): ARQUETA DE BOMBEO DE VACIADOS DE DECANTADORES.....	65
FIGURA 16. IMAGEN DE LA PLANTA CON LOS NUEVOS ELEMENTOS DE MEJORA DEL PROCESO (SOMBREADOS): TANQUE DE VACIADOS Y RECUPERACIÓN DE AGUAS DE LAVADO.....	66

## Tablas

TABLA 1. VOLÚMENES DE DRAGADO .....	36
TABLA 2. MOVIMIENTO DE TIERRAS DEL CANAL DE ALIVIO.....	38
TABLA 3. MOVIMIENTO DE TIERRAS DEL MURO DE PROTECCIÓN DE LA MARGEN IZQUIERDA.....	39
TABLA 4. MOVIMIENTO DE TIERRAS REBOSADERO .....	43
TABLA 5. MONTO TOTAL INFORMES PRELIMINARES .....	77
TABLA 6. MONTO TOTAL ACTUACIONES EN EL RÍO LEMPA .....	78
TABLA 7. MONTO TOTAL BOMBEOS, ELECTRICIDAD Y AUTOMATIZACIÓN (BOCATOMA Y EB1).....	79
TABLA 8. MONTO TOTAL MEJORA DE PROCESOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE LAS PAVAS .....	80
TABLA 9. MONTO TOTAL MEJORA DE ELECTRICIDAD Y AUTOMATIZACIÓN DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE LAS PAVAS.....	82

### CONTROL DE REVISIONES:

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	EMITIDO POR	REVISADO POR	APROBADO POR
A	16.07.2013	Informe Ejecutivo Informes Preliminares	VIELCA-EC		
B	30.07.2013	Informe Ejecutivo Final de la Consultoría	VIELCA-EC		
C	10.12.2013	Informe Ejecutivo Final de la Consultoría incluyendo orden de cambio nº1	VIELCA-EC		

## 1. INTRODUCCIÓN

La ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS (ANDA) y el GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE EL SALVADOR tienen una especial preocupación por llevar a cabo la “Rehabilitación de la Planta Potabilizadora de Las Pavas, en el municipio de San Pablo Tacachico, Departamento de La Libertad (El Salvador)”, debido a la importancia estratégica de la infraestructura de tratamiento que suministra aproximadamente el 42% del agua de la Región Metropolitana de El Gran San Salvador, con una población de 1,566,629 habitantes (MINEC, 2008).

En estos momentos, la Planta Potabilizadora presenta una producción anual de agua cifrada en 2.6 m<sup>3</sup>/s, lo que la convierte en la fuente de abastecimiento de agua potable más importante del país.

Sin embargo, no se han realizado mantenimientos relevantes en los aproximadamente 20 años que tiene de vida la instalación, y en estos momentos, el nivel de deterioro de sus componentes y la necesidad de correcciones son tan importantes que pueden llegar a convertir la actuación en una emergencia nacional por el posible desabastecimiento a la población y las graves consecuencias sanitarias que acarrearía al país.

Para ello, ANDA ha solicitado al Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE) una cooperación financiera que permita llevar a cabo los servicios de consultoría para el “*Estudio y Diseño Final para la Rehabilitación de la Planta Potabilizadora Las Pavas, Municipio de San Pablo Tacachico, Departamento de La Libertad, El Salvador (Segundo Proceso)*”.

Al mismo tiempo, los productos que se extraigan del presente estudio serán utilizados en la negociación del financiamiento necesario para la ejecución del proyecto con el BCIE.

## 2. ANTECEDENTES

Con fecha 26 de Febrero de 2013 se firma el Contrato de Consultoría n° 08/2013, adjudicado por el Concurso Público Internacional N° 03/2012 – FONTEC – BCIE, entre ANDA y el Asocio UDP CONSORCIO VIELCA-EC CONSULTORES POTABILIZADORA LAS PAVAS para el “*ESTUDIO Y DISEÑO FINAL*”.



*PARA LA REHABILITACIÓN DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE LAS PAVAS, MUNICIPIO DE SAN PABLO TACACHICO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD, EL SALVADOR (SEGUNDO PROCESO)”.*

Posteriormente, con fecha 18 de Marzo de 2013 se da inicio a los trabajos con un plazo de ejecución previsto de 135 días calendario.

El 9 de abril de 2013 se presenta el cronograma definitivo de los trabajos y en él se establece la entrega de unos “Estudios Previos o de Sitio” y de un “Informe Preliminar” como parte de los productos esperados en los términos de referencia.

El 27 de mayo de 2013 se presentan los “Estudios Previos o de Sitio”, descompuestos en los siguientes documentos:

- Estudio topográfico y batimétrico.
- Estudio de mecánica de suelos y geología.
- Estudio hidrogeológico (que incluye los estudios hidrológico, hidráulico, hidrogeológico y sedimentológico).
- Evaluación del estado actual electromecánico total de las instalaciones.

Con fecha 7 de junio de 2013 el Consorcio VIELCA-EC Potabilizadora de Las Pavas solicita a ANDA la entrega de este “Informe Preliminar” dividido en cuatro paquetes. La propuesta es aceptada por ANDA en fecha 10 de junio de 2013.

En la propuesta del Consorcio se establece como fecha de entrega de cada uno de los paquetes las siguientes:

- “Informe Preliminar de Actuaciones en el río Lempa” el día 13 de junio de 2013.
- “Informe Preliminar de Bombeos, Electricidad y Automatización (Bocatoma y EB1)” el día 25 de junio de 2013.
- “Informe Preliminar de Mejora de Procesos en la Planta Potabilizadora de Las Pavas” el día 16 de julio de 2013.
- “Informe Preliminar de Electricidad y Automatización de la Planta Potabilizadora de Las Pavas” el día 16 de julio de 2013.

Al mismo tiempo, debido a la recalendarización y a la división en paquetes de los “Informes Preliminares”, la entrega del Informe Ejecutivo de los Informes Preliminares se hace coincidir con la entrega de los últimos paquetes de información, el día 16 de julio de 2013.

Finalmente, la entrega de la documentación final de la consultoría queda fijada para el 31 de julio de 2013, donde se incluirá el “Informe Final” de cada uno de los paquetes en los que se dividía la versión “Informe Preliminar”, el presente “Informe Ejecutivo” en su formato corregido y adaptado, un Diagnóstico Operacional y Físico de EB2 y EB3, el Programa de Manejo Ambiental, el Estudio de Viabilidad Financiera y toda la documentación requerida por el BCIE que aparece reflejada en los términos de referencia del contrato.

### 3. OBJETIVOS

Dentro de los objetivos perseguidos con el presente Contrato de Consultoría se encuentra la redacción de los “Estudios Previos o de Sitio”, que sirven de punto de partida para la redacción de los “Informes Preliminares” y de los “Informes Finales” de la consultoría. Se incluyen también los objetivos del Programa de Manejo Ambiental, del Informe Diagnóstico de EB2 y EB3 y del estudio de Viabilidad Financiera.

Por ello, en primer lugar se van a describir los objetivos de los “Estudios Previos o de Sitio”, para posteriormente presentar los objetivos perseguidos por cada uno de los paquetes en los que se ha dividido la entrega de los “Informes Finales”.

---

#### 3.1. ESTUDIOS PREVIOS O DE SITIO

---

##### 3.1.1. ESTUDIO TOPOGRÁFICO Y BATIMÉTRICO

El estudio topográfico y batimétrico presenta un levantamiento de detalle del río Lempa en el entorno de la Bocatoma de la Planta Potabilizadora de Las Pavas, así como una comprobación de la cartografía existente de la Planta Potabilizadora, contrastando puntos tanto en planimetría como en altimetría.

El levantamiento topográfico del río Lempa comprende tanto el cauce como 35 m de cada una de las riberas, en un entorno desde 1,000 m aguas arriba de la Bocatoma hasta 350 m aguas debajo de la misma.

El objetivo fundamental es servir de soporte a las actuaciones que se planteen tanto en el río Lempa como en la Planta Potabilizadora.

Adicionalmente, el levantamiento topográfico y batimétrico realizado en el entorno del río Lempa es el punto de partida para los estudios hidráulico y sedimentológico, puesto que permite determinar la capacidad de drenaje actual del río, así como cuantificar el sedimento acumulado.

### **3.1.2. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOLOGÍA**

El objetivo del estudio de mecánica de suelos y geología es caracterizar el terreno donde se van a construir las obras civiles propuestas en la presente consultoría.

Al mismo tiempo describe las características geológicas del área de estudio de manera que se pueda contemplar el tipo de materiales, su tectónica y los riesgos geológicos asociados que deban tenerse en cuenta en el cálculo estructural de los elementos correspondientes.

### **3.1.3. ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO**

El estudio hidrogeológico incluye una serie de estudios secuenciales, cuyos objetivos son los siguientes:

- Estudio hidrológico, pretende caracterizar el caudal circulante por el río Lempa a la altura de la Bocatoma.
- Estudio hidráulico, parte del estudio de caudales determinado en el estudio hidrológico y determina la capacidad del cauce para evacuar los distintos caudales. Planteando este estudio para el estado actual y tras acometer las actuaciones propuestas se puede ver las mejoras en el funcionamiento del río y la disminución en cuanto a riesgos de inundación.
- Balance hídrico, con el funcionamiento actual el río Lempa presenta dos canales de evacuación de aguas, el canal principal y el de alivio, que se encuentran controlados hidráulicamente por dos vertederos de reparto, por lo que se puede establecer el

reparto de caudales entre ambos canales en función del calado que alcance el agua a la altura de los vertederos.

- Estudio hidrogeológico, busca cuantificar el aporte que las aguas subterráneas del entorno de estudio suponen para el balance hídrico del río Lempa.
- Estudio sedimentológico, la construcción de la represa de Bocatoma supuso un obstáculo para el caudal circulante y comenzó a producirse un azolvamiento aguas arriba de la misma hasta llegar a la situación actual. El objetivo de dicho estudio es determinar la capacidad de arrastre de sedimentos y la evolución de los mismos con el paso del tiempo.

### 3.1.4. EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL ELECTROMECAÁNICO TOTAL DE LAS INSTALACIONES

El objetivo de este documento es desarrollar la '*EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LOS EQUIPOS ELECTROMECAÁNICOS*' de las instalaciones de la Planta Potabilizadora de Las Pavas.

En esta evaluación se incluyen una serie de fichas del estado actual de cada equipo, tanto eléctrico como electromecánico, con el objetivo de sistematizar el análisis de las instalaciones y poder dar un diagnóstico de la situación actual.

Por otro lado, se ha realizado una serie de toma de datos y mediciones de campo, con el objetivo de desarrollar la correspondiente auditoria energética y su diagnóstico asociado. A su vez, también se ha considerado de interés en este documento, incluir un análisis de los sistemas de automatización y control; todo ello para poder proponer una serie de oportunidades de mejora.

---

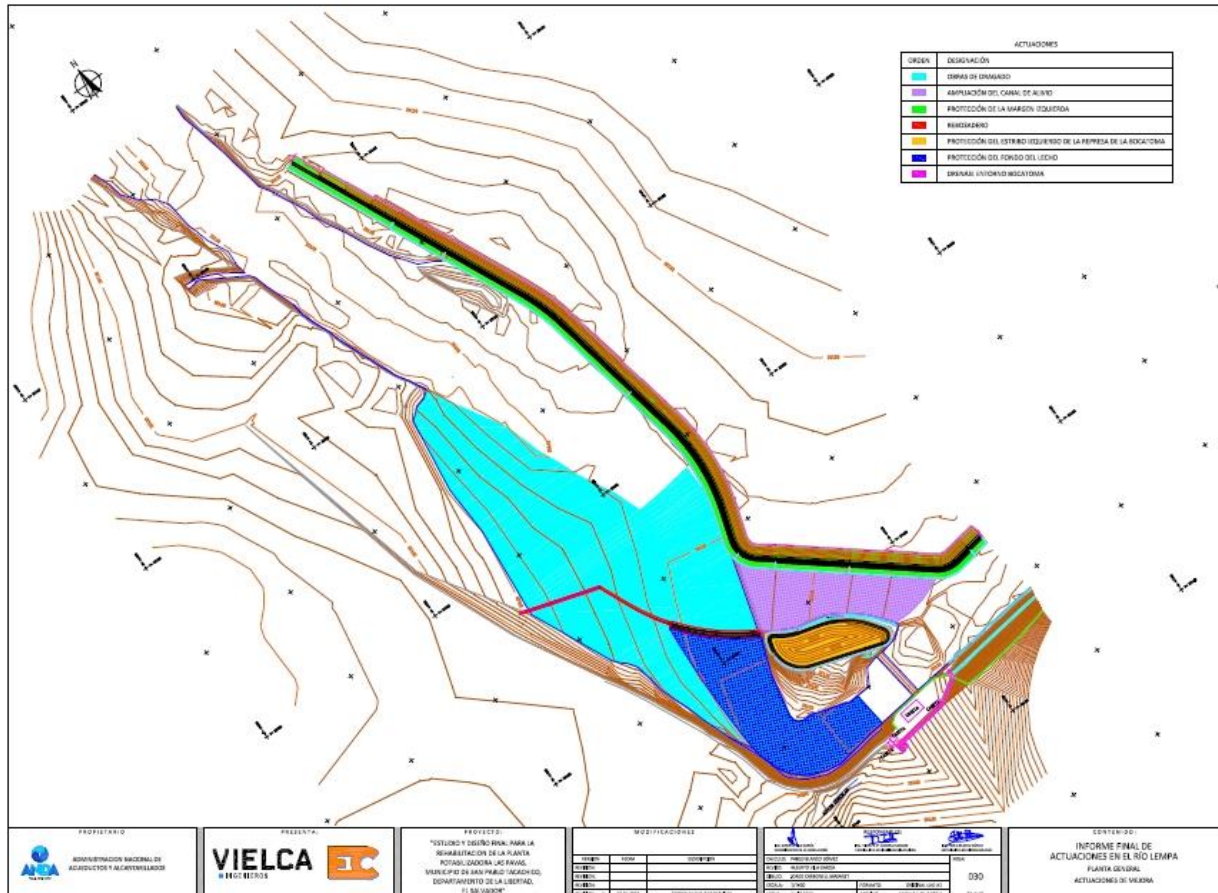
## 3.2. INFORME FINAL DE ACTUACIONES EN EL RÍO LEMPA

---

Los principales objetivos de las actuaciones planteadas en el río Lempa a la altura de la Bocatoma son la **mejora de la calidad del agua** bruta a tratar en la Planta Potabilizadora de Las Pavas y la **protección del entorno frente a una avenida extrema de hasta 200 años** de periodo de retorno.

Para ello se plantean una serie de acciones en el río que aumentan la capacidad de desagüe del tramo de río, elevan las protecciones de las márgenes, mejoran la rugosidad del fondo del cauce y controlan el caudal que se deriva por los canales principal y de alivio.

La *Figura 1* muestra una planta con las actuaciones previstas:



*Figura 1. Planta de Actuaciones en el río Lempa (captura del plano ANDALP-T-RL-P-030-1 Planta General. Actuaciones de Mejora)*

Actualmente el cauce del río Lempa se encuentra con un alto grado de azolvamiento que disminuye mucho su capacidad de desagüe y favorece la resuspensión<sup>1</sup> de los sedimentos acumulados en el fondo.

<sup>1</sup> El sedimento que se acumula en el fondo del lecho, al no estar compactado, tiene una parte activa, la más superficial. El agua que circula por el río, al entrar en contacto con la capa activa de sedimento produce una *resuspensión* del mismo, pasando el sedimento acumulado en el fondo a formar parte de la columna de agua como sólidos en suspensión. La mayor parte de estos sedimentos *resuspendidos* se acumula en la parte baja de la columna de agua, la que está más cerca del fondo.

Con las actuaciones planteadas se evita el fenómeno de la resuspensión en el tramo del canal principal que abastece a la Bocatoma al tiempo que con el sistema de vertederos hidráulicos que se ha planteado, el agua de la parte alta de la columna de agua (la que tiene menor contenido de sólidos suspendidos) será la que circule por dicho tramo.

La mejora en la calidad del agua bruta que recibe tratamiento en la Planta Potabilizadora de Las Pavas (en definitiva, la mejora en la calidad de las aguas superficiales del río Lempa), mejorará los procesos de tratamiento y producción de agua tratada y supondrá un ahorro en los costes de reactivos y sistemas productivos, al tiempo que alargará la vida útil de los equipos de bombeo debido a la disminución en la abrasión de las partes de dichos equipos que están en contacto con el agua.

---

### 3.3. INFORME FINAL BOMBEO, ELECTRICIDAD Y AUTOMATIZACIÓN (BOCATOMA Y EB1)

---

Los objetivos se estructuran en función de las distintas componentes que constituyen el documento, a saber: *equipos mecánicos, eficiencia energética, instrumentación y automatización, electricidad y civil y arquitectura.*

#### 3.3.1. EQUIPOS MECÁNICOS

El objetivo del trabajo en materia de equipos mecánicos consiste en plantear las bombas principales necesarias tanto en el bombeo de Bocatoma, como en el bombeo de EB1 para que se pueda impulsar en ambos casos el caudal de diseño previsto (similar al caudal para la planta de tratamiento rehabilitada, 3 m<sup>3</sup>/s). Adicionalmente a la renovación de los equipos principales, se ha considerado la actualización de las instalaciones complementarias (valvulería y calderería de conexión con la tubería de impelencia).

Por último, se contemplan una serie de consideraciones en relación a las instalaciones de protección frente a golpe de ariete, así como en relación a la capacidad mecánica de las conducciones.

#### 3.3.2. EFICIENCIA ENERGÉTICA

El objetivo de la sección de eficiencia energética es realizar la estimación de los beneficios energéticos y económicos de las medidas de interés para estas áreas, teniendo como base las especificaciones de los equipos seleccionados por las disciplinas que evalúan los procesos de la planta, validando que

éstos operarán con una eficiencia mayor a la que operan los equipos actualmente instalados. Adicionalmente se evaluarán las medidas referentes a la iluminación en las mismas áreas.

### 3.3.3. INSTRUMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN

El objetivo principal de la sección de instrumentación y automatización es denotar el estado de funcionamiento de los sistemas correspondientes en las áreas de Bocatoma y EB1, proporcionando un panorama objetivo de los procedimientos o alternativas a considerar en un futuro proyecto de reparación, rehabilitación, optimización y mejora continua de un proceso de potabilización de agua confiable, repetitivo, trazable y seguro.

### 3.3.4. ELECTRICIDAD

El objetivo del trabajo en la disciplina eléctrica consiste en la restauración del suministro eléctrico en toda la planta a nivel de funcionamiento confiable y duradero por medio de la restauración de equipos obsoletos y deteriorados, por el diseño de mejoras en las protecciones y forma de distribución del servicio dentro de la planta y por el diseño de modificaciones requeridas para el suministro de energía a los nuevos sistemas de bombeo de agua.

### 3.3.5. CIVIL Y ARQUITECTURA

El objetivo de las reparaciones civiles y estructurales es devolver la integridad a las partes dañadas de las naves, adicionalmente la instalación de nuevos equipos requiere modificaciones estructurales las cuales son presentadas dentro del documento.

---

## 3.4. INFORME FINAL MEJORA DE PROCESOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE LAS PAVAS

---

El *Informe Preliminar de Mejora de Procesos de la Planta Potabilizadora de Las Pavas* define las actuaciones a desarrollar en la Planta de Tratamiento de Aguas para la rehabilitación de sus instalaciones y la mejora de los rendimientos obtenidos.

Se pretende con ello maximizar el caudal tratado, cumpliendo siempre con lo establecido en la *Norma Salvadoreña NSO 13.07.01:08, AGUA. AGUA POTABLE (Segunda actualización)*.

Estas actuaciones implican una serie de acciones en diferentes ámbitos de actuación, como son: *obra civil, equipos electromecánicos, equipos eléctricos y sistemas de automatización y control*; todo ello sin perder de vista la obtención de una mayor *eficiencia energética* de las instalaciones.

En este Proyecto se desarrollará únicamente la parte correspondiente a **PROCESOS DE PLANTA**, definiendo las actuaciones necesarias para la mejora y optimización del tratamiento del agua en lo referente a **equipos electromecánicos y mejoras en los procesos**. Estas actuaciones de mejora se resumen en las siguientes:

- Reparación/renovación de equipos electromecánicos, a los que se asocia la consecución de una mayor eficiencia energética en la planta.
- Rehabilitación de obra civil existente.
- Inclusión de nuevos elementos de proceso de los que la planta carece, y que supondrán una mejora sustancial en sus rendimientos; dichos elementos de nueva implantación llevarán aparejada su correspondiente obra civil y equipos electromecánicos.

Como complemento al alcance del presente “Informe Preliminar”, se desarrolla el *Informe Preliminar de Electricidad y Automatización de la Planta Potabilizadora de Las Pavas* donde se desarrollan las actuaciones relacionadas con la *electricidad, la instrumentación, la eficiencia energética y la automatización y control* de la Planta Potabilizadora.

---

### 3.5. INFORME FINAL DE ELECTRICIDAD Y AUTOMATIZACIÓN DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE LAS PAVAS.

---

#### 3.5.1. INSTRUMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN

El informe final de Instrumentación y Automatización de la planta potabilizadora de las PAVAS, comprende el estudio, diagnóstico, evaluación, documentación y presentación de alternativas de reparación, rehabilitación, mejora y optimización de los sistemas comprendidos por todos los equipos y componentes involucrados en la planta potabilizadora siendo el enfoque de este informe para las siguientes áreas del proceso productivo:

- 100 – Bocatoma.



- 200 – Rotofiltros.
- 300 – Mezcladores - Floculadores.
- 400 – Decantadores.
- 500 – Filtros de Arena.
- 600 – Cloración.
- 700 – Planta Química.
- 810 – Estación de Bombeo EB1.
- 820 – Estación de Bombeo EB2.
- 830 – Estación de Bombeo EB3.
- 900 – Planta de Tratamiento de Sedimentos Floculados.
- Sistema central de visualización y registro histórico (SCADA)

Los equipos y componentes considerados en el análisis, diagnóstico y propuestas de mejora del presente informe son los siguientes:

- Elementos sensores: instrumentación analógica (flujo, presión, nivel, temperatura, pH, ORP, turbidez, cloro residual, cloro ambiental, etc.) y sensores discretos (finales de carrera electromecánicos, sensores de posición electrónicos, selectores y pulsadores manuales, etc.)
- Elementos actuadores: válvulas motorizadas de acción abrir/cerrar, bombas y sus respectivos motores, equipos de dosificación y transporte de líquidos y sólidos, accionamientos directos, accionamientos de velocidad variable, etc.
- Equipos de control automático: controladores lógicos programables (PLC) y sus bastidores de módulos de periferia remota (Estaciones Esclavas).
- Equipos de visualización y registro histórico del proceso de captación, potabilización y bombeo de agua: computadoras con software de visualización, supervisión, programación y adquisición de datos (HMI/SCADA).
- Redes de comunicación: enlaces de comunicación digital, sobre medios físicos de cableado de cobre, fibra óptica y radiotelecomunicación, y con utilización de protocolos industriales estandarizados para comunicación dedicada de estados y señales del proceso y comunicación por requisición de valores y bases de datos.

Involucra la intercomunicación de valores entre los equipos de control automático y las distintas estaciones de operación (computadoras).

En adición en el informe de instrumentación y automatización se provee una explicación detallada de la ejecución de evaluaciones, secuencias, rutinas, condiciones y acciones ejecutadas por el sistema de Automatización sobre cada una de las áreas del proceso productivo.

### 3.5.2. ELECTRICIDAD

El Informe Final de Electricidad de la planta potabilizadora de las PAVAS define los trabajos de restauración en los sectores de la Planta de Tratamiento clasificándose a grandes rasgos en:

- Sustitución de tableros y gabinetes principales de distribución eléctrica por gabinetes modernos del tipo modular, que agrupen en forma ordenada y con las protecciones apropiadas los elementos de control, protección y distribución eléctrica para los equipos e instalaciones.
- Sustitución o restauración de subtableros y transformadores y pozos de registro, cambio de cableado y canalizaciones deterioradas, cambio de luminarias, mejora en la red de tierra e instalación de pararrayos contra descargas atmosféricas en campamento.
- Rediseño de la subestación principal debido al incremento de capacidad de las bombas del EB1.

---

### 3.6. PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL

---

El Objetivo principal del Programa de Manejo Ambiental es establecer las medidas ambientales que se deben cumplir durante la etapa de construcción y durante la etapa de cierre para un buen funcionamiento del proyecto.

---

### 3.7. INFORME DIAGNÓSTICO DE EB2 Y EB3

---

El objetivo es plantear el diagnóstico físico y operacional de las Estaciones de bombeo EB-2 y EB-3 para permitir identificar a nivel previo los problemas de funcionamiento actual que se dan en las citadas instalaciones. Adicionalmente, se contempla a nivel operacional una estimación de la

capacidad de las instalaciones, así como en su caso las actuaciones necesarias a llevar a cabo para permitir la elevación de hasta 3 m<sup>3</sup>/s en cada uno de los citados bombeos (caudal de diseño de la rehabilitación de la planta potabilizadora de Las Pavas

---

### 3.8. VIABILIDAD FINANCIERA

---

El objetivo del Estudio de Viabilidad Financiera es analizar la situación económica actual del Sistema Río Lempa, para posteriormente plantear la situación económica futura que se dará una vez desarrolladas las obras de referencia, en base a lo cual poder estimar la capacidad de devolución parcial del préstamo del BCIE a partir del margen entre ingresos y gastos futuros previstos.

## 4. METODOLOGÍA UTILIZADA

El presente apartado describe la metodología empleada para el desarrollo de cada uno de los documentos que comprenden tanto los “Estudios Previos o de Sitio” como los “Informes Finales” en los que ha quedado dividido el trabajo, incluyendo además, en el caso de “Informes Finales”, el índice de los documentos que se engloban dentro de ellos.

---

### 4.1. ESTUDIOS PREVIOS O DE SITIO

---

#### 4.1.1. ESTUDIO TOPOGRÁFICO Y BATIMÉTRICO

El levantamiento topográfico y batimétrico llevado a cabo en el río Lempa está basado en 9 bases de nueva implantación y 2 puntos de coordenadas conocidas, amarrando los resultados a la red geodésica nacional.

Los trabajos se han llevado a cabo con equipos de topografía clásica mediante la utilización de estación total y prisma, en este caso el equipo es un TOPCON-GTS313.

El procedimiento que se siguió para realizar el levantamiento topográfico del proyecto fue como se detalla a continuación:

- En primer lugar se procedió a realizar el levantamiento batimétrico del cauce del río 1,000 m aguas arriba junto con la altimetría de las riberas, obteniendo datos de campo a cada 10 m, tomado el ancho del cuerpo de agua como franja a levantar en la batimetría y anchos de 35 m a cada lado de las riberas del río. Posteriormente se realizó el levantamiento de 350 metros aguas abajo siguiendo la misma metodología empleada para aguas arriba, se procedió con toma de detalles en la zona aledaña a la bocatoma y sobre esta; para ello se permitió realizar la toma de datos bajando el nivel de aguas por parte del cuerpo técnico de ANDA; esto es debido a que en la zona cercana aguas arriba del bocatoma, aproximadamente 150 metros, el nivel de agua retenida sobrepasaba el máximo permitido para realizar las mediciones de manera segura, pues esta cubría el cuello del personal.
- Adicionalmente se solicitó un levantamiento de detalles en la planta de ANDA, trabajo que se realizó en cuatro días, obteniéndose datos en planimetría y altimetría.

#### 4.1.2. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOLOGÍA

En primer lugar, el estudio de mecánica de suelos se basa en las mediciones de campo llevadas a cabo en el terreno en aquellas zonas donde está previsto realizar obras civiles.

Se han realizado mediciones y toma de muestras en la margen izquierda del río Lempa aguas arriba de la Bocatoma, donde se ha propuesto construir un muro de gaviones. Así como en la Planta Potabilizadora, para construir un tanque de recuperación de agua de retro-lavado.

El tipo de ensayos realizado consta de:

- Ensayos de Penetración Estándar (S.P.T.).
- Toma de muestras, clasificación, identificación y descripción de los suelos extraídos en campo.
- Determinación de la humedad natural del terreno en laboratorio.
- Clasificación de suelos.
- Límites de Atterberg.
- Ensayo triaxial CU y UU.

Por otro lado, el estudio geológico está basado fundamentalmente en una revisión bibliográfica de las características geológicas de la región, incluyendo el mapa geológico, la geomorfología, la tectónica, los riesgos geológicos y la caracterización hidrogeológica.

#### 4.1.3. ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO

La metodología empleada para la redacción del estudio hidrogeológico varía para cada uno de los estudios que lo compone, por lo que para su descripción es mejor realizarla por separado como sigue:

- Estudio hidrológico, parte de los datos climáticos, geomorfológicos, registros de caudales y precipitaciones máximas diarias; para construir distintos modelos hidrológicos (estadísticos, matemáticos o determinísticos) que caractericen la cuenca del río Lempa hasta la altura de la Bocatoma de Las Pavas y permitan determinar los caudales circulantes para diversos periodos de retorno. Finalmente, el caudal de diseño establecido para los cálculos hidráulicos es el de 200 años de periodo de retorno y se corresponde con  $4,874 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- Estudio hidráulico y sedimentológico, ambos estudios están basados en un modelo de simulación hidráulica en 2D, que a partir de la topografía existente, los caudales determinados en el Estudio hidrológico y otros datos de la cuenca, es capaz de reproducir el comportamiento del río Lempa.
- Balance hídrico, se realiza un estudio de los caudales que circulan tanto por el canal principal como por el de alivio, tanto para la situación actual como tras realizar las actuaciones proyectadas. El estudio se basa en la ecuación del vertedero de pared gruesa y establece el caudal evacuado para incrementos de calado de 10 cm.
- Estudio hidrogeológico, parte del mapa hidrogeológico elaborado por ANDA (2008) y desarrolla la red de isopiezas del acuífero más cercano al río Lempa en el entorno de la Bocatoma, de manera que aplicando la formulación de Darcy y conociendo las características del terreno por el que circula el agua, se puede determinar el caudal que aportan las aguas subterráneas al balance hídrico del río Lempa en el entorno de estudio.

#### 4.1.4. EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL ELECTROMECAÁNICO TOTAL DE LAS INSTALACIONES

La metodología utilizada ha consistido en analizar la información facilitada por ANDA y realizar varias inspecciones físicas de la planta potabilizadora. Con estas dos fuentes de información y con la

aportación de los operarios de la planta se ha podido proporcionar una evaluación del estado actual electromecánico total de las instalaciones.

De cada equipo electromecánico, eléctrico y de automatización existente en la planta se ha realizado una ficha resumen donde se han recogido las sus características principales. En base a estas fichas se ha realizado la evaluación del estado actual de dichos equipos.

Para el Diagnóstico Energético se han utilizado los datos obtenidos durante las visitas de campo realizadas a la planta, así como mediciones de consumo energético realizadas con equipo especializado, las cuales han sido validadas mediante los historiales de consumo y operación facilitados por ANDA. Se han realizado, además, distintas capturas termográficas en tableros eléctricos y en motores, con el objetivo de identificar puntos elevados de temperatura que pudieran significar tanto un deterioro, como un peligro en la operación de los equipos evaluados. Se tomaron mediciones de calidad de energía que fueron realizadas a las acometidas principales de la planta (Etapa 1, Etapa 2, Bocatoma y EB1) a fin de evaluar las condiciones actuales del suministro de energía eléctrica.

Con los datos anteriores, se presenta el cálculo de las eficiencias de operación de los sistemas de bombeo de mayor relevancia (Bocatoma y EB1), determinando si los equipos operan en los puntos de máxima eficiencia. Se realiza un análisis del historial de consumo energético, a fin de relacionarlo con la producción de la planta, con el objetivo de obtener indicadores de consumo energético.

Adicionalmente, se presenta el modelo base, creado a partir de la recopilación de datos y la distribución del consumo en las diversas áreas de la planta, destacando en el mismo las áreas de mayor potencial de ahorro energético. Posteriormente, se enumeran distintas medidas de eficiencia energética con una descripción de las mismas, destacando al mismo tiempo sus potenciales beneficios, clasificándolas de acuerdo a su sustentabilidad en base a su tiempo de vida útil; criterio que servirá, un vez obtenidas las cotizaciones de los equipos que están siendo diseñados, clasificarlas en base a su rentabilidad. Finalmente, se destacan las barreras a vencer para lograr una mejor implementación de medidas de eficiencia energética

---

## 4.2. INFORME FINAL ACTUACIONES EN EL RÍO LEMPA

---

El *Informe Final de Actuaciones en el río Lempa* tiene la estructura de un proyecto de ejecución, en donde se parte de los estudios previos y de campo, tales como el levantamiento topográfico y batimétrico del entorno, el conocimiento de la geología, los registros históricos de caudales y precipitaciones máximas diarias, la climatología, los usos del suelo, la hidrogeología, la campaña geotécnica o de mecánica de suelos realizada para caracterizar el terreno donde deben apoyarse las estructuras definidas, etc.

En base a los estudios previos y a la problemática identificada se definen las actuaciones que comprenden el proyecto constructivo y que se enumeran a continuación:

- Obras de Dragado en el lecho del río Lempa.
- Ampliación del Canal de Alivio existente, aguas arriba de la represa de Bocatoma.
- Protección de la Margen Izquierda, con un muro de gaviones, que abarque toda la margen izquierda del Canal de Alivio ampliado y tenga continuidad por el canal principal del río Lempa hasta unos 850 m aguas arriba de Bocatoma.
- Rebosadero, en el canal principal, que controle la entrada de agua hacia la Bocatoma y permita la toma del agua de la parte alta de la columna de agua.
- Protección del Estribo Izquierdo de la Represa de Bocatoma.
- Protección del Fondo del Lecho, entre el Rebosadero y la Bocatoma.
- Obras de Drenaje del Entorno de la Bocatoma.

Se ha realizado un análisis de alternativas para justificar la conveniencia de ejecutar las actuaciones del *Rebosadero* y de *Protección del Fondo del Lecho*, puesto que son las que permiten mejorar la calidad del agua que alcanza la Bocatoma, mejorar la conectividad del río Lempa en el entorno de estudio, evitar el azolvamiento continuado que se ha producido desde que se construyó la represa de Bocatoma y equilibrar el reparto de caudales entre el canal principal y el de alivio del río, de manera que la resultante de energías en la confluencia de ambos canales, aguas abajo de la represa de Bocatoma, tenga una componente orientada con el eje principal del río y menor magnitud, de manera que se eviten los desbordamientos que actualmente se producen en dicho punto por la margen izquierda del río.

El dimensionamiento de las estructuras se realiza de acuerdo a dos criterios distintos: el **hidráulico**, que define las alturas de protección, las rugosidades de fondo y las capacidades de cada uno de los elementos planteados; y el **estructural**, que determina las dimensiones y los materiales con los que deben ser construidos los elementos de protección.

Por otro lado, se describen los procedimientos constructivos que se han contemplado para la construcción de las obras, definiendo las ataguías y desvíos provisionales del río Lempa, los caminos de circulación de maquinaria, los acopios temporales de materiales y los préstamos de obra, que permitan la construcción de todas las actuaciones en condiciones seguras y evitando la presencia del agua, de manera que se mejoren los rendimientos y las obras puedan realizarse en 5 meses, coincidiendo con la Estación Seca.

Al mismo tiempo se presenta un documento donde se reflejan los principios de Seguridad Industrial e Higiene Ocupacional que ocupan a este tipo de obras, y pretende servir de referencia para que la empresa Contratista pueda realizar los trabajos en condiciones seguras.

El *Informe Final de Actuaciones en el río Lempa* incluye además un documento que incluye las Especificaciones Técnicas de los materiales a emplear en el tipo de obras planteadas, donde destacan la instalación de muro de gaviones y los movimientos de tierra. Así como la valoración de las obras.

---

#### 4.3. INFORME FINAL BOMBEO, ELECTRICIDAD Y AUTOMATIZACIÓN (BOCATOMA Y EB1)

---

El *Informe Final de Bombes, Electricidad y Automatización (Bocatoma y EB1)* se divide en cinco paquetes relacionados con distintas especialidades de las requeridas en la consultoría, como son:

- Análisis y Dimensionamiento de los Bombes y Líneas de Impelencia.
- Análisis y Cálculos Eléctricos.
- Instrumentación y Automatización.
- Eficiencia Energética.
- Civil y Arquitectura.

En primer lugar se plantearon meticulosas campañas de reconocimiento, en las que se decretó el estado actual de los equipos y sistemas afectados en el presente “Informe Final”.



En base a estos trabajos de campo se vio la necesidad de sustituir los equipos electromecánicos más importantes en busca de una mejora en sus rendimientos que mejorara los consumos eléctricos y en definitiva produjera una mejora en la eficiencia energética.

El Informe realiza un dimensionamiento hidráulico de los equipos de bombeo, a partir de los datos reales que facilitan los proveedores de estos equipos. El análisis hidráulico comprende el estudio de los materiales que componen los equipos en función de las características del agua, el punto de funcionamiento de las bombas individuales y el funcionamiento conjunto de los distintos grupos de bombeo, además del análisis de las líneas de impelencia en régimen permanente y transitorio, estudiando en detalle los problemas derivados del golpe de ariete.

Para poder llevar a cabo esta tarea es imprescindible garantizar el suministro eléctrico en las condiciones de intensidad y frecuencia en los puntos de demanda, por lo que la red eléctrica, la red de tierras y los cuadros eléctricos debieron ser probados y se tuvo que decretar su validez o sus necesidades de mejora; al tiempo que los nuevos equipos electromecánicos requieren de mayor potencia eléctrica (debido a una mayor producción de agua potable) y se hace necesaria la instalación de un nuevo transformador eléctrico de 8 KVA.

Una vez decretadas las necesidades de suministro eléctrico y establecidas las características de los equipos de bombeo y demás elementos de la línea de impelencia, se procede a implementar las necesidades de instrumentación y automatización que tendrán los sistemas de bombeo para llevar a cabo un adecuado funcionamiento y control.

En este mismo sentido, las obras civiles y de arquitectura asociadas al “Informe Final” tienen como objetivo mejorar las condiciones de las naves actuales y crear ambientes suficientemente aislados y protegidos como para albergar los equipos eléctricos y de instrumentación y control con mayores sensibilidades.

Por su parte, la especialidad de Eficiencia Energética precisa de datos de los equipos y sistemas actuales y del conocimiento de los puntos de funcionamiento y de las características de los equipos electromecánicos previstos, para decretar la mejora en la Eficiencia Energética y el ahorro asociado que cabe esperar con las medidas previstas en el “Informe Final”.

En el *Informe Final de Bombeos, Electricidad y Automatización (Bocatoma y EB1)* existe un documento que explica los procedimientos constructivos que intervienen en la presente actuación, destacando las interacciones entre los equipos actuales y los futuros a la hora de llevar a cabo los trabajos, para minimizar los tiempos de desabastecimiento a la población.

El *Informe Final de Bombeos, Electricidad y Automatización (Bocatoma y EB1)* incluye además un documento que incluye las Especificaciones Técnicas de los materiales a emplear en el tipo de obras planteadas, donde destacan los equipos de bombeo y las actuaciones eléctricas. Así como la valoración de las obras.

---

#### 4.4. INFORME FINAL MEJORA DE PROCESOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE LAS PAVAS

---

El *Informe Final de Mejora de Procesos de la Planta Potabilizadora de Las Pavas* se divide en distintas áreas de actuación, como son:

- Bocatoma.
- Pretratamiento: Rotofiltros y Desarenado.
- Coagulación-Floculación.
- Decantación Lamelar.
- Filtración en Arena.
- Desinfección Final.
- Reservorio.
- Planta Química.
- Abastecimiento Independiente del Campamento y el Poblado de Las Pavas.
- Sustitución de las Bombas de Llenado del Tanque Elevado.
- Sustitución de las Bombas de la Arqueta de Sedimentos Existente.
- Planta de Sedimentos Floculados.
- Construcción de una Arqueta de Bombeo de Vaciados de Decantadores.
- Construcción de un Tanque de Vaciados y Recuperación de Aguas de Lavado.

La delimitación de las soluciones parte de las visitas de obra realizadas a la Planta para identificar in situ el funcionamiento de la misma y detectar la problemática asociada con el paso del tiempo y la falta de mantenimiento. En esta tarea fue fundamental la colaboración de los técnicos de ANDA encargados de la producción, puesto que conocen las deficiencias de los procesos y asistieron a la consultoría en la identificación de los fallos más importantes.

Cabe comentar, que en el listado anterior, se han incluido nuevos elementos que no existen actualmente en la planta, y que se consideran de importancia relevante para conseguir una mejora de las instalaciones. Estos elementos son: 'Arqueta de Bombeo de Vaciados de Decantadores' y 'Tanque de Vaciados y Recuperación de Aguas de Lavado'.

La ubicación en planta de los elementos actuales de la Planta Potabilizadora, así como las actuaciones de nueva ejecución, requería de un levantamiento topográfico de las instalaciones.

Las nuevas estructuras requieren de un Cálculo Estructural, así como de un Estudio de Mecánica de Suelos, que permitan definir las mismas para llevar a cabo su construcción.

En el *Informe Final de Mejora de Procesos de la Planta Potabilizadora de Las Pavas* existe un documento que explica los procedimientos constructivos que intervienen en la presente actuación, destacando las interacciones entre los equipos actuales y los futuros a la hora de llevar a cabo los trabajos, para minimizar los tiempos de actuación y afectar en la menor medida posible al funcionamiento de la Planta, dado que ésta se tiene que mantener en funcionamiento continuo.

El *Informe Final de Mejora de Procesos de la Planta Potabilizadora de Las Pavas* incluye además un documento que incluye las Especificaciones Técnicas de los materiales a emplear en el tipo de obras planteadas, donde destacan los equipos electromecánicos. Para cada equipo se ha elaborado una ficha, describiendo sus características técnicas y calidades mínimas a respetar.

De igual modo, el mencionado *Informe Final* incluye la valoración de las obras.

---

#### 4.5. INFORME FINAL DE ELECTRICIDAD Y AUTOMATIZACIÓN DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE LAS PAVAS.

---

El *Informe Final de Electricidad y Automatización de la Planta Potabilizadora de Las Pavas* se divide en distintas áreas de actuación, como son:

- Pretratamiento: Rotofiltros y Desarenado.
- Mezcla y Floculación.
- Decantadores.
- Filtración en Arena.
- Cloración.
- Planta Química.
- Reservorio.
- Recuperación de agua de lavado.
- Planta de tratamiento de sedimentos floculados.
- Sala de Control.

La delimitación de las soluciones parte de las visitas de obra realizadas a la Planta para identificar in situ el funcionamiento de la misma y detectar la problemática asociada con el paso del tiempo y la falta de mantenimiento. En esta tarea fue fundamental la colaboración de los técnicos de ANDA encargados de la producción, puesto que conocen el estado actual y las deficiencias de los equipos asistiendo de manera fundamental a la consultoría en la identificación de los fallos más importantes.

Al mismo tiempo, el informe de automatización se auxilia del informe preliminar de mejora de proceso para determinar que instrumentación adicional es requerida. En ese estudio se determinaron requerimientos adicionales de instrumentación los cuales se detallan en el informe final.

El *Informe Final de Electricidad y Automatización de la Planta Potabilizadora de Las Pavas* muestra adicionalmente las modificaciones necesarias al equipo eléctrico como también los nuevos requerimientos ya que la potencia de los equipos se ve aumentada en el área de EB1.

En el *Informe Final de Electricidad y Automatización de la Planta Potabilizadora de Las Pavas* existe un documento que explica los procedimientos constructivos que intervienen en la presente actuación,

destacando las interacciones entre los equipos actuales y los futuros a la hora de llevar a cabo los trabajos, para minimizar los tiempos de desabastecimiento a la población.

El *Informe Final de Electricidad y Automatización de la Planta Potabilizadora de Las Pavas* incluye además un documento que incluye las Especificaciones Técnicas de los materiales a emplear en el tipo de obras planteadas, donde destacan Instrumentación, Sensores, Equipo Eléctrico, las nuevas obras civiles y elementos encargados de mejorar los procesos y las actuaciones asociadas. Así como la valoración de los equipos y los costos de su instalación.

---

#### 4.6. PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL

---

Se han identificado los impactos tanto en la etapa de construcción como en la etapa de funcionamiento. Se ha establecido también la causa del impacto, la ubicación del mismo y las medidas para minimizarlo o eliminarlo. Todas las medidas se han presupuestado, incorporando su costo en el documento.

---

#### 4.7. INFORME DIAGNÓSTICO DE EB2 Y EB3

---

Tomando como partida la siguiente documentación:

- Manual de medidas de ahorro de energía eléctrica “Planta potabilizadora Las Pavas”. Edición 2011. Revisión 2.0
- Memoria del Proyecto de Ampliación y mejoras del Sistema Río Lempa, de fecha 2002 (Fase II). Las empresas adjudicatarias del contrato “llave en mano” fueron la UTE Río Lempa (ICASUR SA, ISOLUX WAT SA e HIDROMECÁNICA EXTREMEÑA SA)
- Planos de Obra finalizada de “Abastecimiento de Agua Potable de San Salvador. Proyecto Río Lempa”, de Junio de 1992.
- Curvas de las bombas de Bocatoma, EB-1 y EB-2, facilitadas por ANDA.

Y tras las visitas realizadas a las estaciones de Bombeo EB2 y EB3 por el consorcio VIELCA-EC siempre acompañados por operarios de ANDA, se realiza una descripción de las instalaciones

electromecánicas, eléctricas, automatización y una auditoría energética, realizando posteriormente un diagnóstico diferenciado para EB2 y EB3 de cada uno de los elementos de las especialidades mencionadas.

---

#### 4.8. VIABILIDAD FINANCIERA

---

El estudio económico de la situación actual considera fundamentalmente los costes asociados a la producción de agua y su transporte hasta la entrega a la red de distribución de agua potable del área metropolitana.

Para estudiar la situación económica futura se han efectuado una serie de hipótesis en relación a la modificación de las variables fundamentales debido a los cambios que se producen por las obras.

Para la inversión planteada para la rehabilitación de la planta potabilizadora de Las Pavas no se ha considerado su evaluación mediante los métodos tradicionales de evaluación de inversiones (Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno, ...), sino que dado su carácter de interés social el objetivo que se plantea en el presente estudio económico financiero que el porcentaje de “devolución” del préstamo sea razonable para no afectar a las cuentas públicas de ANDA. A priori, se entiende por razonable un porcentaje superior al 50%.

### 5. RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS

Tras aplicar la metodología descrita en el apartado anterior a los “Estudios Previos o de Sitio” y a cada uno de los paquetes que componen los “Informes Finales”, se obtienen los siguientes resultados de diseño.

---

#### 5.1. ESTUDIOS PREVIOS O DE SITIO

---

##### 5.1.1. ESTUDIO TOPOGRÁFICO Y BATIMÉTRICO

El principal resultado obtenido con el estudio topográfico y batimétrico es el levantamiento del río Lempa en el entorno de la Bocatoma de la Planta Potabilizadora de Las Pavas.

El levantamiento se ajusta a lo demandado en los Términos de Referencia y sirve como base para realizar los estudios hidrológico, hidráulico, balance hídrico y sedimentológico, así como para determinar los movimientos de tierra y los volúmenes de dragado planteados en las *Actuaciones en el río Lempa*.

Adicionalmente se realiza una comprobación planimétrica y altimétrica para comprobar y actualizar la cartografía disponible de la Planta de Tratamiento.

### 5.1.2. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOLOGÍA

Los principales resultados del estudio de mecánica de suelos y geología son los ensayos de los materiales que constituyen la base donde deben apoyarse las estructuras civiles de nueva ejecución planteadas en la presente consultoría.

Además de los resultados de los ensayos, el laboratorio encargado de los mismos realizó una serie de recomendaciones que fueron tenidas en cuenta a la hora de diseñar las estructuras y sus fundaciones.

### 5.1.3. ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO

El estudio hidrogeológico en primer lugar caracteriza la cuenca del río Lempa hasta la altura de la Bocatoma de la Planta Potabilizadora de Las Pavas con el objeto de obtener los caudales circulantes por el río para distintos periodos de retorno.

A partir de dichos caudales realiza una simulación hidráulica del entorno (en base a la topografía y batimetría obtenidas en la presente Consultoría) tanto para el estado actual como para el futuro, con las diversas actuaciones de mejora planteadas.

Al mismo tiempo, teniendo en cuenta la carga de sedimentos, se evalúa el comportamiento del tramo de estudio en cuanto a erosiones y sedimentaciones.

De manera adicional, se plantea un balance hídrico de las aguas superficiales, teniendo en cuenta que el cauce del río Lempa tiene dos canales en el entorno de estudio, el canal principal y el canal de alivio.

Finalmente, se realiza un estudio hidrogeológico cuya conclusión principal es que la aportación que los acuíferos del entorno de la Bocatoma de la Planta Las Pavas tienen sobre el río Lempa en dicho entorno es despreciable frente al caudal circulante por el cauce y los aportes locales de aguas superficiales.

#### 5.1.4. EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL ELECTROMECAÁNICO TOTAL DE LAS INSTALACIONES

##### EQUIPOS ELECTROMECAÁNICOS

En general, y a excepción de la planta de sedimentos floculados, el estado de los equipos de la planta se puede clasificar entre deficiente y muy deficiente. Esta situación viene dada por el escaso mantenimiento realizado y la no renovación progresiva de equipos, a medida que éstos han ido quedando obsoletos, o con demasiados daños para poder ser reparados.

Prácticamente todos los equipos presentan daños físicos, deterioro por oxidación, sobrecalentamientos en motores, etc. Todos los motores son de eficiencia estándar y casi ningún equipo posee variador de frecuencia, para poder adecuarse a las condiciones de trabajo requeridas, y hacer así más eficiente su operación.

Dado el estado de deterioro/obsolescencia que la gran mayoría presenta, se recomienda su sustitución (de los que corresponda, tal como queda reflejado en la matriz de medidas). En la elección de los nuevos equipos, se tendrán en cuenta criterios de eficiencia energética, como la incorporación de motores premium y variadores de frecuencia.

##### EQUIPOS ELÉCTRICOS

Los equipos y sistemas eléctricos se han deteriorado por uso y adicionalmente en algunas áreas, por el ambiente con mayor humedad o por manejo de químicos. También ocurren fallas accidentales que requieren de reparación, pero también de acciones correctivas que prevengan de la ocurrencia de los accidentes nuevamente. La falta de corrección inmediata y permanente o de restauración gradual por deterioro, han ido reduciendo la capacidad de funcionamiento pleno de los sistemas y aumentando la probabilidad de fallas más frecuentes y de mayor impacto.



Muchas de las reparaciones observadas han sido efectuadas provisionalmente con elementos que no son los originales y han quedado en esa forma en espera de contar con los recursos para la restauración permanente, pero así han ido quedando y han seguido aumentando en cantidad. Son evidentes los esfuerzos del personal de la planta por resolver los problemas de la mejor manera con los recursos existente. Sin embargo, algunas de las fallas no se han podido resolver por falta de presupuesto o por inexistencia de repuestos por obsolescencia.

También se han observado instalaciones con falta de protecciones adecuadas o con los mejores métodos de conexión. En condiciones normales de operación, estas instalaciones eléctricas funcionan, pero en casos de fallas, el daño ocasionado a protecciones o cableado dentro de los gabinetes puede ser mayor y causar apagado de más equipos de los que originalmente sufrieron la falla.

#### AUTOMATIZACIÓN

El sistema de control automático y visualización en sí, presenta un estado bastante bueno y funcional. El sistema de control automático no funciona adecuadamente primordialmente por razones de deterioro de los elementos sensores y actuadores finales.

Reparaciones requeridas:

- Restitución del módulo de interfaz “esclavo” de la estación remota en el área de Cloración y pruebas de comunicación hacia el controlador central.
- Reparación de la comunicación por Profibus en fibra óptica hacia la estación remota de la Planta de Sedimentos Floculados, la cual se encuentra actualmente defectuosa.
- Reparación o sustitución de las computadoras de montaje de panel (Panel PC).
- Mantenimiento preventivo general de las computadoras del sistema de visualización, removiendo archivos o programas innecesarios, así como revisando ante ataques de virus informáticos.

#### EFICIENCIA ENERGÉTICA

De forma global, en base a las medidas de ahorro energético y energías renovables, que han sido presentadas en esta sección, se estima un potencial de ahorro de aproximadamente un 18.13% de la facturación global de la planta; se ha estimado un ahorro anual en facturación de hasta \$989,200. El ahorro energético sería de aproximadamente 12,488.86 MWh. Dicho paquete de medidas de ahorro energético y energías renovables, lograría reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> al ambiente en 8,899.67 Toneladas al año. Estos datos obtenidos se han visto actualizados a lo largo del transcurso de la consultoría y las cifras finales están contenidas en el “*Informe Final de Electricidad y Automatización de la Planta Potabilizadora de Las Pavas*”.

---

## 5.2. INFORME FINAL DE ACTUACIONES EN EL RÍO LEMPA

---

Las obras propuestas en el cauce del río Lempa a la altura de la obra de Bocatoma de la Planta Potabilizadora de Las Pavas, incluyen tanto obras de dragado como obras de protección de márgenes y lecho.

El objetivo perseguido con su construcción es doble, por un lado garantizar la protección de las márgenes para una avenida de periodo de retorno de 200 años; y por otro mejorar la calidad de las aguas captadas en la cámara de bombeo de Bocatoma, y en consecuencia, la calidad del agua bruta que se utiliza para el tratamiento de Las Pavas.

### 5.2.1. OBRAS DE DRAGADO EN EL CAUCE DEL RÍO LEMPA

Las obras de dragado en el cauce del río Lempa se plantean para controlar las condiciones de flujo, en lugar de retirar los aportes transportados por el río Lempa desde que se inició la operación de la Planta Potabilizadora.

Este enfoque se debe a que la dinámica actual del río en el entorno de estudio está condicionada por las obras existentes y la nueva morfología del río debida a la apertura de un canal de alivio, producto de eventos extremos.

Por ello el planteamiento realizado en la presente consultoría persigue unas pendientes tanto longitudinales como transversales que sean estables y ayuden a evitar fenómenos geológicos como la licuefacción de las márgenes o las erosiones descontroladas.

De este modo se puede alcanzar una sección más estable que proporcione una mayor durabilidad de las obras de dragado planteadas, al tiempo que se minimiza la extracción de materiales del río.

Las obras de dragado deberán ser compatibles con el resto de obras planteadas, como la protección de márgenes, que al final serán dimensionadas para evacuar un determinado caudal extremo de avenida.

Por tanto, el objetivo de conseguir un perfil lo más estable posible debe primar respecto al de aumentar la capacidad de sección transversal, puesto que la retirada en exceso o en defecto de material producirá sobre o infra-capacidades en las obras planteadas.

Las obras de dragado planteadas buscan el establecimiento de una pendiente de fondo del lecho de 0.004 m/m y la disminución de pendientes y retirada de material azolvado en la barra de sedimentos que se encuentra enfrente de la entrada del canal de alivio, en la margen derecha del canal principal del río Lempa, con una pendiente media de 0.025 m/m, como se muestra en la *Figura 2*.

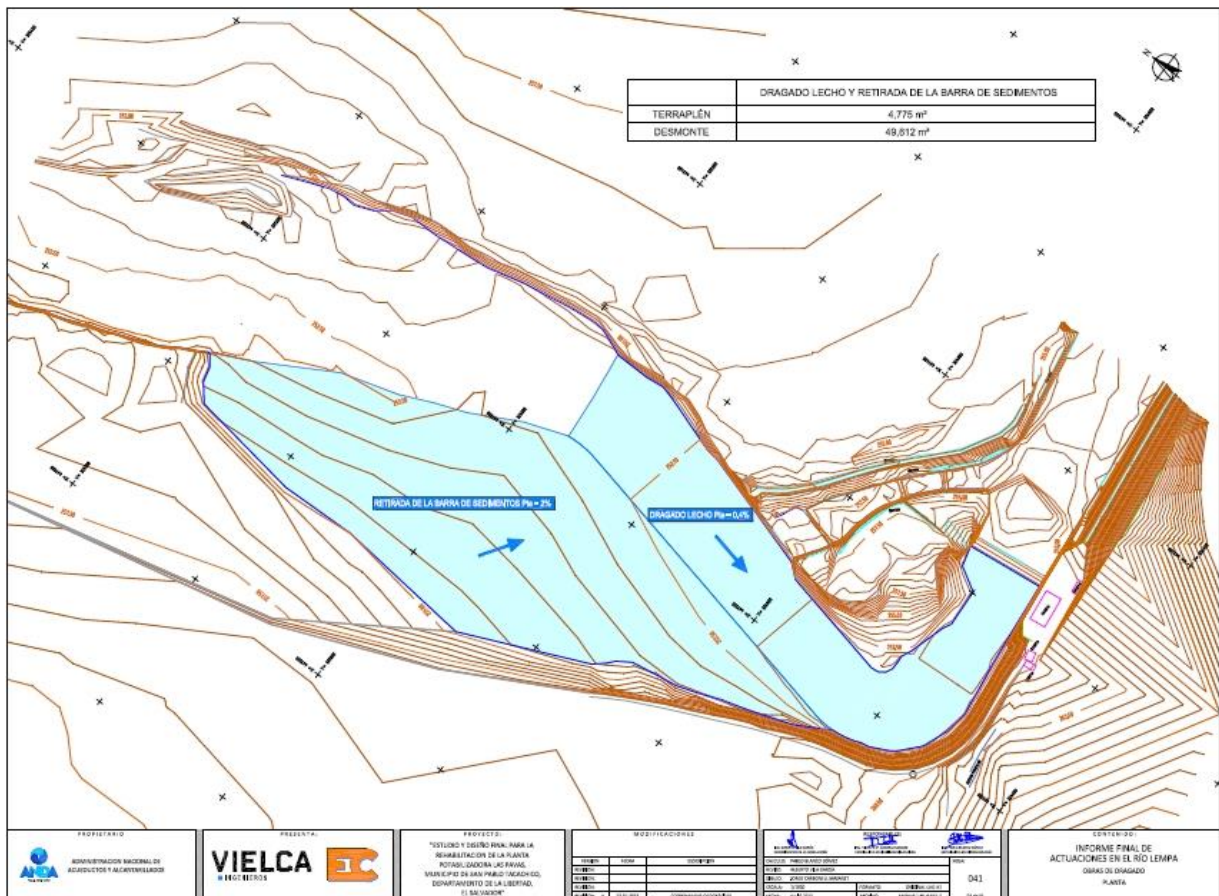


Figura 2. Detalle del dragado en el entorno de Bocatoma (extracto del plano ANDALP-T-RL-P-041-1 Obras de Dragado. Planta)

La siguiente Tabla 1. Volúmenes de dragado muestra los volúmenes de descapote (dragado) y terraplén (material extendido) resultantes del mencionado diseño:

	Dragado lecho y Retirada de la Barra de Sedimentos
Descapote	49,612 m <sup>3</sup>
Terraplén	4,775 m <sup>3</sup>

Tabla 1. Volúmenes de dragado

Los volúmenes anteriores surgen del establecimiento del movimiento de tierras necesario para garantizar la capacidad de evacuación, la estabilidad de los taludes y del lecho y del diseño hidráulico establecido en los “Estudios Previos o de Sitio”.

#### 5.2.2. AMPLIACIÓN DEL CANAL DE ALIVIO

El canal de alivio actual se abrió de forma natural tras un evento extremo, pero no fue consecuencia de un único suceso, sino de la construcción de la represa de Bocatoma y la acumulación de sedimentos con el paso de los años.

El río es un elemento en constante evolución y cualquier actuación que modifique su dinámica fluvial puede acelerar o modificar su cauce natural.

En la situación actual, donde el canal principal tiene una alta carga de sedimentos, la tendencia es a ampliar de manera natural el canal de alivio actual y dejar en desuso el canal de la Bocatoma, puesto que el obstáculo construido (el camino hacia la represa de Bocatoma) supone un camino de mayor resistencia que la alternativa abierta por el canal de alivio.

Morfológicamente el río Lempa presenta muchos meandros en este tramo, encajándose en época seca en la sección de aguas bajas y describiendo quiebros muy pronunciados. Sin embargo, cuando el caudal aumenta en época lluviosa, la tendencia de la llanura de inundación es a establecer quiebros menos bruscos.

Este contraste queda patente en los Mapas Geológico e Hidrogeológico de la región, puesto que los materiales que se acumulan en las riberas del río Lempa, tienen su origen en los sedimentos y





Figura 3. Ampliación del canal de alivio (extracto del plano ANDALP-T-RL-P-051-1 Ampliación del canal de alivio. Planta)

Al mismo tiempo, los movimientos de tierra realizados se resumen en la siguiente *Tabla 2*.

*Movimiento de tierras del canal de alivio:*

	Canal de alivio
Descapote	18,480 m <sup>3</sup>
Terraplén	720 m <sup>3</sup>

*Tabla 2. Movimiento de tierras del canal de alivio*

Los volúmenes anteriores surgen del establecimiento del movimiento de tierras necesario para garantizar la capacidad de evacuación, la estabilidad de los taludes y del lecho y del diseño hidráulico establecido en los “Estudios Previos o de Sitio”.

### 5.2.3. PROTECCIÓN DE LA MARGEN IZQUIERDA EN EL RIO Y EN EL CANAL DE ALIVIO

Los reboses de agua por la margen izquierda están colaborando en la deriva del río por un nuevo canal, tal y como sucedió con la apertura del canal de alivio actual.

Topográficamente el río se orienta en esa dirección en busca de cotas menores, al tiempo que orográficamente dicha margen ofrece una solución de menor resistencia por estar constituida por campos de cultivo con poca diferencia de nivel respecto a la lámina de agua del río.

Con el objeto de evitar la apertura de nuevos canales que eviten el abastecimiento a la Planta Potabilizadora, debe protegerse la margen izquierda del río Lempa, con garantías suficientes para que los eventos extremos no acaben abriendo un nuevo canal en el entorno.

Para ello se ha empleado el caudal correspondiente a la tormenta de diseño de 200 años de periodo de retorno, que se corresponde con un caudal circulante por el río de 4,874 m<sup>3</sup>/s.

Se ha optado por una solución compatible con las que se han empleado anteriormente en las protecciones de la Bocatoma, como es un muro de gaviones, de altura variable, puesto que debe elevarse hasta cota 261 m.s.n.m.

La siguiente *Figura 4. Detalle del muro de protección de la margen izquierda* muestra una sección tipo del muro de gaviones planteado:

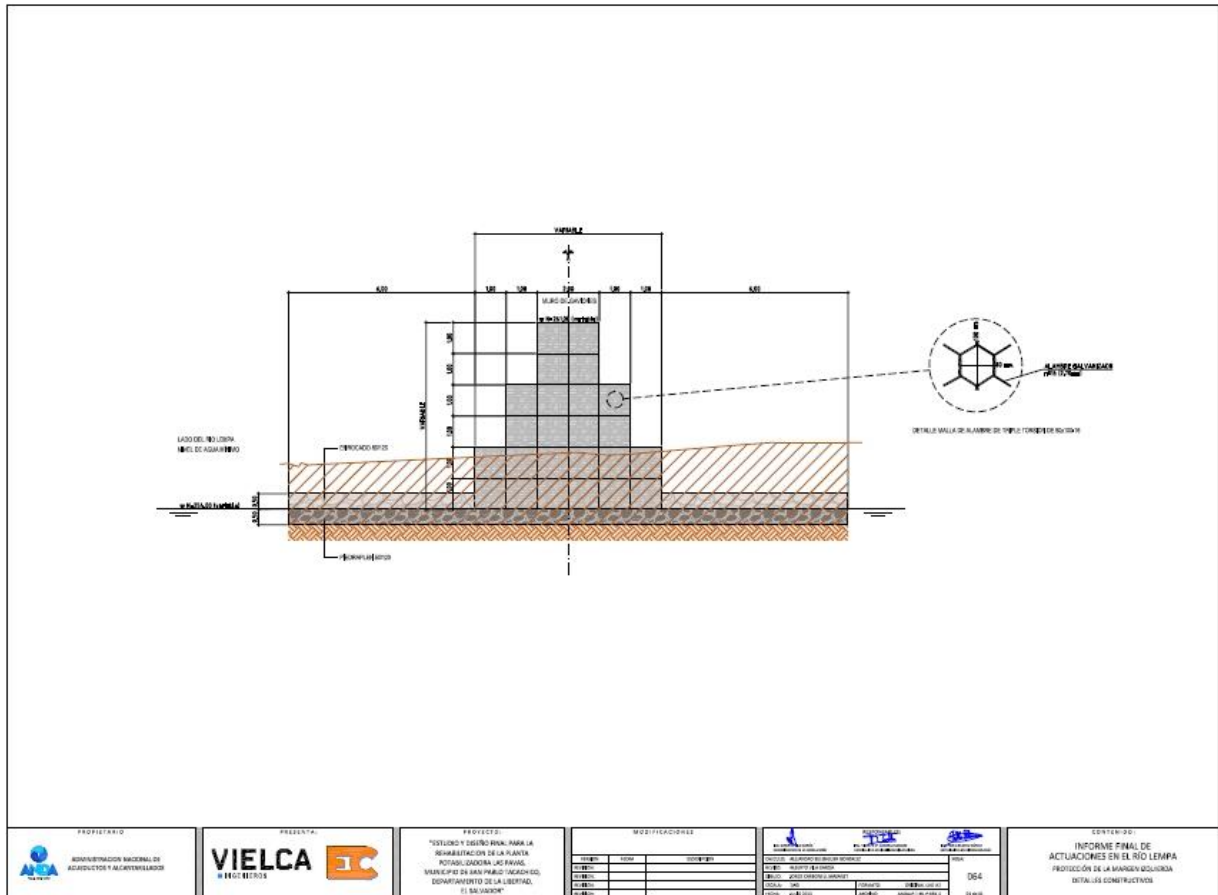


Figura 4. Detalle del Muro de Protección de la Margen Izquierda (extracto del plano ANDALP-T-RL-P-064-1 Protección de la margen izquierda. Detalles Constructivos)

Los movimientos de tierra llevados a cabo durante su construcción quedan resumidos en la *Tabla 3. Movimiento de tierras del muro de protección de la margen izquierda* siguiente:

	Muro de Protección de la Margen Izquierda
Descapote	55,230 m <sup>3</sup>
Terraplén	33,615 m <sup>3</sup>

Tabla 3. Movimiento de tierras del muro de protección de la margen izquierda

Los volúmenes anteriores surgen del establecimiento del movimiento de tierras necesario para garantizar la capacidad de evacuación, la estabilidad de los taludes y del lecho y del diseño hidráulico establecido en los “Estudios Previos o de Sitio”.

#### 5.2.4. REBOSADERO EN EL CANAL DE ALIVIO

El rebosadero consiste en un muro transversal al cauce principal del río Lempa que permite el abastecimiento de agua controlado a la Planta Potabilizadora de Las Pavas.

Su instalación conlleva una serie de cambios en la dinámica fluvial actual del río Lempa, que son del todo compatibles con su tendencia natural. Al mismo tiempo supone una mejora sustancial en la calidad de agua empleada para el tratamiento y supone un suministro controlado con un vertedero, que garantiza el abastecimiento a la Planta Potabilizadora.

Con su instalación el canal principal del río quedaría como canal secundario para caudales de hasta  $250 \text{ m}^3/\text{s}$ .

El caudal medio del río Lempa en el entorno de estudio es de  $47.01 \text{ m}^3/\text{s}$ , y el diseño del vertedero establecido para dicho caudal garantiza un desvío por el canal principal de  $8.4 \text{ m}^3/\text{s}$ . De manera que para caudales medios, el sistema es capaz de derivar un caudal suficiente para garantizar el abastecimiento en Bocatoma.

Al mismo tiempo, se ha estudiado su comportamiento para caudales extremos, donde ambos canales, tanto el principal como el de alivio, desaguan caudales importantes. De este modo, al dividir el caudal en dos canales se consigue disminuir la velocidad del fluido y por tanto su capacidad erosiva.

Por su parte, para caudales de aguas bajas se ha instalado una compuerta en el rebosadero que derive un caudal suficiente para abastecer la Planta Potabilizadora.

En cuanto a calidad de aguas hay que destacar la mejora sustancial que se producirá en la cámara de bombas, puesto que con el sistema establecido, la turbidez debida a la resuspensión de sedimentos del lecho se derivará hacia el actual canal de alivio y se derivarán hacia Bocatoma las aguas de la parte superior de la columna de agua, que tienen un menor contenido en sólidos suspendidos al prescindirse de los resuspendidos del fondo.

De este modo, la calidad del recurso que alcance Bocatoma permitirá una mayor durabilidad de los equipos de bombeo, al disminuir la abrasión a la que se ven sometidos en la actualidad.



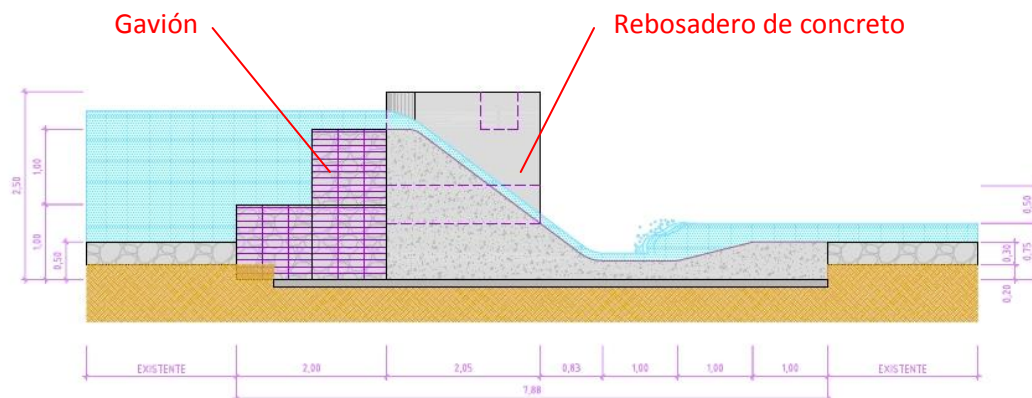
Con el sistema propuesto la lámina de agua sigue cubriendo las mismas superficies, por lo que no supone ningún cambio paisajístico excepto por las nuevas infraestructuras.

Sin embargo el funcionamiento del río será completamente diferente.

En cualquier caso, las nuevas estructuras no suponen un obstáculo para el libre movimiento de las especies que habitan el ecosistema existente, puesto que la conectividad del río estará garantizada por el canal de alivio ampliado, y cualquier especie que acceda al entorno de la Bocatoma podrá remontar el rebosadero porque lo cubrirá el agua y podrá acceder al tramo de aguas abajo como lo hace actualmente, descendiendo por las compuertas de la represa. Otra ventaja es que cuando se den eventos extremos de lluvias, la operatividad de la planta no será interrumpida.

El rebosadero se construirá con una estructura mixta de gaviones y hormigón, de hasta 1.5 m de altura.

La siguiente *Figura 5. Detalle del rebosadero* muestra una sección tipo del muro planteado:



*Figura 5. Detalle del Rebosadero (extracto del plano ANDALP-T-RL-P-073-1 Rebosadero. Detalles Constructivos)*

La primera estructura de gaviones que encontrará el agua y el trazado en curva del rebosadero orientarán el flujo hacia el canal de alivio actual.

El agua que la atraviese irá depositando parte de los sólidos en suspensión que arrastre y perdiendo energía antes de enfrentarse con la estructura de hormigón que se encuentra en su parte trasera.

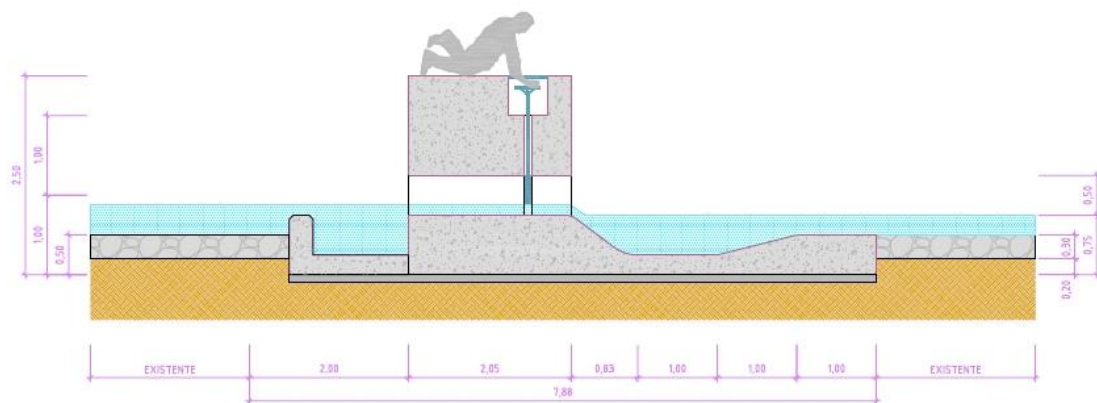
La segunda estructura, colocada en la parte trasera de los gaviones, completará el perfil de un vertedero en pared gruesa y consistirá en un muro de hormigón sin discontinuidades sobre el que apoya directamente la parte trasera del muro de los gaviones.

El agua reorientada hacia el canal de alivio se encontrará con un vertedero a su entrada que condicionará el nivel del río aguas arriba del mismo. Aprovechando este fenómeno se ha diseñado el rebosadero, de manera que con el nivel que adquiera el agua para caudales medios-bajos haya una parte suficiente que rebose por coronación del rebosadero y suministre a la Planta Potabilizadora.

Al mismo tiempo, el agua que sobrepase directamente por coronación ambas estructuras será de la parte alta de la columna de agua y por tanto tendrá menor contenido en sólidos suspendidos por evitar el fenómeno de la resuspensión, comentado con anterioridad.

En el caso de que el caudal circulante no llegue a rebosar un caudal suficiente como para abastecer a la Bocatoma se han planteado unas compuertas de fondo que se accionan manualmente para poder derivar todo el caudal circulante hacia Bocatoma, de manera que no quede condicionado el abastecimiento a la Planta Potabilizadora.

La siguiente *Figura 6. Detalle constructivo de la sección donde se alojan las compuertas* muestra un detalle constructivo de la sección donde se ubican las citadas compuertas:



*Figura 6. Detalle constructivo de la sección donde se alojan las compuertas (extracto del plano ANDALP-T-RL-P-073-1 Rebosadero. Detalles Constructivos)*

Finalmente, la siguiente *Tabla 4. Movimiento de tierras rebosadero* presenta los resultados del movimiento de tierras llevado a cabo para la construcción del rebosadero:

	Rebosadero
Descapote	490 m <sup>3</sup>
Terraplén	0 m <sup>3</sup>

Tabla 4. Movimiento de tierras rebosadero

#### 5.2.5. PROTECCIÓN DEL ESTRIBO IZQUIERDO DE LA REPRESA DE BOCATOMA

Como consecuencia de los eventos extremos de caudales que se han producido en los últimos años en el río Lempa, la margen izquierda sufrió daños de consideración que ocasionó que el flujo se desviara por dicha margen aguas arriba de la Bocatoma, generando un canal de alivio. Posteriormente se consolidó el canal con unas obras de protección, creando de manera definitiva un “islotte” intermedio en el Lempa, donde se encuentra el estribo izquierdo de la represa de la obra de Bocatoma.

Al utilizar el evento de 200 años de periodo de retorno en el diseño de las obras de protección del río, se comprueba que la zona de referencia quedaría bajo las aguas.

Para minimizar la acción erosiva debe evitarse que esta zona quede cubierta por las aguas, por lo que se ha previsto recrecer sus defensas, tanto por la vertiente del canal principal del río como por el canal de alivio, hasta cota 261 m.s.n.m.

Al igual que en el caso anterior, la solución por la que se ha optado es por la instalación de muros de gaviones que apoyen sobre los ya existentes y alcancen la altura requerida.

Una vez adaptadas las defensas se puede rellenar el hueco interior con unos 12,000 m<sup>3</sup> provenientes de la excavación de las obras.

La siguiente *Figura 7. Planta de la obra de protección del estribo izquierdo de la represa* muestra una planta de la implantación del muro de defensa:



Para evitar esto se ha previsto la protección del fondo del lecho con una coraza de gaviones de pequeño espesor que actúe de filtro y evite la migración de las partículas del fondo hacia la columna de agua.

Las siguientes *Figuras 8 y 9* muestran los sistemas de protección descritos:



*Figura 8. Instalación de la coraza de gaviones*



*Figura 9. Resultado de la instalación en talud*

Está previsto instalar la coraza en una superficie de unos 11.650 m<sup>2</sup>.

#### 5.2.7. OBRAS DE DRENAJE DEL ENTORNO DE LA BOCATOMA

En el entorno de la estación de bombeo de Bocatoma existe un cauce que drena sus aguas inmediatamente aguas arriba de las cámaras de bombeo, incorporando contaminación orgánica y sólidos, principalmente.

La solución propuesta consiste en el desvío de su cauce por una cuneta hacia aguas abajo de la toma, evitando así la fuente puntual de contaminación.

La obra consiste en unas correcciones de pendiente en la cuneta existente y una adaptación de las cotas del cuenco receptor para que se evite su drenaje aguas arriba de los bombeos.

La cuneta prevista tiene una longitud de unos 100 m.

La siguiente *Figura 10. Obra de drenaje actual* refleja el inicio de la actuación:





Figura 10. Obra de drenaje actual, a corregir rasante y punto de evacuación

---

### 5.3. INFORME FINAL BOMBEOS, ELECTRICIDAD Y AUTOMATIZACIÓN (BOCATOMA Y EB1)

---

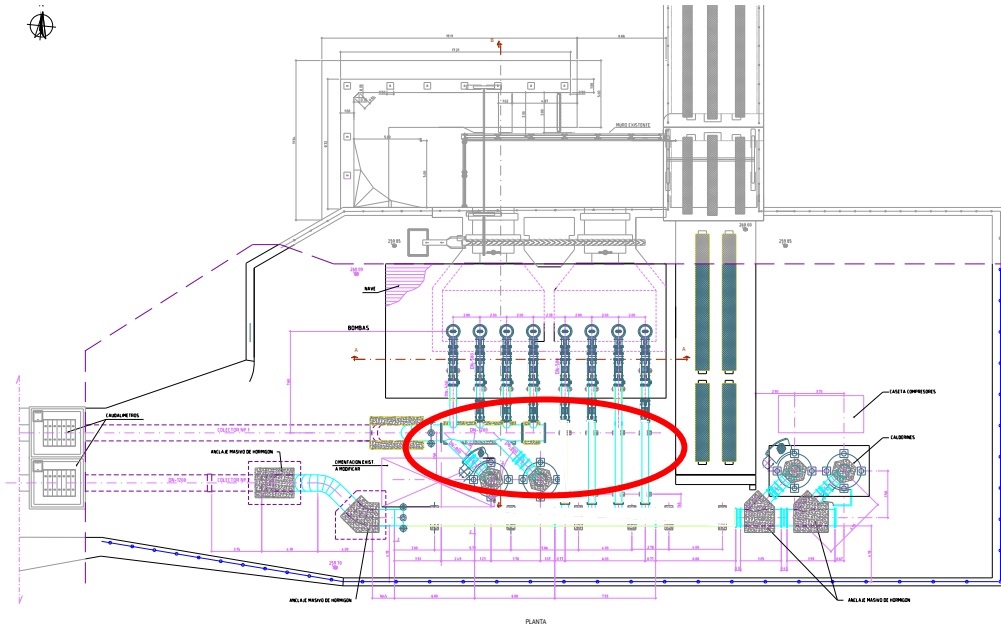
Los resultados de los estudios y diseños relacionados con los bombeos, electricidad y automatización de Bocatoma y EB1 se dividen en los siguientes apartados:

#### 5.3.1. SUSTITUCIÓN EQUIPOS PRINCIPALES DE LA BOCATOMA

En la **actualidad** se cuenta con 6+2 equipos tipo FLOWERVE 25EPM, 1 fase (etapa), rendimiento de la bomba 83.6%, potencia absorbida 227Kw, velocidad de giro 1,185 rpm, curva EC-1567 diámetro de rodete 495.3 mm. Los motores son INDAR de 280 kW. Los equipos se disponen en las dos cisternas de aspiración, de modo que los dispuestos en una cámara de aspiración impulsan a una de las dos impelencias que suministran a la planta. Esto es, hay dos líneas totalmente paralelas para la elevación a planta. Estos equipos presentan problemas asociados a la falta de mantenimiento, y actualmente tan sólo hay 7 operativos.

Se ha contemplado la **sustitución** de estos equipos por 6+2 equipos de tipo “Bomba vertical de turbina” con eje encapsulado, de 1 fase (etapa), punto de funcionamiento 500 l/s a 30.5 mca, rendimiento de la bomba 83.0%, velocidad de giro 1185 rpm. Los motores son de 250 H.P. a 4160 V a

60 Hz, Premium Efficiency con factor de servicio 1.15, clase de aislamiento F y ambiente 40°C. El cambio incluye el zócalo de descarga y la tubería de conexión con la valvulería. Se mantiene la configuración de dos líneas paralelas, disponiéndose los equipos por cisterna, de modo que desde cada cisterna de aspiración se impulsan a una de las dos impelencias que suministran a la planta.



*Ilustración 1. Planta del bombo de bocatoma. Se resaltan los equipos principales*

En los equipos actuales los impulsores son de acero Cr13%, y los tazones de fundición dúctil. La importante presencia de arenas no ha supuesto daños importantes en los impulsores, pero sí en los tazones. Es por ello que se propone el empleo de impulsores de Acero Inoxidable 316LSS y tazones de Acero Inoxidable 316LSS, que presentan una mayor resistencia.

De forma similar, se ha contemplado que el eje de la bomba se disponga encapsulado, y sea lubricado por agua limpia, en lugar de lubricarse en el propio líquido (que presenta una cierta componente abrasiva).

Se ha adoptado una velocidad de giro de 1185 rpm, similar a la actual, que se entiende adecuada.

Debido a la regulación del nivel en la Bocatoma que se realiza con las compuertas de la minipresa, la variación de nivel de agua en las cisternas de aspiración es relativamente menor, por lo que se puede considerar que las bombas trabajen a velocidad fija, planteándose en todo caso una regulación por nivel con arranque/paro.

A partir de las conversaciones con los suministradores de los equipos, el arranque de las bombas se contempla con válvula parcialmente abierta, y apertura progresiva. Este planteamiento es debido a la importante potencia de los motores que desaconsejan bombear en vacío, ya que existe el riesgo de provocar un cambio de estado “flash” en el agua, que afectaría a la bomba del mismo modo que una cavitación.

Se contempla una refrigeración por aire para los motores de las bombas.

### 5.3.2. SUSTITUCIÓN CALDERERÍA Y VALVULERÍA DE LA BOCATOMA

Para cada bomba se cuenta en la **actualidad** con los siguientes elementos de valvulería (en DN-500 y PN-10):

- Pieza de tubería sobre la que se ha dispuesto una salida para alojar una ventosa
- Compensador de dilatación
- Válvula antirretorno
- Carrete de desmontaje
- Válvula de mariposa motorizada (en la práctica, estas válvulas están en modo manual y abiertas siempre).
- Pieza de tubería hasta la conexión con el colector de impulsión. Fuera de la nave del bombeo se dispone de otro carrete de desmontaje.

Por otro lado, se cuenta con dos colectores de impulsión de DN-1200 que recogen cada uno 4 tuberías de impulsión y acometen a su respectiva tubería de impelencia. Sobre cada uno de éstos se sitúan dos válvulas de aire.



Estos equipos presentan una cierta obsolescencia asociada al paso de los años. Es por ello que se ha optado por la sustitución de toda la valvulería y tuberías. Los equipos propuestos son básicamente similares a los actualmente existentes, aunque al tratarse de equipos nuevos, se mejorará la vida útil del conjunto puesto que los revestimientos superficiales de los equipos actuales ya se están viendo afectados por el paso del tiempo. A continuación se indica la **propuesta de equipos considerada** (DN-500 PN-10):

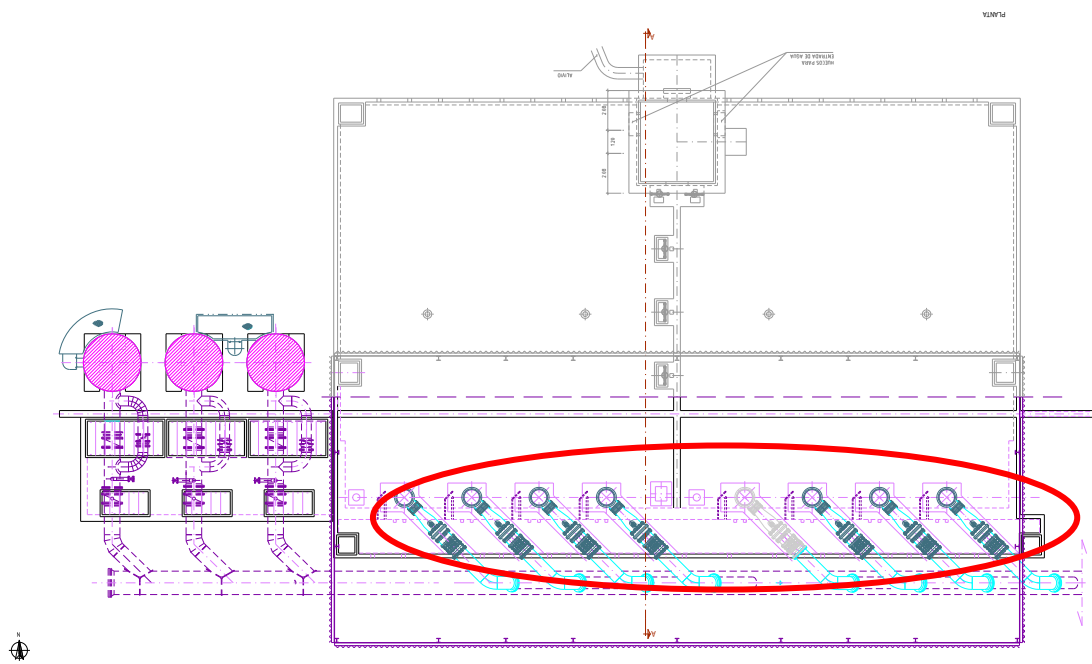
- Pieza de tubería que incluye un cono de ampliación y sobre la que se ha dispuesto una salida para alojar una válvula de aire DN-100.
- Válvula antirretorno, de doble disco tipo wafer entre bridas.
- Tramo de tubería
- Carrete de desmontaje
- Válvula de mariposa motorizada. La nueva válvula de mariposa de cada bomba permitirá un arranque de las bombas a válvula parcialmente abierta, con apertura progresiva.
- Compensador de dilatación.
- Pieza de tubería hasta la conexión con el colector de impulsión.

De igual modo, se propone el reemplazo de los actuales manifolds de impulsión de DN-1200 que recogen las tuberías de impulsión y acometen a su respectiva tubería de impelencia (incluso disposición para cada colector de impulsión de dos válvulas de aire DN-200).

### 5.3.3. SUSTITUCIÓN EQUIPOS PRINCIPALES DE EB1

En la **actualidad** se cuenta con 6+2 equipos tipo FLOWSERVE 25EKL, 4 fases (etapas), rendimiento de la bomba 84%, potencia absorbida 1087Kw, velocidad de giro 1780 rpm, curva EC-1746. Los motores son INDAR de 1300 kW. Los equipos se disponen en dos cisternas de aspiración – interconectadas. Todos los equipos bombean a una misma impelencia. Estos equipos presentan problemas asociados a la falta de mantenimiento, y actualmente tan sólo hay 6 operativos.

Se ha contemplado la **sustitución** de estos equipos por 5+2 equipos de tipo “Bomba vertical de turbina” con eje abierto, de 5 fases (etapas), punto de funcionamiento 600 l/s a 245 mca, rendimiento de la bomba 84.0%, velocidad de giro 1185 rpm. Los motores son de 2500 H.P. a 4160 V a 60 Hz, Premium Efficiency con factor de servicio 1.15, clase de aislamiento F y ambiente 40°C. El cambio incluye el zócalo de descarga y la tubería de conexión con la valvulería. Se mantiene la configuración de dos cisternas, impulsando a una impelencia.



*Ilustración 2. Planta del bombo de EB-1. Se resaltan los equipos principales*

El rendimiento de los equipos propuestos es el mejor que se puede conseguir para unos equipos de tan alta potencia, que requieren – por cuestiones de torsión y tracción en el eje – velocidades de giro moderadas y cuerpos de bomba relativamente importantes.

En los equipos anteriores los impulsores eran de acero al Cromo 13% y los tazones de fundición dúctil. Se han contemplado impulsores de NiAlBrz B148 C95800 y tazones de Acero al carbono (A216 Gr WCB).

Debido a que la variación de nivel de agua en las cisternas tanto de EB-1 como de EB-2 es muy reducida (respecto a la altura geométrica) se puede considerar que las bombas trabajen a velocidad fija, planteándose en todo caso una regulación por nivel con arranque/paro.

A partir de las conversaciones con los suministradores de los equipos, el arranque de las bombas se contempla con válvula parcialmente abierta, y apertura progresiva. Este planteamiento es debido a la importante potencia de los motores que desaconsejan bombear en vacío, ya que existe el riesgo de provocar un cambio de estado “flash” en el agua, que afectaría a la bomba del mismo modo que una cavitación.

Para permitir la disposición de un zócalo de descarga de dimensiones mayores al actualmente existente se requiere el picado de la actual losa en un cierto ancho. Ello supone la afección a la actual losa de cubierta. Se ha contemplado la disposición de una estructura de acero galvanizado anclada tanto a la losa como a los muros, para garantizar la continuidad estructural de la losa y permitir la transmisión de empuje de los equipos a los muros.

#### 5.3.4. SUSTITUCIÓN CALDERERÍA Y VALVULERÍA DE EB-1

Para cada bomba se cuenta en la actualidad con los siguientes elementos de valvulería (DN-600 PN-25):

- Cono de ampliación con pieza de tubería soldada sobre el que se ha dispuesto una salida para alojar una válvula de aire.
- Válvula de mariposa motorizada
- Pieza de tubería
- Carrete de desmontaje
- Válvula antirretorno
- Pieza de tubería hasta la conexión con el manifold. El manifold de impulsión se sitúa enterrado, así que la conexión entre la tubería de impulsión de cada bomba y el colector de impulsión también queda enterrada

Por otro lado, se cuenta con un colector de impulsión de DN-1200 que recoge las 8 tuberías de impulsión y acomete a la tubería de impelencia.

Estos equipos presentan una cierta obsolescencia asociada al paso de los años. Es por ello que se ha optado por la sustitución de toda la valvulería y tuberías. Los equipos propuestos son básicamente similares a los actualmente existentes, aunque al tratarse de equipos nuevos, se mejorará la vida útil del conjunto puesto que los revestimientos superficiales de los equipos actuales ya se están viendo afectados por el paso del tiempo. A continuación se indica la **propuesta de equipos considerada** (DN-700 PN-25), sólo se disponen para las 7 bombas consideradas:

- Pieza de tubería que incluye un cono de ampliación y sobre la que se ha dispuesto una salida para alojar una válvula de aire DN-100
- Válvula antirretorno, de doble disco wafer entre bridas.
- Tramo de tubería
- Carrete de desmontaje
- Válvula de mariposa motorizada.
- Tramo de tubería hasta la conexión con el manifold de impulsión. El manifold de impulsión se sitúa enterrado, así que la conexión entre la tubería de impulsión de cada bomba y el colector de impulsión también queda enterrada

De igual modo, se propone el reemplazo del actual manifold de impulsión de DN-1200 que recoge las tuberías de impulsión y acomete a la tubería de impelencia.

Tras conversaciones con el personal de ANDA y tras una visita “in situ”, se ha tenido conocimiento de que las válvulas en las conexiones de los calderines presentan problemas, siendo por ello que se propone igualmente su reemplazo, así como las tuberías asociadas.

Donde se presentan diferencias fundamentales es en las válvulas motorizadas. En la actualidad, se contemplaban válvulas con control de apertura todo/nada. Se propone la disposición de válvulas con posibilidad de aperturas intermedias.



*Ilustración 3. Vista de la ubicación actual de válvula motorizada en EB-1.*

Debe tenerse en cuenta que como el colector de impulsión de DN-1200 se sitúa enterrado, el reemplazo de éste, así como de las tuberías de impulsión que acometen al mismo, requiere de unas ayudas en obra civil asociadas a la apertura de zanja, sostenimiento de zanja, y posterior relleno y compactación de la misma.

Las válvulas en las conexiones del colector de impulsión y los calderines anti-ariete se sitúan también por debajo del nivel de la plataforma, por lo que para su sustitución se requiere de igual modo de ayudas en obra civil; así como en relación a la demolición y reposición de arquetas para alojar las válvulas.

### 5.3.5. ELECTRICIDAD

La obra en Bocatoma y Estación de bombeo EB1 consiste en las siguientes acciones:

- Cambio de gabinetes para control de arranque y operación de los motores para los equipos de bombeo.

- Sustitución de tableros y gabinetes principales de distribución eléctrica por gabinetes modernos del tipo modular, que agrupen en forma ordenada y con las protecciones apropiadas los elementos de control, protección y distribución eléctrica para los equipos e instalaciones.
- Sustitución o restauración de subtableros y transformadores, cambio de cableado y canalizaciones deterioradas, mejora en la red de tierra y cambio de sistema de pararrayos contra descargas atmosféricas.

### 5.3.6. INSTRUMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN

Las actuaciones a realizar, incluidas en la presente entrega se corresponden con la afección de los siguientes elementos:

- Elementos sensores: instrumentación analógica (flujo, presión, nivel, temperatura, pH, ORP, turbidez, etc.) y sensores discretos (finales de carrera electromecánicos, sensores de posición electrónicos, selectores y pulsadores manuales, etc.).
- Elementos actuadores: válvulas motorizadas de acción abrir/cerrar, bombas y sus respectivos motores, equipos de dosificación y transporte de líquidos y sólidos, accionamientos directos, accionamientos de velocidad variable, etc.
- Equipos de control automático: controladores lógicos programables (PLC) y sus bastidores de módulos de periferia remota (Estaciones Esclavas).
- Equipos de visualización y registro histórico del proceso: computadoras con software de visualización, supervisión y adquisición de datos (HMI/SCADA).
- Redes de comunicación: enlaces de comunicación digital, sobre medios físicos de cableado de cobre, fibra óptica y radiotelecomunicación, y con utilización de protocolos industriales estandarizados para comunicación dedicada de estados y señales del proceso y comunicación por requisición de valores y bases de datos.

### 5.3.7. EFICIENCIA ENERGÉTICA

Esta sección se compone de una memoria de cálculo en la que se detalla desde la estimación de eficiencias actuales para los sistemas de bombeo, la creación del modelo base con el cual se comparan los resultados de las medidas de eficiencia energética, hasta los procesos seguidos para realizar las evaluaciones de las medidas, presentando finalmente sus resultados. En otra sección se listan los equipos involucrados en las medidas de eficiencia energética organizados por áreas, para

finalmente especificar los datos técnicos de los equipos a implementar como parte de las medidas evaluadas.

#### 5.3.8. CIVIL Y ARQUITECTURA

Los trabajos planteados dentro del capítulo de Obra Civil y Arquitectura en Bocatoma y la estación de bombeo EB1 son los siguientes:

- Construcción de la ampliación de Cuarto de Control Sub Estación EB1 y Cuarto Eléctrico en Bocatoma.
- Obras de reparación en estructuras de concreto, como vigas paredes y entrepisos en el Cuarto de Control Sub Estación EB1.
- Obras de reparación en estructuras metálicas.
- Obras de mantenimiento y restitución de instalaciones en general.
- Obra civil de cerramiento de la nave de EB1.

---

#### 5.4. INFORME FINAL MEJORA DE PROCESOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE LAS PAVAS

---

Los resultados de los estudios y diseños de la mejora de procesos de la Planta Potabilizadora de Las Pavas se agrupan según las áreas de actuación, para una mejor comprensión de su alcance.

Dentro de cada área de actuación se enumeran los trabajos a realizar, destacando las interacciones que puedan tener las tareas con la producción de agua tratada.

##### 5.4.1. BOCATOMA

Los principales trabajos a realizar en *Bocatoma* son:

- Instalación de elemento deflector en el río (flotador), para proteger la reja de desbaste.
- Sustitución de los motores de accionamiento de la compuerta triple.
- Sustitución de la cinta transportadora de residuos sólidos retenidos por las rejillas autolimpiantes.

- Sustitución del tornillo compactador de residuos sólidos retenidos por las rejillas autolimpiantes y transportados por la cinta.
- Incorporación del volante de maniobra de las compuertas de aislamiento de las cámaras de bombeo.
- Instalación de un agitador y una bomba de drenaje para la extracción de los sólidos depositados en el fondo de cada uno de los pozos de bombeo de Bocatoma.
- Sustitución del equipo de preparación de permanganato de potasio y de las bombas dosificadoras.
- Sustitución del caudalímetro ubicado en cada una de las líneas de impelencia.

Para llevar estos trabajos a cabo en Bocatoma se dispone de dos líneas independizadas: dos cámaras de bombeo y dos líneas de impelencia, de manera que se puede detener una de las líneas mientras se opera en la otra. Sin embargo, no será posible trabajar al máximo nivel de producción mientras se realizan las tareas mencionadas.

#### 5.4.2. PRETRATAMIENTO: ROTOFILTROS Y DESARENADO

Los principales trabajos a realizar en el *Pretratamiento* son:

- Sustitución de la bomba de muestro de agua cruda previa a rotofiltros.
- Sustitución de todos los rotofiltros.
- Instalación del tornillo transportador-compactador de los sólidos retenidos por los rotofiltros.
- Sustitución de los difusores y conductos de aire asociados, ubicados en el interior del desarenador.
- Sustitución de la bomba de extracción de arenas, ubicada en el interior del desarenador.
- Incorporación del volante de maniobra de la válvula de vaciado del desarenador.

Todas las operaciones a realizar en esta fase del tratamiento no suponen ningún tipo de interferencia en la operación normal de la planta, dado que se dispone de las conducciones y de la correspondiente valvulería para aislar los rotofiltros.



Esta operación sería conveniente realizarla en verano, cuando no hay muchos arrastres de sólidos en el río, por lo que la cantidad de sólidos de llegada a planta sería asumible por el resto de elementos del proceso, sin pasar por el pretratamiento. Esta forma de proceder sería la más adecuada de cara a obtener la máxima calidad posible en el agua tratada.

Cabe comentar que, actualmente se by-pasea la fase completa, dado que los rotofiltros existentes están fuera de servicio.

#### 5.4.3. COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN

Los principales trabajos a realizar en la *Coagulación-Floculación* son:

- Sustitución de todos los agitadores rápidos de las cámaras de coagulación.
- Sustitución de todos los agitadores lentos de las cámaras de floculación.
- Ampliación de una línea de coagulación-floculación, con sus correspondientes equipos electromecánicos: compuerta de aislamiento, agitador rápido, agitador lento y sistema de vaciado.
- Incorporación del volante de maniobra de cada una de las válvulas de vaciado, e incorporación del 'elemento redireccionador de flujo' (codo) para evitar las salpicaduras y desbordamientos producidos en la operación de vaciado.

Cada línea de la fase de coagulación-floculación dispone de compuerta de aislamiento y válvula de vaciado, por lo que la sustitución de los agitadores se puede hacer de manera progresiva, aislando y vaciando cada línea de manera correlativa. Mientras tanto el resto de líneas podrán funcionar con normalidad durante esta operación.

En la *Figura 14*, se muestra un esquema de estas actuaciones:

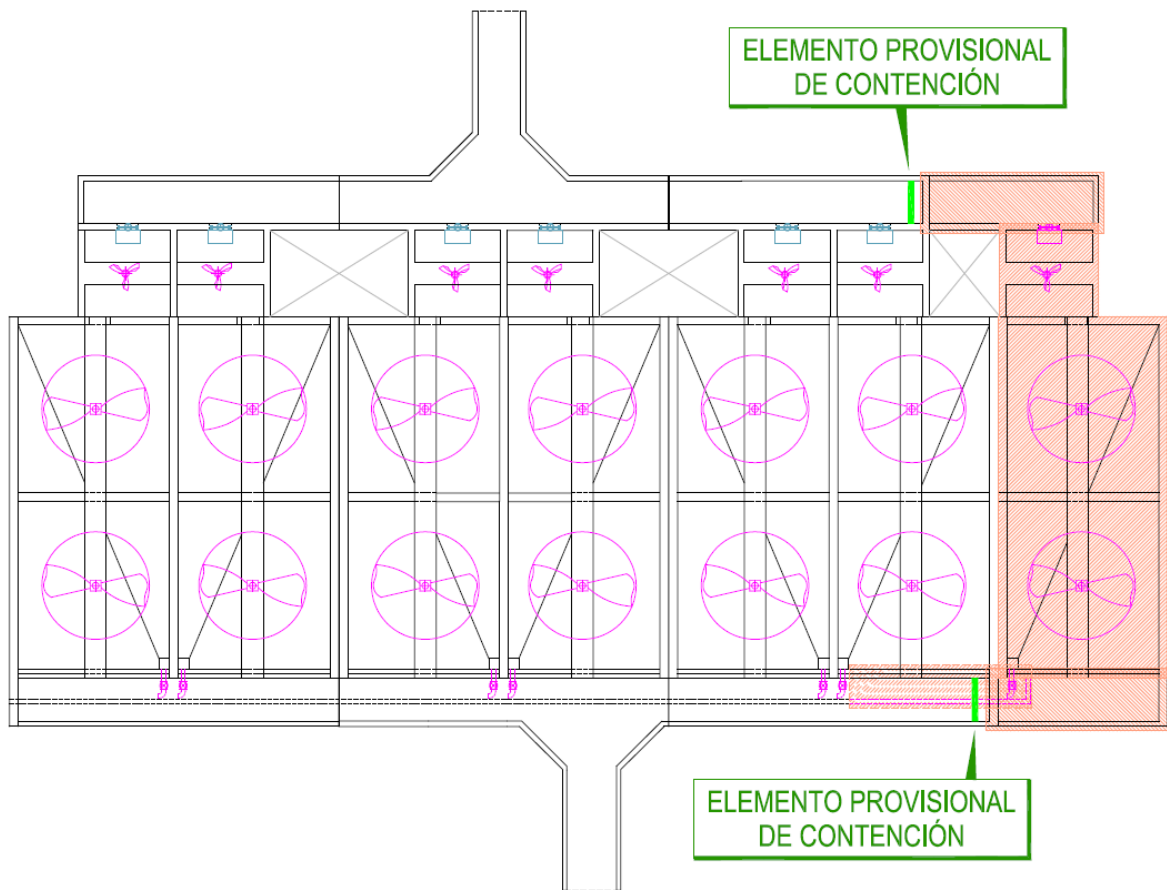


Figura 11. Esquema de conexión de nueva línea de coagulación-floculación con la obra civil existente

#### 5.4.4. DECANTACIÓN LAMELAR

Los principales trabajos a realizar en la *Decantación Lamelar* son:

- Apertura de huecos e instalación de las correspondientes compuertas de aislamiento de cada decantador: 3 huecos de 1.5 m x 1.5 m en cada decantador.
- Construcción de los conos de concreto en el fondo de decantadores para facilitar la purga de sólidos depositados en el fondo.
- Sustitución de todos los paquetes de lamelas y su sistema de soportación en el interior de los decantadores. También se instalarán deflectores en el interior de los decantadores para impedir la formación de flujos preferenciales del agua través de la zona donde no se pueden instalar lamelas.

- Sustitución de todos los puentes de traslación, así como de las bombas de purga solidarias a éstos. Mejora del sistema de las guías de rodadura de los puentes, con la instalación de refuerzos para evitar su deformación.
- Instalación de toldos sobre los decantadores, para la protección frente a la luz solar.
- Sustitución de las válvulas de vaciado y de las electroválvulas de purga ubicadas en la galería de servicios, bajo decantadores.
- Sustitución de la bomba de muestreo de agua clarificada.

La operación más crítica en esta etapa del tratamiento es la apertura de huecos e instalación de compuertas para la ampliación de la sección de paso a cada uno de los decantadores, puesto que a todos se accede mediante el mismo canal central.

Una vez realizada esta operación, se podrá aislar cada uno de ellos y actuar en su interior de manera individualizada, mientras los otros 3 se encuentran en funcionamiento, del mismo modo que ocurre cuando se realizan labores de limpieza o mantenimiento.

A continuación se describen las fases de trabajo para abrir los huecos e instalar compuertas de acceso a cada decantador.

#### 5.4.4.1. FASE 1

Se actuará en primer lugar en los dos decantadores más alejados (decantadores 2 y 4), cortando el paso del agua en el canal central a dichos decantadores mediante elemento de contención provisional.

A continuación, dado que se habrá cortado el ingreso de agua, la zona aislada del canal central se vaciará por gravedad a través de los accesos a los decantadores, sin necesidad de bomba de achique, permitiendo así la ejecución de los trabajos. De este modo quedarán en funcionamiento sólo los dos primeros decantadores (decantadores 1 y 3), mientras se trabaja en los otros dos (2 y 4).

A continuación, en la *Figura 15*, para su mayor comprensión, se muestra un esquema de las actuaciones a realizar:

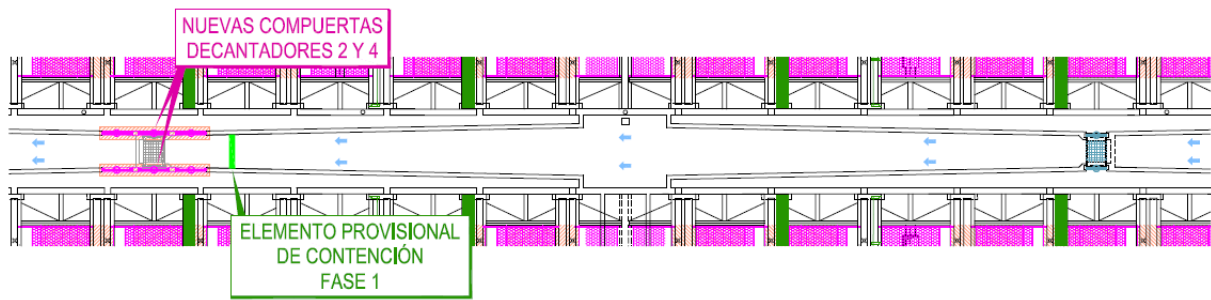


Figura 12. Fase 1 de ampliación de entrada a decantadores

Nota: en el caso en que necesitaran utilizar tres decantadores a la vez, esta fase se podría hacer también de forma secuencial; primero el 2 y luego el 4 o viceversa.

#### 5.4.4.2. FASE 2

Una vez ejecutados los huecos de entrada e instaladas las compuertas de aislamiento de estos decantadores, se retirará el elemento de contención provisional y se actuará en los dos primeros decantadores, esta vez de manera secuencial. Para ello, se empleará otro elemento de contención a instalar frente a uno de los decantadores (decantador 1), dejando paso en el canal central para que el agua pueda acceder a los otros 3 decantadores.

A continuación, en la Figura 16, para su mayor comprensión, se muestra un esquema de las actuaciones a realizar:

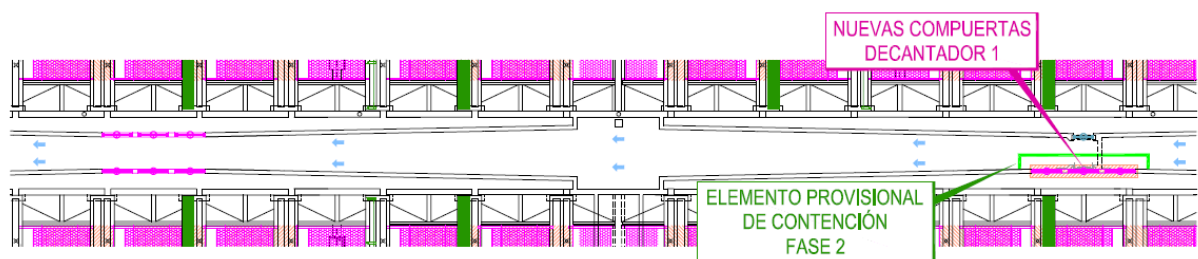


Figura 13. Fase 2 de ampliación de entrada a decantadores

#### 5.4.4.3. FASE 3

Una vez ejecutados los huecos e instaladas las compuertas, se retirará el elemento de contención y se repetirá la operación en el último de los decantadores (decantador 3). Como se muestra en la Figura 17:



Figura 14. Fase 3 de ampliación de entrada a decantadores

Como se ha comentado, para el resto de actuaciones en el interior de los decantadores (sustitución de equipos y construcción de los conos de concreto en el fondo de los decantadores), se procederá secuencialmente, de modo que siempre estén en funcionamiento 3 de los 4 decantadores mientras se ejecutan las acciones necesarias sobre el decantador correspondiente.

#### 5.4.5. FILTRACIÓN EN ARENA

Los principales trabajos a realizar en la *Filtración en Arena* son:

- Sustitución de todas las compuertas de entrada a filtros y de las compuertas de salida del agua de contralavado.
- Sustitución del material filtrante de todos los filtros.
- Sustitución de las boquillas filtrantes de todos los filtros.
- Recreido del murete vertedero de separación del canal de contralavado, ubicado en el interior de cada filtro.
- Sustitución de los elementos deflectores de entrada a filtros 13-24.
- Sustitución de las bombas de contralavado con agua.
- Sustitución de los sopladores de contralavado con aire.
- Instalación de caudalímetros para contabilizar el agua y el aire de contralavado.
- Sustitución del colector de bajada de agua de contralavado en todos los filtros, para darle una mayor longitud y que quede sumergido en el agua.
- Sustitución de la valvulería de los filtros del 1-12.
- Sustitución del grupo de presión de abastecimiento de la red de agua de servicios.
- Sustitución de las bombas de refuerzo de cloración.

- Sustitución de las bombas de refuerzo de planta química.

Las actuaciones a realizar en el interior de los filtros se pueden ejecutar de manera individualizada, aislando cada filtro mediante el cierre de la correspondiente compuerta de entrada y la compuerta del canal de contralavado.

Por tanto, la sustitución de las boquillas, la sustitución de elementos deflectores del interior de cada filtro, la sustitución del lecho filtrante y el recrecido del murete de separación, se ejecutarán de manera secuencial, cada vez en un filtro, mientras el resto siguen en funcionamiento. De esta manera no se afectará a la producción de la planta.

#### 5.4.6. DESINFECCIÓN FINAL

Los principales trabajos a realizar en la *Desinfección Final* son:

- Sustitución de todo el sistema de post-cloración. Se mantendrá la tipología de desinfección actual: cloro gas
- Instalación de un sistema auxiliar de cloración para funcionar durante la sustitución del sistema principal de post-cloración. Este sistema de desinfección será mediante solución de hipoclorito sódico (depósito de almacenamiento y bombas dosificadoras) y quedará como reserva cuando acaben los trabajos.
- Cabe comentar que no se sustituirá el sistema de pre-cloración; se dismantelará el actual, que se encuentra en desuso.

#### 5.4.7. RESERVORIO

Los principales trabajos a realizar en el *Reservorio* son:

- Reparación de defectos en cubierta.
- Instalación de bocas de conexionado para los ventiladores del sistema de inflado, así como bocas de conexionado para tubos del sistema de monitoreo de calidad del agua.
- Instalación de bocas de acceso del personal, repartidas en el perímetro del reservorio.
- Sustitución de la válvula de vaciado y ejecución de una conducción enterrada desde el punto de vaciado hasta el río Suquiapa.

- Instalación de una tubería perimetral de acero galvanizado DN 50, con sus correspondientes tomas, conectada a la red de agua de servicio, para posibilitar el sistema de limpieza interior y la limpieza de la cubierta.

Las operaciones a realizar en el reservorio no suponen ninguna interferencia en el funcionamiento actual de la planta, ya que éste actúa como cámara de compensación de la estación EB1 y puede ser aislado mediante válvula existente.

#### 5.4.8. PLANTA QUÍMICA

Los principales trabajos a realizar en la *Planta Química* son:

- Sustitución de los agitadores de los tanques de concreto para la preparación de: hidróxido cálcico (cal), polielectrolito y sulfato de aluminio o PAC.
- Sustitución de las bombas dosificadoras de: hidróxido cálcico, polielectrolito y sulfato de aluminio o PAC.
- Sustitución de uno de los equipos compactos de polielectrolito, con dos bombas dosificadoras.
- Sustitución del equipo de carbón activo y sus dos bombas dosificadoras.

Los equipos planteados vienen totalmente montados de fábrica, por lo que la interacción con la producción de la Planta Potabilizadora es mínima.

#### 5.4.9. ABASTECIMIENTO INDEPENDIENTE DEL CAMPAMENTO Y EL POBLADO DE LAS PAVAS

Los principales trabajos a realizar en el *Abastecimiento Independiente del Campamento y el Poblado de Las Pavas* son:

- Instalación en EB1 de dos bombas (1+1R) para abastecimiento independiente del campamento y el poblado de Las Pavas. Caudal de 5.5 l/s.
- Instalación de un sistema de cloración independiente para el abastecimiento mencionado, mediante solución de hipoclorito sódico.
- Ejecución de la conducción de abastecimiento desde la Planta hasta el depósito de suministro al Poblado y al Campamento.

Para el abastecimiento independiente del Campamento y el Poblado de Las Pavas no se interferirá en el funcionamiento de la planta, ya que únicamente implica el rompimiento de la losa de cubrición de EB1 para la instalación de las bombas.

#### 5.4.10. SUSTITUCIÓN DE LAS BOMBAS DE LLENADO DEL TANQUE ELEVADO

En este caso, el único trabajo que se plantea a nivel de proceso en el Tanque elevado es la sustitución de las Bombas de llenado.

La sustitución de las bombas de llenado del tanque no implica la ejecución de obra civil, por lo que únicamente se dejará de disponer de ellas mientras se realiza la operación de sustitución.

#### 5.4.11. SUSTITUCIÓN DE LAS BOMBAS DE LA ARQUETA DE SEDIMENTOS EXISTENTE

Al igual que en el caso anterior, el único trabajo que se plantea a nivel de proceso en la Arqueta de Sedimentos existente es la sustitución de las Bombas de extracción de sedimentos floculados.

La sustitución de las bombas no implica la ejecución de obra civil, por lo que únicamente se dejará de disponer de ellas mientras se realiza la operación de sustitución. Al ser la extracción de sedimentos floculados una operación controlada, esta sustitución no repercute en el funcionamiento de la planta.

#### 5.4.12. PLANTA DE SEDIMENTOS FLOCULADOS

Los principales trabajos a realizar en la *Planta de Sedimentos Floculados* son:

- Sustitución de los puentes de los espesadores de flotación.
- Reparación del sistema regulador de presión del sistema de presurización.
- Sustitución de los motores de los espesadores de gravedad.
- Sustitución de 2 de las bombas dosificadoras de polielectrolito para espesado.
- Sustitución de 2 de las bombas dosificadoras de polielectrolito para deshidratación.
- Sustitución de los sistemas de regulación y control (Covirel) de las centrífugas, de 3 de ellas.



Se plantean tareas de sustitución de equipos que requieren poco tiempo de parada. Al mismo tiempo, existen dos líneas independientes que permiten trabajar en la sustitución de equipos en una de ellas mientras la otra está en funcionamiento.

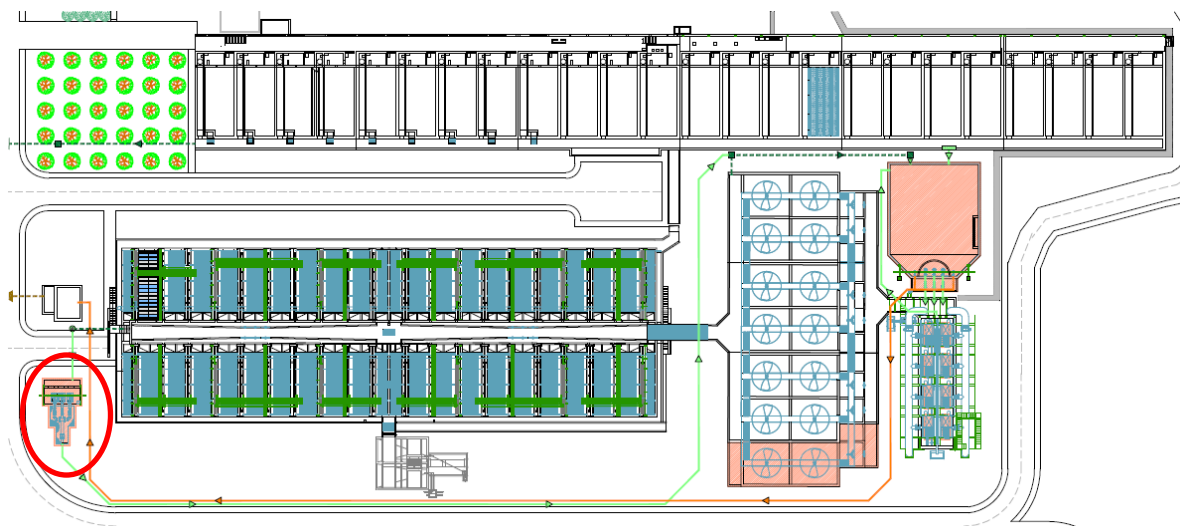
#### 5.4.13. CONSTRUCCIÓN DE UNA ARQUETA DE BOMBEO DE VACIADOS DE DECANTADORES

Se trata de un elemento de concreto reforzado, de nueva ejecución, ubicado en zona libre de conducciones, donde no se entorpece ningún proceso de la planta.

La arqueta de bombeo de vaciados será de concreto de dimensiones interiores 6 m x 4 m en planta y una altura de 4 m, en la que se instalarán 2+1R bombas centrífugas sumergibles en su interior.

Esta arqueta recibirá los vaciados de los decantadores, para lo cual se interceptará la conducción de salida de la canaleta existente de vaciados (DN200) que actualmente se dirige hacia el río.

Puesto que la operación de vaciados es una operación controlada, la interceptación y conexión constituyen actuaciones que no van a interferir en el funcionamiento de la planta. En la *Figura 18* se muestra la arqueta de bombeo de vaciados de decantadores.

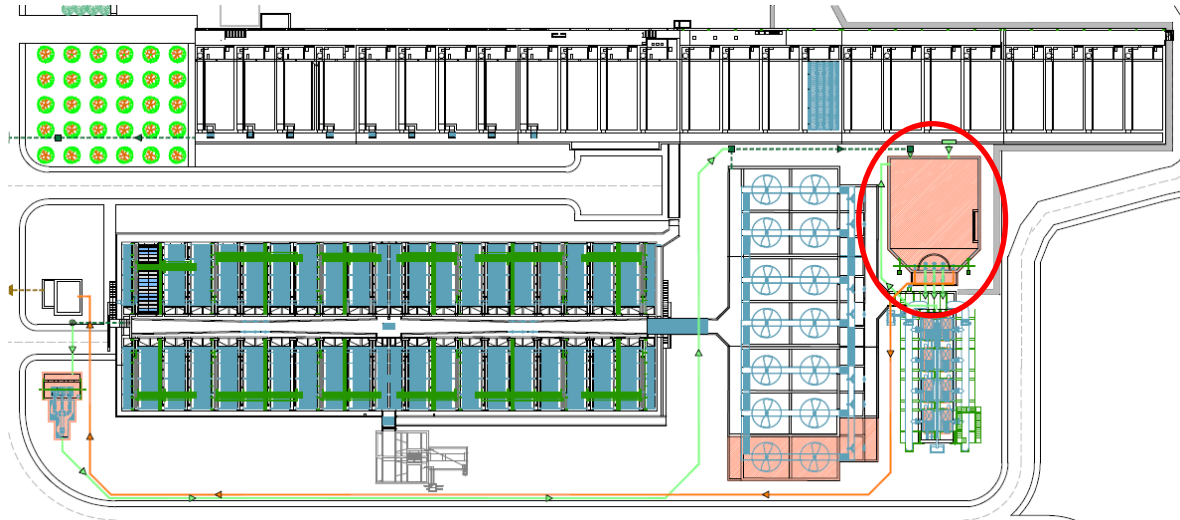


*Figura 15. Imagen de la planta con los nuevos elementos de mejora del proceso (sombreados): arqueta de bombeo de vaciados de decantadores.*

#### 5.4.14. CONSTRUCCIÓN DE UN TANQUE DE VACIADOS Y RECUPERACIÓN DE AGUAS DE LAVADO

Se trata de un elemento de concreto reforzado, de nueva ejecución, ubicado en zona donde no existen conducciones ni se entorpece ningún proceso de la planta.

A este tanque se conectarán las tuberías de vaciados de los diferentes elementos de la planta, para lo cual se realizarán las intercepciones y conexiones necesarias, así como el rompimiento de arquetas existentes. Además, también se conectará el canal de agua de contralavado de los filtros de arena con este elemento, para lo que se realizará el rompimiento del muro de dicho canal en zona anexa al tanque de recuperación de aguas de lavado. La *Figura 19* muestra el nuevo tanque de vaciados y recuperación de aguas de lavado:



*Figura 16. Imagen de la planta con los nuevos elementos de mejora del proceso (sombreados): tanque de vaciados y recuperación de aguas de lavado.*

### 5.5. INFORME FINAL DE ELECTRICIDAD Y AUTOMATIZACIÓN DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE LAS PAVAS

#### 5.5.1. INSTRUMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN

Dentro de cada área de actuación se enumeran los trabajos a realizar relacionados a la disciplina de instrumentación y automatización.

- PRETRATAMIENTO: ROTOTAMICES Y DESARENADOR

- Desconexión y desmontaje de instrumentos de medición de nivel.
- Apoyo a trabajos de rehabilitación de válvulas motorizadas, para comprobar la correspondencia correcta de señales digitales hacia el controlador lógico programable.
- **MEZCLA Y FLOCULACION**
  - Desconexión y desmontaje de instrumentos de medición existentes de nivel, pH y turbidez.
  - Montaje mecánico de las bases y accesorios de fijación, instalación, re-conexión eléctrica de cables de alimentación y señal analógica y pruebas generales de instrumentos nuevos de nivel, pH y turbidez.
- **DECANTACION**
  - Desconexión y desmontaje de instrumentos de medición existentes de nivel y presión hidrostática. Desconexión y desmontaje de sensores existentes de final de carrera de puentes móviles.
  - Montaje mecánico de las bases y accesorios de fijación, instalación, re-conexión eléctrica de cables de alimentación y señal analógica y pruebas generales de instrumentos nuevos de nivel. Montaje mecánico, instalación, re-conexión eléctrica de cables de alimentación y señal digital y pruebas generales de sensores de final de carrera de puentes móviles.
  - Montaje mecánico, instalación, re-conexión eléctrica de cables de alimentación y señal digital y pruebas generales de sensores de final de carrera de puentes móviles.
  - Montaje mecánico de los nuevos instrumentos de medición de flujo, en línea con las nuevas tuberías instaladas. Conexión eléctrica de cables de alimentación y señal analógica y pruebas generales de nuevo instrumentos de medición de flujo.
  - Montaje mecánico de las bases y accesorios de fijación, instalación, conexión eléctrica de cables de alimentación y señal digital y pruebas generales de nuevos sensores de nivel por boya de flotación.
- **FILTROS RÁPIDOS**
  - Desconexión y desmontaje de instrumentos de medición existentes de nivel, presión hidrostática, flujo de canal abierto, turbidez, pH y ORP. Desconexión y desmontaje de sensores existentes de final de carrera de válvulas y compuertas.

- Montaje mecánico de las bases y accesorios de fijación, instalación, re-conexión eléctrica de cables de alimentación y señal analógica y pruebas generales de instrumentos nuevos de nivel, flujo de canal abierto, turbidez, pH y ORP. Montaje mecánico de las bases y accesorios de fijación, instalación, re-conexión eléctrica de cables de alimentación y señal digital y pruebas generales de sensores de final de carrera de válvulas y compuertas.
- Montaje mecánico de los nuevos instrumentos de medición de flujo, en línea con las nuevas tuberías instaladas. Conexión eléctrica de cables de alimentación y señal analógica y pruebas generales de nuevo instrumentos de medición de flujo.
- PLANTA DE CLORACIÓN
  - Desconexión y desmontaje de instrumento de medición existente de cloro ambiental.
  - Montaje mecánico de las bases y accesorios de fijación, instalación, re-conexión eléctrica de cables de alimentación y señal analógica y pruebas generales de instrumento nuevo de cloro ambiental.
  - Reposición de módulo Siemens IM153 de interfaz remota de estación ET200M correspondiente a gabinete de cuarto de evaporadores. En caso de verificarse como aceptable y posible, se ha de relocalizar este gabinete completo en un área donde no se vea afectado por los vapores del cloro de esta planta y evitar fallas futuras.
- PLANTA QUÍMICA
  - Desconexión y desmontaje de instrumentos de medición existentes de nivel y flujo.
  - Montaje mecánico de las bases y accesorios de fijación, instalación, re-conexión eléctrica de cables de alimentación y señal analógica y pruebas generales de instrumentos nuevos de nivel.
  - Montaje mecánico de los nuevos instrumentos de medición de flujo, en línea con las tuberías instaladas. Conexión eléctrica de cables de alimentación y señal analógica y pruebas generales de instrumentos de medición de flujo.
- RESERVORIO
  - Montaje mecánico de la nueva canalización de cableado. Montaje mecánico de las bases y accesorios de fijación, instalación, conexión eléctrica de cables de alimentación y señal analógica y pruebas generales de nuevos instrumentos de turbidez, pH, temperatura y ORP.

- **PLANTA DE SEDIMENTOS FLOCULADOS**
  - Desconexión y desmontaje de instrumentos de medición existentes de nivel y flujo.
  - Montaje mecánico de las bases y accesorios de fijación, instalación, re-conexión eléctrica de cables de alimentación y señal analógica y pruebas generales de instrumentos nuevos de nivel.
  - Montaje mecánico de los nuevos instrumentos de medición de flujo, en línea con las tuberías instaladas. Conexión eléctrica de cables de alimentación y señal analógica y pruebas generales de instrumentos de medición de flujo.
  - Reposición del módulo de conversión de medio óptico / eléctrico para el enlace de red Profibus-DP con el bastidor de PLC maestro de la estación de bombeo EB1.
- **SALA DE CONTROL Y CCS**
  - Instalación y adecuación de las nuevas computadoras, monitores y equipos de alimentación eléctrica ininterrumpida, al mobiliario instalado.
  - Instalación de software nuevo en las computadoras y pruebas generales de funcionamiento.

### 5.5.2. ELECTRICIDAD

Los principales trabajos a realizar en la disciplina de electricidad en los diferentes sectores se resumen de la siguiente manera:

- **ROTOTAMICES**
  - Sustitución de tableros y gabinetes principales de distribución eléctrica por gabinetes modernos del tipo modular, que agrupen en forma ordenada y con las protecciones apropiadas los elementos de control, protección y distribución eléctrica para los equipos e instalaciones.
  - Unión del gabinete principal con el de Mezcla y Floculación en un área mejor resguardada de la humedad e intemperie.
  - Sustitución o restauración de subtableros, de bandejas para cableado, cambio de cableado y canalizaciones deterioradas, cambio de luminarias del sector, reparación de tomacorrientes e interruptores y mejora en la red de tierra.
- **MEZCLA Y FLOCULACIÓN**
  - Sustitución de tableros y gabinetes principales de distribución eléctrica por gabinetes modernos del tipo modular, que agrupen en forma ordenada y con

las protecciones apropiadas los elementos de control, protección y distribución eléctrica para los equipos e instalaciones.

- Adición de salidas eléctricas para bombas e iluminación de construcciones nuevas para mejoras del proceso de potabilización.
  - Sustitución o restauración de subtableros, de bandejas para cableado, cambio de cableado y canalizaciones deterioradas, cambio de luminarias del sector, reparación de tomacorrientes e interruptores y mejora en la red de tierra.
- **DECANTACIÓN**
    - Sustitución de tableros y gabinetes principales de distribución eléctrica por gabinetes modernos del tipo modular, que agrupen en forma ordenada y con las protecciones apropiadas los elementos de control, protección y distribución eléctrica para los equipos e instalaciones.
    - Sustitución o restauración de subtableros, de bandejas para cableado, cambio de cableado y canalizaciones deterioradas, cambio de luminarias del sector, reparación de tomacorrientes e interruptores y mejora en la red de tierra.
- **FILTROS RÁPIDOS**
    - Sustitución de tableros y gabinetes principales de distribución eléctrica por gabinetes modernos del tipo modular, que agrupen en forma ordenada y con las protecciones apropiadas los elementos de control, protección y distribución eléctrica para los equipos e instalaciones.
    - Sustitución o restauración de subtableros, de bandejas para cableado, cambio de cableado y canalizaciones deterioradas, cambio de luminarias del sector, reparación de tomacorrientes e interruptores y mejora en la red de tierra.
    - Adición de nuevas cargas por modificaciones en cuarto de monitoreo y salas de reuniones en segundo nivel.
- **PLANTA DE CLORACIÓN**
    - Sustitución de tableros y gabinetes principales de distribución eléctrica por gabinetes modernos del tipo modular, que agrupen en forma ordenada y con las protecciones apropiadas los elementos de control, protección y distribución eléctrica para los equipos e instalaciones.
    - Sustitución o restauración de subtableros, de bandejas para cableado, cambio de cableado y canalizaciones deterioradas, cambio de luminarias del sector, reparación de tomacorrientes e interruptores y mejora en la red de tierra.
    - Reubicación de los gabinetes en nuevo cuarto contiguo a la planta, separado de los vapores de cloro.

- **PLANTA QUÍMICA**
  - Sustitución de tableros y gabinetes principales de distribución eléctrica por gabinetes modernos del tipo modular, que agrupen en forma ordenada y con las protecciones apropiadas los elementos de control, protección y distribución eléctrica para los equipos e instalaciones.
  - Sustitución o restauración de subtableros, de bandejas para cableado, transformadores secos, cambio de cableado y canalizaciones deterioradas, cambio de luminarias del sector, reparación de tomacorrientes e interruptores y mejora en la red de tierra. Incluye área de laboratorio.
- **SUBESTACIÓN**
  - Sustitución de tableros y gabinetes principales de distribución eléctrica por gabinetes modernos del tipo modular, que agrupen en forma ordenada y con las protecciones apropiadas los elementos de control, protección y distribución eléctrica para los equipos e instalaciones.
  - Sustitución o restauración de subtableros, de bandejas para cableado, cambio de cableado y canalizaciones deterioradas, cambio de luminarias del sector, reparación de tomacorrientes e interruptores.
  - Sustitución de transformadores para EB1 por incremento de carga, sustitución de equipos de protección, interrupción y medición en patio de transformadores y mantenimiento de transformador de Bocatoma y sus equipos de medición e interrupción. Adecuación de la red de tierra para nueva potencia de transformadores.
- **RESERVORIO**
  - Sustitución de subtableros, para bombas achicadoras, mejora en techado de sus estructuras e instalación de salidas eléctricas para SOPLADORAS DE AIRE PARA MANTENIMIENTO DEL INTERIOR DEL RESEVORIO.
- **PLANTA DE SEDIMENTOS FLOCULADOS**
  - Sustitución de tableros y gabinetes principales de distribución eléctrica por gabinetes modernos del tipo modular, que agrupen en forma ordenada y con las protecciones apropiadas los elementos de control, protección y distribución eléctrica para los equipos e instalaciones.
  - Sustitución o restauración de subtableros, de bandejas para cableado, cambio de cableado y canalizaciones deterioradas, cambio de luminarias del sector, reparación de tomacorrientes e interruptores.
- **CASA CLUB**

- Sustitución o restauración de subtableros, adición de salidas para aires acondicionados, cambio de cableado y canalizaciones deterioradas, cambio de luminarias del sector y reparación de tomacorrientes e interruptores.

---

## 5.6. PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL

---

A continuación se detallan los factores ambientales detectados con la etapa de rehabilitación del proyecto.

Durante la Etapa de Construcción:

- La tala de árboles y arbustos impacta negativamente el microclima de la zona de la ribera del río.
- La tala de árboles y arbustos impacta negativamente la fauna de mamíferos, anfibios y reptiles de la zona de la ribera del río.
- Traslado y disposición final del material proveniente del dragado del río.
- Afectación de la calidad del agua y fauna del río por el dragado.
- Generación de polvo que afecta a los habitantes de la zona del proyecto.
- Accidentes por la circulación de vehículos pesados en la zona del proyecto.
- Contaminación del suelo y el agua por generación de residuos sólidos comunes durante la etapa de construcción.
- Contaminación del suelo y el agua por generación de desechos biológicos.
- Accidentes laborales.

Durante la Etapa de Funcionamiento:

- Pérdida de arborización.



- Afectación de las Barreras vivas para el control de la erosión en sitios de acopio temporal del material de dragado.
- Afectación del Drenaje para el control de la erosión propuesto en los Sitios de Acopio Temporal del Material de Dragado.

---

## 5.7. INFORME DIAGNÓSTICO DE EB2 Y EB3

---

En general, se puede plantear los siguientes aspectos:

- a nivel de **OBRA CIVIL** se ha realizado una estimación de las condiciones de las instalaciones actuales, distinguiéndose entre: Requiere Mantenimiento significativo, Requiere Mantenimiento, Condición muy buena. Es de destacar la necesidad de mantenimiento significativo para la Nave de la EB-2 y de la EB-3.

También se puede mencionar que a nivel arquitectónico se plantea la problemática de mantenimiento que se da en numerosos elementos, si bien no tienen importancia a nivel de funcionamiento de la instalación.

- a nivel de **EQUIPOS MECÁNICOS**, la instalación de **EB-2** presenta problemas en cuanto al funcionamiento de los equipos principales. Tan sólo hay 7 operativos. Por otro lado, la parte hidráulica de los equipos ha sufrido un importante desgaste por la dosificación de cloro en el agua a impulsor. Los motores presentan problemas a nivel del sistema de refrigeración. Hay válvulas y compuertas que no están operativas. Por otro lado, la valvulería, así como las tuberías y el manifold tienen problemas asociadas a la antigüedad.

En el caso de la instalación de **EB-3** se presentan los mismos problemas, pero acrecentados debido a que en este bombeo no se dispusieron equipos en la Fase II, siendo todos procedentes de las obras de la Fase I. Además, no se dispuso nave para alojar a las bombas. Tan sólo hay 7 equipos principales operativos. La parte hidráulica de los equipos ha sufrido un importante desgaste por la dosificación de cloro en el agua a impulsor. Los motores presentan problemas a nivel del sistema de refrigeración. Hay válvulas y compuertas que no

están operativas. Por otro lado, la valvulería, así como las tuberías y el manifold tienen problemas asociadas a la antigüedad.

- a nivel de **ELECTRICIDAD** se ha realizado una estimación de las condiciones de las instalaciones actuales, distinguiéndose entre: MUY BUENA, DEFECTOS MENORES, REQUIERE MANTENIMIENTO SIGNIFICATIVO y OBSOLETO. En general los equipos en alta tensión se encuentran en un estado razonable, mientras que los cableados y los gabinetes son donde se presenta la necesidad de mayores intervenciones, bien clasificadas como “mantenimiento significativo” o como “obsoleto”.
- a nivel de **AUTOMATISMOS** se ha realizado un diagnóstico de las instalaciones actuales. En general, se dan problemas en los detectores asociados a la instrumentación, así como en los actuadores principales. Por otro lado, los controladores lógicos programables (PLC) mantienen actualmente la integridad de sus códigos de control y los sistemas de redes de comunicación no presentan problemas (salvo algún aspecto puntual).

Igualmente, se ha planteado el estudio del comportamiento a **nivel energético** de las instalaciones consideradas. Los principales consumos de las estaciones de bombeo se encuentran en los equipos de bombeo, siendo estos más del 99.9% de la facturación eléctrica anual. Las mediciones obtenidas durante las visitas en las estaciones de bombeo mostraron dar resultados poco probables en el cálculo de la eficiencia de los equipos. Una causa probable es que los equipos de medición instalados en las estaciones de bombeo estén descalibrados y no den lecturas reales o lo suficientemente precisas, afectando no solamente las mediciones puntuales realizadas durante las visitas sino también datos de las bitácoras de proceso. En cualquier caso, la sustitución de los equipos de bombeo puede facilitar ahorros considerables si se seleccionan equipos que operen de manera óptima para el punto de funcionamiento de diseño. Por último, puesto que el funcionamiento previsto es continuo las 24 horas, no se considera justificada la disposición de controladores de velocidad.

Adicionalmente, se ha contemplado un **diagnóstico** de las instalaciones a nivel de equipos mecánicos basados en la consideración del criterio de diseño adoptado para la rehabilitación de la planta potabilizadora de Las Pavas, un caudal de 3 m<sup>3</sup>/s. Del estudio llevado a cabo se concluye que para poder llegar a elevar este caudal tanto en EB-2 como en EB-3, se requeriría el cambio de los equipos principales de bombeo. En principio se entiende que tanto las conducciones como las instalaciones de

protección frente al golpe de ariete no tendrían problemas a nivel de diseño con el nuevo escenario de caudal planteado

---

## 5.8. VIABILIDAD FINANCIERA

---

En la actualidad el Sistema Río Lempa trata unos 70,465,000 m<sup>3</sup>, entregando unos 59,624,800 m<sup>3</sup> al área metropolitana de San Salvador. Cada m<sup>3</sup> entregado al área metropolitana reporta unos ingresos de 0.26\$, por lo que los ingresos generados por el sistema ascienden a **\$15,502,448** al año.

Para poder entregar esos 59,624,800 m<sup>3</sup> se incurre en unos costes anuales de \$1,570,211 en recursos humanos, mantenimiento varios, comunicaciones, vigilancia y transportes; \$1,242,116.98 en reactivos y \$13,177,850.74 en energía eléctrica; totalizando **\$15,990,178.72**.

Así pues, en la actualidad el sistema presenta un déficit por explotación de **-\$487,730.72**.

Tras la puesta en marcha de las instalaciones propuestas el Sistema Río Lempa tratará anualmente unos 92,242,800 m<sup>3</sup>, entregando unos 79,522,956 m<sup>3</sup> al área metropolitana de San Salvador. Cada m<sup>3</sup> entregado al área metropolitana reportará unos ingresos de 0.26 \$, por lo que los ingresos generados por el sistema ascenderán a **\$20,675,968**, al año.

Para poder entregar esos 79,522,956 m<sup>3</sup> se incurre en unos costes anuales de \$1,570,211 en recursos humanos, mantenimiento varios, comunicaciones, vigilancia y transportes; \$1,250,095.96 en reactivos y \$15,594,375.76 en energía eléctrica; totalizando **\$18,414,682.72**

Así pues, en el futuro el sistema presentará un superávit (al margen de la devolución de las cuotas constantes del préstamo) de **\$2,261,285.91**.

El préstamo para poder financiar las obra de referencia asciende a \$37,757,394. Con las condiciones de financiación previstas, ello supone unas cuotas anuales de amortización de \$3,399,554. Debido a que el superávit (ingresos menos costes) del Sistema Río Lempa sólo está previsto que ascienda a \$2,261,285.91 anuales, equivalentes al 66% de la cuota, se contempla la necesidad de la contribución directa del presupuesto de ANDA de \$1,138,268 al año para poder devolver el préstamo al BCIE. Esta contribución duraría lo que el plazo del préstamo, 20 años.

## 6. CONCLUSIONES Y VALORACIONES

Se han presentado los **Objetivos**, la **Metodología Utilizada** y los **Resultados de los Estudios y Diseños** de los “Estudios Previos o de Sitio” y de cada uno de los paquetes en los que se descompone el “Informe Final” del Contrato de Consultoría nº 08/2013, adjudicado por el Concurso Público Internacional Nº 03/2012 – FONTEC – BCIE, “*Estudio y Diseño Final para la Rehabilitación de la Planta Potabilizadora de Las Pavas, Municipio de San Pablo Tacachico, Departamento de La Libertad, El Salvador (Segundo Proceso)*”.

La descomposición en distintos paquetes y la recalendarización de las distintas entregas ha permitido ajustar el contenido, la duración y el presupuesto de cada uno de los “Informes Preliminares”, de manera que se puedan licitar y construir como actuaciones independientes.

Así el *ANDALP-T-RL-D-000 Informe Final de Actuaciones en el río Lempa* responde en su mayoría a un proyecto de ejecución de obras civiles en un ambiente fluvial, donde destacan los trabajos de instalación de gaviones y los movimientos de tierras.

El *ANDALP-T-BO-D-000 Informe Final de Bombeos, Electricidad y Automatización (Bocatoma y EB1)* contempla la renovación de equipos electromecánicos y los elementos de las conducciones asociadas, tanto en Bocatoma como en la estación de impelencia EB1.

Por su parte, el *ANDALP-T-PT-D-000 Informe Final de Mejora de Procesos de la Planta Potabilizadora de Las Pavas* establece las mejoras en el sistema de tratamiento e implica tanto la rehabilitación y la adaptación de elementos existentes, como la construcción de nuevos elementos, como la renovación de equipos de tratamiento.

Finalmente, el *ANDALP-T-PT-D-000 Informe Final de Electricidad y Automatización de la Planta Potabilizadora de Las Pavas* está relacionado con el informe anterior puesto que completa las actuaciones dentro de la Planta Potabilizadora, aunque en este caso su alcance se limita a la comprobación del estado actual y diseño final del suministro eléctrico y de los sistemas de automatización y control.

El Monto Final previsto para la ejecución de las obras que comprenden los cuatro paquetes entregados asciende a la siguiente cantidad (se incluye la propuesta de acompañamiento en fase de construcción):

PAQUETE 1	ACTUACIONES EN EL RÍO LEMPA	\$9,189,672.12
PAQUETE 2	BOMBEOS BOCATOMA Y EB1	\$11,796,592.25
PAQUETE 3	PROCESOS PLANTA POTABILIZADORA	\$11,190,270.88
PAQUETE 4	ELECTRICIDAD Y AUTOMATIZACIÓN PLANTA POTABILIZADORA	\$4,044,491.97
<b>TOTAL IVA INCLUIDO</b>		<b>\$36,221,027.22</b>
SUPERVISIÓN	PROPUESTA ACOMPAÑAMIENTO FASE CONSTRUCCIÓN	\$2,400,000.00
<b>TOTAL INVERSIÓN IVA INCLUIDO</b>		<b>\$38,621,027.22</b>

Tabla 5. Monto Total Informes Preliminares

## 6.1. INFORME FINAL ACTUACIONES EN EL RÍO LEMPA

El *Informe Final de Actuaciones en el río Lempa* describe las actuaciones necesarias para mejorar la calidad de las aguas y disminuir el riesgo de inundación en el entorno de la Bocatoma de la Planta Potabilizadora de Las Pavas.

Para ello plantea una serie de actuaciones de obras civiles, como son:

- Obras de Dragado
- Ampliación del Canal de Alivio
- Muro de Protección de la Margen Izquierda
- Rebosadero
- Protección del Estribo Izquierdo de la Represa de Bocatoma
- Protección del Fondo del Lecho
- Drenaje del Entorno de Bocatoma

El Plazo de Ejecución de los trabajos es de CINCO (5) MESES, contemplándose el inicio de los mismos el 1 de noviembre de 2013, de manera que puedan realizarse en época seca.

El Monto Total del *Informe Final de Actuaciones en el río Lempa* se resume en la siguiente tabla:

## RESUMEN PRESUPUESTO GENERAL

<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TOTAL</b>
<b>01</b>	<b>ACTUACIONES EN EL RÍO LEMPA</b>	
01.01	TRABAJOS PREVIOS DESVÍO CAUCE	\$230,771.35
01.02	PROTECCIÓN DE MARGEN IZQUIERDA	\$5,268,852.45
01.03	DRAGADO DEL CAUCE	\$275,328.28
01.04	AMPLIACIÓN CANAL DE ALIVIO	\$697,576.49
01.05	PROTECCIÓN FONDO BOCATOMA	\$781,132.50
01.06	REBOSADERO	\$279,800.08
01.07	PROTECCIÓN ESTRIBO IZQUIERDO BOCATOMA	\$590,166.23
01.08	DESVÍO OBRA DRENAJE	\$8,825.82
	<b>TOTAL SIN IVA</b>	<b>\$8,132,453.20</b>
	<b>IVA 13%</b>	<b>\$1,057,218.92</b>
	<b>TOTAL CON IVA</b>	<b>\$9,189,672.12</b>

*Tabla 6. Monto Total Actuaciones en el río Lempa*

### 6.2. INFORME FINAL BOMBEO, ELECTRICIDAD Y AUTOMATIZACIÓN (BOCATOMA Y EB1)

El *Informe Final de Bombeos, Electricidad y Automatización (Bocatoma y EB1)* desarrolla los trabajos necesarios para llevar a cabo las obras asociadas a Bombeos, Electricidad y Automatización de Bocatoma y EB1, dentro del contrato de consultoría “*Estudio y Diseño Final para la Rehabilitación de la Planta Potabilizadora de Las Pavas, Municipio de San Pablo Tacachico, Departamento de La Libertad, El Salvador (Segundo Proceso)*”.

Las actuaciones propuestas que se incluyen en el “Informe Final” son las que se enumeran a continuación:

- Sustitución de Equipos de Bombeo de Bocatoma y EB1.
- Sustitución de Calderería y Valvulería de Bocatoma y EB1
- Actuaciones asociadas a temas eléctricos de Bocatoma y EB1.
- Actuaciones asociadas a temas de automatismos de Bocatoma y EB1.
- Actuaciones asociadas a obras civiles de Bocatoma y EB1.

El plazo previsto para la ejecución de las obras es de TRECE (13) meses según se desprende del documento ANDALP-T-BO-D-016 Cronograma de Trabajo. El Monto Total del *Informe Preliminar de Bombeos, Electricidad y Automatización (Bocatoma y EB1)* se resume en la siguiente tabla:

#### RESUMEN PRESUPUESTO GENERAL

<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TOTAL</b>
1	EQUIPOS MECÁNICOS	\$5,653,532.79
2	TUBERÍAS, VALVULERÍA Y CALDERERÍA	\$1,520,092.87
3	ELECTRICIDAD	\$2,749,603.03
4	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL	\$201,764.00
5	CIVIL Y ARQUITECTURA	\$314,469.48
	<b>TOTAL SIN IVA</b>	<b>\$10,439,462.17</b>
	<b>IVA 13%</b>	<b>\$1,357,130.08</b>
	<b>TOTAL CON IVA</b>	<b>\$11,796,592.25</b>

*Tabla 7. Monto Total Bombeos, Electricidad y Automatización (Bocatoma y EB1)*

### 6.3. INFORME FINAL MEJORA DE PROCESOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE LAS PAVAS

El *Informe Final de Mejora de Procesos de la Planta Potabilizadora de Las Pavas* desarrolla los trabajos necesarios para llevar a cabo las obras asociadas a la Planta Potabilizadora de Las Pavas en lo referente a mejoras de proceso, obra civil, equipos electromecánicos y eficiencia energética, dentro del contrato de consultoría “*Estudio y Diseño Final para la Rehabilitación de la Planta Potabilizadora de Las Pavas, Municipio de San Pablo Tacachico, Departamento de La Libertad, El Salvador (Segundo Proceso)*”.

En primer lugar, se describe el estado actual de cada etapa del proceso, analizando la problemática detectada. A continuación se definen una serie de mejoras en cuanto a:

- Equipos Electromecánicos: el tipo de mejoras consiste en su sustitución, reparación o instalación de nuevos equipos que supongan una mejora en el proceso.
- Nuevos elementos para mejora del proceso, con su correspondiente obra civil y equipos asociados.

- Actuaciones asociadas a obras civiles.
- Actuaciones asociadas a temas de eficiencia energética.

El plazo previsto para la ejecución de las obras es de OCHO (8) meses según se desprende del documento ANDALP-T-PT-D-016 Cronograma de Trabajos.

El Monto Total del *Informe Final de Mejora de Procesos de la Planta Potabilizadora de Las Pavas* se resume en la siguiente tabla:

<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1 OBRA CIVIL</b>		<b>\$2,009,908.92</b>
1.1	OBRA CIVIL.PROCESOS	\$686,351.87
1.2	CIVILES Y ARQUITECTURA	\$1,095,650.34
1.3	OBRA CIVIL.CONDUCCIONES	\$227,906.71
<b>2 EQUIPOS</b>		<b>\$7,892,985.66</b>
2.1	BOCATOMA	\$221,012.84
2.2	PRETRATAMIENTO	\$427,029.52
2.3	COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN	\$305,871.28
2.4	DECANTADORES	\$2,922,112.60
2.5	FILTROS DE ARENA	\$1,530,458.03
2.6	CLORACIÓN	\$391,685.89
2.7	PLANTA DE FANGOS	\$212,718.86
2.8	PLANTA QUÍMICA	\$683,768.93
2.9	BOMBEO EB1	\$83,579.60
2.10	RESERVORIO	\$125,163.20
2.11	TANQUE RECUPERACION AGUAS	\$140,492.04
2.12	ARQUETA DE BOMBEO DE VACIADO DEC	\$102,855.48
2.13	REPUESTOS	\$746,237.39
<b>TOTAL PRESUPUESTO SIN IVA</b>		<b>\$9,902,894.58</b>
<b>IVA 13%</b>		<b>\$1,287,376.30</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO IVA INCLUIDO</b>		<b>\$11,190,270.88</b>

Tabla 8. Monto Total Mejora de Procesos de la Planta Potabilizadora de Las Pavas



---

#### 6.4. INFORME FINAL DE ELECTRICIDAD Y AUTOMATIZACIÓN DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE LAS PAVAS

---

El *Informe Final de Electricidad y Automatización de la Planta Potabilizadora de Las Pavas* define los trabajos de restauración en los sectores de la Planta de Tratamiento clasificándose a grandes rasgos en:

- Sustitución de tableros y gabinetes principales de distribución eléctrica por gabinetes modernos del tipo modular, que agrupen en forma ordenada y con las protecciones apropiadas los elementos de control, protección y distribución eléctrica para los equipos e instalaciones.
- Sustitución o restauración de subtableros y transformadores y pozos de registro, cambio de cableado y canalizaciones deterioradas, cambio de luminarias, mejora en la red de tierra e instalación de pararrayos contra descargas atmosféricas en campamento.
- Rediseño de la subestación principal debido al incremento de capacidad de las bombas del EB1

El *Informe Final de Electricidad y Automatización de la Planta Potabilizadora de Las Pavas*, comprende el estudio, diagnóstico, evaluación, documentación y presentación de alternativas de reparación, rehabilitación, mejora y optimización de los sistemas comprendidos por todos los equipos y componentes involucrados en la planta potabilizadora.

Los equipos y componentes considerados en el análisis, diagnóstico y propuestas de mejora son los siguientes:

- Elementos sensores.
- Interfaz de accionamiento y de evaluación de estados con los elementos actuadores.
- Equipos de control automático (PLC).
- Equipos de visualización y registro histórico del proceso
- Redes de comunicación.

El plazo previsto para la ejecución de las obras es de OCHO (8) meses.

El Monto Total del *Informe Final de Electricidad y Automatización de la Planta Potabilizadora de Las Pavas* se resume en la siguiente tabla:

<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TOTAL</b>
<b>01</b>	<b>INSTRUMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN</b>	<b>\$609,679.00</b>
01.01	ROTOTAMICES	\$2,678.00
01.02	MEZCLA Y FLOCULACIÓN	\$18,553.00
01.03	DECANTADORES	\$34,513.00
01.04	FILTROS RÁPIDOS	\$167,377.00
01.05	CLORACIÓN	\$12,084.00
01.06	PLANTA QUÍMICA	\$41,166.00
01.07	RESERVORIO	\$66,582.00
01.08	RECUPERACIÓN DE AGUA DE LAVADO	\$41,134.00
01.09	PLANTA DE SEDIMENTOS FLOCULADOS	\$43,763.00
01.10	SALA DE CONTROL Y CCS. INGENIERÍA DE PLC Y SCADA	\$181,829.00
<b>02</b>	<b>ELECTRICIDAD</b>	<b>\$2,969,517.43</b>
02.01	ROTOTAMICES	\$12,908.72
02.02	MEZCLA Y FLOCULACIÓN	\$127,842.25
02.03	DECANTADORES	\$115,865.71
02.04	FILTROS RÁPIDOS	\$150,291.63
02.05	CLORACIÓN	\$39,079.43
02.06	PLANTA QUÍMICA	\$98,566.72
02.07	SUBESTACIÓN	\$2,024,602.45
02.08	RESERVORIO	\$140,246.86
02.09	PLANTA DE SEDIMENTOS FLOCULADOS	\$57,468.48
02.10	CLÍNICA	\$5,280.00
02.11	CASA CLUB	\$6,299.70
02.12	GENERALES	\$191,065.48
	<b>TOTAL SIN IVA</b>	<b>\$3,579,196.43</b>
	<b>IVA 13%</b>	<b>\$465,295.54</b>
	<b>TOTAL CON IVA</b>	<b>\$4,044,491.97</b>

Tabla 9. Monto Total Mejora de Electricidad y Automatización de la Planta Potabilizadora de Las Pavas

---

## 6.5. PROPUESTA TÉCNICA Y ECONÓMICA DE ACOMPAÑAMIENTO DURANTE LA FASE DE CONSTRUCCIÓN Y EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

---

### 6.5.1. COSTO DE LA SUPERVISIÓN

El monto de la supervisión para este tipo de proyectos, con alto grado de especialización, puede estimarse en un 6 % del monto total de las obras e instalaciones, de acuerdo con los valores que se utilizan para este tipo de obras.

Por lo tanto, si estimamos un monto total de las obras e instalaciones aproximado de CUARENTA MILLONES DE DOLARES (\$ 40,000,000.00), el monto de la supervisión será aproximadamente de DOS MILLONES CUATROCIENTOS MIL DOLARES ( \$ **2,400,000.00** ).

### 6.5.2. OBJETIVO DE LA SUPERVISIÓN

- Garantizar la calidad de la ejecución física de las obras de rehabilitación de la Planta Potabilizadora Las Pavas y que las mismas sean desarrolladas de acuerdo a los planos y especificaciones del proyecto.
- Asegurar la adecuada inversión de los recursos financieros.
- Verificar el cumplimiento de la programación física y financiera de las obras a realizar en el proyecto de rehabilitación.

### 6.5.3. ALCANCES DE LA SUPERVISIÓN

- Revisar previamente al inicio de las obras, los documentos contractuales del proyecto para identificar los derechos y obligaciones que se contraen con la firma de dichos documentos.
- Verificar que el Contratista disponga de una adecuada organización para el desarrollo del proyecto, incluyendo personal de dirección y producción.
- Control cualitativo. Inspeccionar y controlar las obras para comprobar que se ejecutan con la calidad establecida en el proyecto adjudicado.

- Control geométrico. Inspeccionar y controlar las obras para comprobar que las obras se ejecutan de acuerdo con las definiciones geométricas establecidas en el proyecto.
- Control cuantitativo. Inspeccionar y controlar las obras para comprobar que los volúmenes de obra ejecutados se corresponden con los especificados en proyecto y en el caso de que se detecten diferencia informar puntualmente a los técnicos de ANDA.
- Verificar que el Contratista utilice materiales, equipos y mano de obra de buena calidad, acorde con las especificaciones del proyecto y lo establecido en el contrato del proyecto.
- Dar seguimiento al proyecto en ejecución constatando sus niveles de avance, de acuerdo al programa de trabajo del contratista, previamente revisado y aprobado.
- Verificar el cumplimiento de las metas establecidas en el programa de trabajo del proyecto (avance general, comportamiento de la ruta crítica, cumplimiento de milestones). Reportar de inmediato al ANDA, las desviaciones del programa y solicitar reprogramaciones cuando el programa original ya no sea aplicable.
- Verificar que el proyecto se ha desarrollado con buenas prácticas constructivas y de acuerdo a los planos y especificaciones que definen el mismo.
- Autorizar el inicio de los procesos constructivos y aprobar la terminación de cada uno de ellos. Deberá implementar procesos sistemáticos de recepción de obra (protocolos, checklist, etc.)
- Revisar y avalar reasignaciones, incrementos, disminuciones previa consulta con ANDA. El supervisor no podrá autorizar, sin previo consentimiento de ANDA, la realización de trabajos que impliquen modificaciones al contrato
- Tomar decisiones y comunicarlas por escrito al ANDA y al Contratista, con relación a reclamos de aspectos inherentes a la correcta ejecución del trabajo, emitiendo sus recomendaciones de las medidas correctivas a adoptar.

- Coordinar la realización de reuniones periódicas con el personal técnico de ANDA y el Contratista a fin de esclarecer dudas, presentar informes de avance y plantear y discutir soluciones a problemas que se den en la obra.
- Verificar que el Contratista implemente un plan de control de calidad del proyecto adecuado para los alcances del mismo y de ser necesario, realizar las pruebas de contraste que sean necesarias para verificar la calidad de los materiales y obras del proyecto.
- En general, analizar y administrar el contrato establecido entre ANDA y el Contratista. Esto incluye verificar cantidades de obra ejecutadas y documentar adecuadamente dichas verificaciones.

## 7. RECOMENDACIONES

Para terminar, el “Informe Ejecutivo” presenta una serie de recomendaciones, clasificadas según los documentos en los que está basado, que proceden del análisis de la documentación disponible, de las propuestas de actuaciones establecidas en los diseños correspondientes y de las dificultades encontradas en la recopilación y preparación de la documentación que comprende el Contrato de Consultoría nº 08/2013, adjudicado por el Concurso Público Internacional Nº 03/2012 – FONTEC – BCIE, “*Estudio y Diseño Final para la Rehabilitación de la Planta Potabilizadora de Las Pavas, Municipio de San Pablo Tacachico, Departamento de La Libertad, El Salvador (Segundo Proceso)*”.

---

### 7.1. ESTUDIOS PREVIOS O DE SITIO

---

Las principales recomendaciones que afectan a la documentación referente a los *Estudios Previos o de Sitio* son las siguientes:

- En cuanto a la topografía y batimetría, sería recomendable mantener la red de bases que se ha empleado en los trabajos previos (y en el actual) para que puedan emplearse en trabajos futuros. Al mismo tiempo, la disponibilidad de los levantamientos en formato digital permite la realización de muchos trabajos que utilizan la topografía y batimetría como base (e.g. como sucede con el Estudio Hidráulico o el Sedimentológico).

- La disponibilidad de datos climatológicos y la recopilación de series históricas de precipitación y caudales resulta fundamental para poder realizar cálculos hidrológicos que permitan actuar en los cauces fluviales. Por ello se recomienda la actualización y unificación de las bases de datos disponibles que afecten a las captaciones de aguas superficiales del ANDA, como sucede con la Planta Potabilizadora de Las Pavas. Al mismo tiempo se recomienda iniciar los procedimientos de toma de datos en aquellos sitios en los que la red nacional de control sea deficitaria o inexistente. De este modo se podrá conocer en profundidad las características de la cuenca, diseñar correctamente las infraestructuras de captación y adelantarse a los problemas de funcionamiento que se derivan de las crecidas en los cauces.
- Actualmente en Bocatoma existe un registro de calados con el que se regulan las consignas de trabajo de los equipos de bombeo y se manejan las compuertas de la represa. Dentro del Balance Hídrico presentado en el *Estudio Hidrogeológico* de los “Estudios Previos o de Sitio”, se plantea una metodología para obtener caudales a partir de lecturas de calado en elementos tipo vertedero, como sucede con la represa de Bocatoma. Por lo que se recomienda pasar el registro actual de calados a un registro de caudales de modo que con el tiempo se pueda obtener una serie histórica de datos que sirvan para la realización de cálculos hidrológicos.
- En cuanto al análisis sedimentológico, habría sido recomendable disponer de resultados intermedios que hubiesen permitido caracterizar la evolución temporal de los sedimentos. En cualquier caso, su transporte no es constante y está íntimamente relacionado con el caudal circulante y su energía de arrastre. Con las actuaciones propuestas en el río Lempa se acota y limita el problema de la sedimentación, fomentando la conectividad del río Lempa a través del Canal de Alivio ampliado. Sin embargo, el ANDA trabaja con captaciones similares en otros ríos de El Salvador donde pudiera ser interesante caracterizar y controlar temporalmente la acumulación de sedimentos.
- Extender el análisis anterior a la determinación de los parámetros de calidad del agua y de caracterización del sedimento facilitaría la identificación de los problemas derivados que se producen en las captaciones, así como plantear soluciones de ingeniería específicas para el tipo de problema detectado. Para ello, es fundamental establecer, además del sistema de monitoreo existente en la captación, una serie de campañas de análisis que caractericen el entorno. El establecimiento de los parámetros índice del ecosistema de estudio permitiría simplificar las campañas de

toma de muestra y construir modelos de balance de masas que sirvan de ayuda en el diagnóstico de problemas y la proposición de posibles soluciones.

- Evaluación Estado Actual Electromecánico: habría sido de gran utilidad disponer de las especificaciones completas de todos los equipos existentes, así como de las modificaciones realizadas en planta a lo largo del tiempo, respecto al diseño original, como por ejemplo diámetros existentes de las conducciones actuales y cambios realizados en éstas, en su trazado, diámetro o material.

---

## 7.2. INFORME FINAL DE ACTUACIONES EN EL RÍO LEMPA

---

Las principales recomendaciones que afectan a la documentación referente al *Informe Final de Actuaciones en el río Lempa* son las siguientes:

- Se recomienda que, tras la lectura del documento *ANDALP-T-RL-D-016 Análisis de alternativas* donde se presentan las ventajas de realizar todas las actuaciones propuestas en el Informe Final de Actuaciones en el río Lempa incluyendo la construcción del Rebosadero en el canal principal y la Protección del fondo del lecho, se lleven a cabo las citadas obras.
- Las soluciones establecidas no son complicadas técnicamente y existen diversos ejemplos próximos al entorno de los trabajos. En cualquier caso es muy recomendable que la construcción de los trabajos sea llevada a cabo por especialistas de reconocida solvencia, puesto que su buena ejecución es fundamental para el buen funcionamiento y la durabilidad de las mismas.
- Está previsto realizar los trabajos en el río Lempa por fases, realizando desvíos temporales del cauce que permitan trabajar sin presencia de agua. Para ello es muy recomendable la lectura a fondo del documento *ANDALP-T-RL-D-018 Procedimientos constructivos* que describe en profundidad los desvíos previstos y la manera de actuar planteada para la realización de los trabajos.
- Para poder alargar la vida útil de las infraestructuras propuestas se recomienda llevar a cabo inspecciones periódicas y obras de mantenimiento, prestando especial atención los días posteriores a la circulación de grandes caudales por el río Lempa.

---

### 7.3. INFORME FINAL BOMBEO, ELECTRICIDAD Y AUTOMATIZACIÓN (BOCATOMA Y EB1)

---

Las principales recomendaciones que afectan a la documentación referente al *Informe Final de Bombeos, Electricidad y Automatización (Bocatoma y EB1)* son las siguientes:

- Se recomienda se realice un protocolo de arranque de las bombas siguiendo las siguientes instrucciones básicas: “el arranque de las bombas se contempla con válvula parcialmente abierta, y apertura progresiva. Este planteamiento es debido a la importante potencia de los motores que desaconsejan bombear en vacío, ya que existe el riesgo de provocar un cambio de estado “flash” en el agua, que afectaría a la bomba del mismo modo que una cavitación”.
- Se recomienda que se establezca un protocolo de mantenimiento de los equipos de bombeo y valvulería que permita alargar la vida útil de los mismos.

---

### 7.4. INFORME FINAL MEJORA DE PROCESOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE LAS PAVAS

---

Las principales recomendaciones que afectan a la documentación referente al *Informe Final de Mejora de Procesos de la Planta Potabilizadora de Las Pavas* son las siguientes:

- Realizar la reparación/ renovación de equipos establecida en el Proyecto, así como la construcción de los nuevos elementos de proceso diseñados, que ayudarán a una optimizar recursos, como: agua, reactivos y electricidad. Con ello se conseguirá una mayor eficiencia de la planta potabilizadora. Los nuevos elementos de proceso son: el tanque de vaciados y recuperación de aguas de lavado y la arqueta de bombeo de vaciados de decantadores. También es muy importante el recrecido del murete separador del canal de contralavado en los filtros rápidos, ya que impedirá la pérdida del material filtrante durante los contralavados.
- Una vez realizadas estas actuaciones, es fundamental realizar un mantenimiento adecuado de las instalaciones, con protocolos de revisión de equipos, calibrado, engrasado,.....
- En el Proyecto se han incluido una serie de recomendaciones referentes a los filtros rápidos, tanto en lo que respecta a la forma de instalar el nuevo lecho filtrante, como a los procedimientos para realizar el contralavado. Esta información se ha recogido en el documento ‘ANDALP-T-PT-D-030 Especificaciones Técnicas’.



- En el Proyecto, concretamente en el documento '*ANDALP-T-PT-D-010 Memoria descriptiva*', también se han incluido recomendaciones referentes a la forma de realizar el vaciado de los decantadores. En este documento se indica que la operación de vaciado de un decantador debería ser una operación combinada: primero se deberían utilizar las bombas de purga situadas en el interior del decantador para la extracción de los fangos depositados en el fondo, para a continuación abrir las válvulas hasta el vaciado completo del elemento. De este modo se estaría enviando al tanque de vaciados y recuperación de aguas de lavado la parte más clarificada del decantador, y por tanto la de mayor calidad.
- Se recomienda la construcción de las instalaciones correspondientes a la canalización y depuración de aguas negras de la planta y el campamento. Si bien es cierto que estas actuaciones no son objeto de la presente consultoría, es necesario incluirlas en este apartado de recomendaciones, habiendo sido además sugeridas por el personal técnico de ANDA.
- Se recomienda la adquisición de diversos vehículos para las labores diarias de mantenimiento y explotación, como por ejemplo montacargas para la planta química y vehículo para la clínica.
- Se recomienda la ejecución de mejoras en las infraestructuras de las cabañas de los empleados de la planta. Si bien es cierto que estas actuaciones no son objeto de la presente consultoría, es necesario incluirlas en este apartado de recomendaciones, habiendo sido además sugeridas por el personal técnico de ANDA.
- Se recomienda la ejecución de mejoras en complejo recreativo: subestación eléctrica para mejorar iluminación interna-externa; cerca perimetral para mejorar la seguridad; sistemas de aire acondicionado; bomba para agua.....Si bien es cierto que estas actuaciones no son objeto de la presente consultoría, es necesario incluirlas en este apartado de recomendaciones, habiendo sido además sugeridas por el personal técnico de ANDA.

---

## 7.5. INFORME FINAL DE ELECTRICIDAD Y AUTOMATIZACIÓN DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE LAS PAVAS

---

Las principales recomendaciones que afectan a la documentación referente al *Informe Final de Electricidad y Automatización de la Planta Potabilizadora de Las Pavas* son las siguientes:

- 
- Realizar las actuaciones establecidas en el Proyecto. Se considera fundamental que una vez ejecutadas las obras, se realice el correspondiente mantenimiento de las instalaciones, con protocolos de revisión y actualizaciones de equipos, calibrado, engrasado, cambios de aceite,....

---

## 8. EXTENSIÓN DEL CONTRATO – INFORME FINAL EB2 Y EB3, TANQUE UNIDIRECCIONAL Y TALLER DE MANTENIMIENTO

---

### 8.1. OBJETIVOS

---

#### 8.1.1. ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO EB2 Y EB3

Los objetivos se estructuran en función de las distintas componentes que constituyen el documento, a saber: *equipos mecánicos, eficiencia energética, instrumentación y automatización, electricidad y civil y arquitectura.*

##### 8.1.1.1. EQUIPOS MECÁNICOS

El objetivo del trabajo en materia de equipos mecánicos consiste en plantear las bombas principales necesarias tanto en el bombeo de EB2, como en el bombeo de EB3 para que se pueda impulsar en ambos casos el caudal de diseño previsto (similar al caudal para la planta de tratamiento rehabilitada, 3 m<sup>3</sup>/s). Adicionalmente a la renovación de los equipos principales, se ha considerado la actualización de las instalaciones complementarias (valvulería y calderería de conexión con la tubería de impelencia).

##### 8.1.1.2. EFICIENCIA ENERGÉTICA

El objetivo es realizar la estimación de los beneficios energéticos y económicos de las medidas de interés para las estaciones de bombeo EB2 y EB3, teniendo como base las especificaciones de los equipos seleccionados por las disciplinas que evalúan los procesos de la planta, validando que éstos operarán con una eficiencia mayor a la que operan los equipos actualmente instalados. Adicionalmente se evaluarán las medidas referentes a la iluminación en las mismas áreas.

#### 8.1.1.3. INSTRUMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN

El estudio de los equipos de instrumentación y automatización tiene como objetivo la recomendación sobre su permanencia o sustitución en las instalaciones existentes, de acuerdo a su estado físico y funcional. Sin embargo, manteniendo la tendencia observada y establecida en el estudio de la planta de potabilización de “Las Pavas”, se ha de sugerir la sustitución de los elementos finales (sensores y Actuadores) mientras se mantienen los equipos de control automático centrales y las redes de Comunicación establecida.

#### 8.1.1.4. ELECTRICIDAD

El objetivo del trabajo en la disciplina eléctrica consiste en la restauración del suministro eléctrico en las dos estaciones de bombeo a nivel de funcionamiento confiable y duradero por medio de la restauración de equipos obsoletos y deteriorados, por el diseño de mejoras en las protecciones y forma de distribución del servicio dentro de las estaciones y por el diseño de modificaciones requeridas para el suministro de energía a los nuevos sistemas de bombeo de agua.

#### 8.1.1.5. CIVIL Y ARQUITECTURA

El objetivo de las reparaciones civiles y estructurales es devolver la integridad a las partes dañadas de las naves y edificaciones adyacentes, adicionalmente la instalación de nuevos equipos requiere modificaciones estructurales las cuales son presentadas dentro del correspondiente documento.

### 8.1.2. ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN NUEVO TANQUE DE AMORTIGUAMIENTO GOLPE DE ARIETE-TANQUE UNIDIRECCIONAL

Los objetivos se estructuran en función de las distintas componentes que constituyen el documento, a saber: *hidráulica, estructuras y civil y arquitectura.*

#### 8.1.2.1. HIDRÁULICA

El objetivo del trabajo en primera instancia es justificar la necesidad de la construcción de este tanque en base a los cálculos en régimen transitorio de la línea de impelencia que une las estaciones de bombeo EB1 y EB2. Una vez justificada la necesidad del depósito el objetivo es definir la obra hidráulica a realizar para conexionar el depósito con las instalaciones existente y que funcione con garantía.

#### 8.1.2.2. ESTRUCTURAS

El objetivo de la especialidad de estructuras es definir las características de los elementos de la cimentación y de los alzados del depósito para que, con el terreno existente y la carga de agua prevista, funcionen estructuralmente.

#### 8.1.2.3. CIVIL Y ARQUITECTURA

El objetivo es definir la urbanización del recinto que en este caso solamente consta de un cerramiento perimetral con un portón de acceso.

#### 8.1.3. INFORME FINAL DE TALLER DE MANTENIMIENTO

El objetivo de desarrollar un taller de mantenimiento es para suplir la necesidad de una instalación con suficientes recursos humanos y materiales que permita atender de manera efectiva y oportuna las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo de las instalaciones y equipos de la planta, ya que en la actualidad dichas tareas se realizan de manera limitada y deficiente y no se logran cubrir las necesidades de manera efectiva.

---

## 8.2. METODOLOGÍA UTILIZADA

---

### 8.2.1. ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO EB2 Y EB3

El *Informe Final de Estudios y Diseños para la Rehabilitación de las Estaciones de Bombeo EB2 y EB3* se divide en cinco paquetes relacionados con distintas especialidades de las requeridas en la consultoría, como son:

- Análisis y Dimensionamiento de los Bombes y Líneas de Impelencia.
- Análisis y Cálculos Eléctricos.
- Instrumentación y Automatización.
- Eficiencia Energética.
- Civil y Arquitectura.

En primer lugar se plantearon meticulosas campañas de reconocimiento, en las que se decretó el estado actual de los equipos y sistemas afectados en el mencionado “Informe Final”.

En base a estos trabajos de campo se vio la necesidad de sustituir los equipos electromecánicos más importantes en busca de una mejora en sus rendimientos que mejorara los consumos eléctricos y en definitiva produjera una mejora en la eficiencia energética.

El Informe realiza un dimensionamiento hidráulico de los equipos de bombeo, a partir de los datos reales que facilitan los proveedores de estos equipos. El análisis hidráulico comprende el estudio de los materiales que componen los equipos en función de las características del agua, el punto de funcionamiento de las bombas individuales y el funcionamiento conjunto de los distintos grupos de bombeo, además del análisis de las líneas de impelencia en régimen permanente y transitorio.

Para poder llevar a cabo esta tarea es imprescindible garantizar el suministro eléctrico en las condiciones de intensidad y frecuencia en los puntos de demanda, por lo que la red eléctrica, la red de tierras y los cuadros eléctricos debieron ser probados y se tuvo que decretar su validez o sus necesidades de mejora; al tiempo que los nuevos equipos electromecánicos requieren de mayor potencia eléctrica (debido a una mayor producción de agua potable).

Una vez decretadas las necesidades de suministro eléctrico y establecidas las características de los equipos de bombeo, se procede a implementar las necesidades de instrumentación y automatización que tendrán los sistemas de bombeo para llevar a cabo un adecuado funcionamiento y control.

En este mismo sentido, las obras civiles y de arquitectura asociadas al “Informe Final” tienen como objetivo mejorar las condiciones de las naves y edificaciones actuales y crear ambientes suficientemente aislados y protegidos como para albergar los equipos eléctricos y de instrumentación y control con mayores sensibilidades.

Por su parte, la especialidad de Eficiencia Energética precisa de datos de los equipos y sistemas actuales y del conocimiento de los puntos de funcionamiento y de las características de los equipos electromecánicos previstos, para decretar la mejora en la Eficiencia Energética y el ahorro asociado que cabe esperar con las medidas previstas en el “Informe Final”.

### **8.2.2. ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN NUEVO TANQUE DE AMORTIGUAMIENTO GOLPE DE ARIETE-TANQUE UNIDIRECCIONAL**

En primer lugar se analizó la impelencia entre EB1 y EB2 justificando la necesidad de realizar el Tanque Unidireccional de Amortiguamiento del Golpe de Ariete como una instalación de protección de la mencionada impelencia. Se analizaron los planos de la impelencia localizando el punto más adecuado para su ubicación.

Posteriormente se realizó una vista con los técnicos de ANDA a la parcela y se verificó que se trataba de una propiedad privada por lo que el diseño se tenía que realizar dentro de los siete metros de derecho de vía que genera la impelencia.

Con los datos del volumen del tanque y la superficie de terreno disponible se diseña la estructura, las conducciones auxiliares y las obras civiles necesarias.

### **8.2.3. DISEÑO DEL TALLER DE MANTENIMIENTO**

Para el diseño del taller se inició con conocer las necesidades y expectativas de ANDA sobre el mismo. ANDA propuso además evaluar edificaciones existentes dentro de los terrenos de Las Pavas con poco uso y con espacios adecuados para el taller.

Luego se procedió con la evaluación técnica de las instalaciones propuestas. Con toda la información recabada se presentaron a las evaluaciones de las edificaciones a ANDA, quien se decidió por una bodega de 15x36 m.

Con esa información se procedió a diseñar propuestas para instalaciones con su equipamiento y condiciones de trabajo, las cuales se fueron revisando con ANDA hasta llegar al diseño final con las áreas y alcances de mantenimiento. Con ese diseño en firme se procedió a desarrollar la propuesta detallada completa de los requerimientos para convertir la bodega seleccionada en el taller de mantenimiento de Las Pavas.

---

### 8.3. RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS

---

#### 8.3.1. ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO EB2 Y EB3

##### 8.3.1.1. SUSTITUCIÓN EQUIPOS PRINCIPALES DE EB2 Y EB3

###### **EB2**

En la actualidad se cuenta con 8 bombas Flowserve modelo 23 EKL, 4 etapas, velocidad de giro 1785 rpm, curva EC-1746, motor de 1750 HP a 4160 voltios de INDAR, con punto de funcionamiento 375 l/s a 241 mca. Los equipos se disponen en dos cisternas de aspiración – interconectadas. Todos los equipos bombean a una misma impelencia. Estos equipos presentan problemas asociados a la falta de mantenimiento, y actualmente tan sólo hay 7 operativos

Se ha contemplado la **sustitución** de estos equipos por 5+2 equipos de tipo “Bomba vertical de turbina” con eje abierto, de 5 fases (etapas), punto de funcionamiento 600 l/s a 245 mca, rendimiento de la bomba 84.0%, velocidad de giro 1185 rpm. Los motores son de 2500 H.P. a 4160 V a 60 Hz, Premium Efficiency con factor de servicio 1.15, clase de aislamiento F y ambiente 40°C. El cambio incluye el zócalo de descarga y la tubería de conexión con la valvulería. Se mantiene la configuración de dos cisternas, impulsando a una impelencia.

###### **EB3**

En la actualidad se cuenta con se cuenta con 6 bombas Goulds (de 5 etapas) y de 2 bombas Bergeron (de 4 etapas). Esto es así debido a que aunque en las obras de la Fase II, se había considerado originalmente disponer 6 bombas nuevas en cada bombeo (Bocatoma, EB-1, EB-2 y EB-3) del Sistema Río Lempa, finalmente se consideró más oportuno cambiar las 8 bombas de los tres primeros bombeos (Bocatoma, EB-1 y EB-2), lo que supuso que para EB-3 no hubiera bombas nuevas, y por lo tanto se aprovecharan bombas de la primera Fase. Tan sólo 7 equipos están operativos.

Se ha contemplado la **sustitución** de estos equipos por 5+2 equipos de tipo “Bomba vertical de turbina” con eje abierto, de 5 fases (etapas), punto de funcionamiento 600 l/s a 245 mca, rendimiento de la bomba 84.0%, velocidad de giro 1185 rpm. Los motores son de 2500 H.P. a 4160 V a 60 Hz, Premium Efficiency con factor de servicio 1.15, clase de aislamiento F y ambiente 40°C. El



cambio incluye el zócalo de descarga y la tubería de conexión con la valvulería. Se mantiene la configuración de dos cisternas, impulsando a una impelencia.

### 8.3.1.2. SUSTITUCIÓN CALDERERÍA Y VALVULERÍA DE EB2 Y EB3

#### **EB2**

A continuación se indica la propuesta de equipos considerada (DN-700 PN-25), sólo se disponen para las 7 bombas consideradas:

- Pieza de tubería que incluye un cono de ampliación y sobre la que se ha dispuesto una salida para alojar una válvula de aire DN-100
- Válvula antirretorno, de doble disco wafer entre bridas.
- Tramo de tubería
- Carrete de desmontaje
- Válvula de mariposa motorizada, con posibilidad de aperturas intermedias.
- Tramo de tubería hasta la conexión con el manifold de impulsión. El manifold de impulsión se sitúa enterrado, así que la conexión entre la tubería de impulsión de cada bomba y el colector de impulsión también queda enterrada

De igual modo, se propone el reemplazo del actual manifold de impulsión de DN-1200 que recoge las tuberías de impulsión y acomete a la tubería de impelencia.

Tras conversaciones con el personal de ANDA y tras una visita “in situ”, se ha tenido conocimiento de que las válvulas en las conexiones de los calderines presentan problemas, siendo por ello que se propone igualmente su reemplazo, así como las tuberías asociadas. Tampoco funciona la válvula de aislamiento entre el bombeo y la tubería de impelencia, para la que se propone igualmente su sustitución.

#### **EB3**

A continuación se indica la propuesta de equipos considerada (DN-700 PN-25), sólo se disponen para las 7 bombas consideradas:

- Pieza de tubería que incluye un cono de ampliación y sobre la que se ha dispuesto una salida para alojar una válvula de aire DN-100
- Válvula antirretorno, de doble disco wafer entre bridas.
- Tramo de tubería
- Carrete de desmontaje
- Válvula de mariposa motorizada con posibilidad de aperturas intermedias.
- Tramo de tubería hasta la conexión con el manifold de impulsión. El manifold de impulsión se sitúa enterrado, así que la conexión entre la tubería de impulsión de cada bomba y el colector de impulsión también queda enterrada

De igual modo, se propone el reemplazo del actual manifold de impulsión de DN-1200 que recoge las tuberías de impulsión y acomete a la tubería de impelencia.

Tras conversaciones con el personal de ANDA y tras una visita “in situ”, se ha tenido conocimiento de que las válvulas en las conexiones de los calderines presentan problemas, siendo por ello que se propone igualmente su reemplazo, así como las tuberías asociadas. Tampoco funciona la válvula de aislamiento entre el bombeo y la tubería de impelencia, para la que se propone igualmente su sustitución.

#### 8.3.1.3. ELECTRICIDAD

Salvo pocas diferencias por modificaciones, eléctricamente, las estaciones son prácticamente iguales. Luego de la evaluación del funcionamiento, resultan los siguientes requerimientos para retornar las plantas a su operatividad completa y confiable en el tiempo.

- Sustitución de dos transformadores de 5 MVA por incremento en capacidad de motores de equipos de bombeo. Los nuevos transformadores son de 7.5 MVA.
- Sustitución Gabinetes de control e interrupción de Medio voltaje 23KV por obsoletos
- Sustitución de Gabinetes de control central y arranque de bombas (1-3) y (5-7) por obsoletos y falta de repuestos.
- Sustitución del Ondulador de EB2 por deterioro y obsoleto.
- Cambio y adición de subtableros para mejorar el control eléctrico de algunos sectores y equipos.
- Cambio de canalización (conduit, corazas, bandejas) y cableado por deterioro irreparable.
- Cambio de luminarias por deterioro y falla.
- Cambio tomacorrientes e interruptores por deterioro y fuera de funcionamiento.
- Empalmes de redes de puesta a tierra para garantizar equipotencialidad de todas las redes de puesta a tierra de las estaciones.
- Cambio de seccionador y mantenimiento a línea de media tensión por deterioro en los herrajes y mecanismos de apertura y cierre.
- EnEB2, se propone la desconexión de un tercer transformador de 5 MVA que se instaló eventualmente para suplir energía en una condición de falla.
- En EB3, se propone el cambio de un poste de cableado de MT ubicado fuera de perímetro de la estación, el cual se encuentra quebrado.

#### 8.3.1.4. INSTRUMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN

El sistema de automatización de las estaciones de bombeo de agua se ve afectado negativamente primordialmente por el deterioro, falta de confiabilidad operativa y carencia de mantenimiento

adecuado de los distintos elementos sensores y actuadores distribuidos en las diferentes áreas del proceso. Aunque fuera posible implementar un programa de mejoras sucesivas de reemplazo y reparación de algunos componentes, se plantea mejor un reemplazo y sustitución completa, que permitan una base de sensores e instrumentos confiables y modernos para la recolección de variables de proceso y la acción sobre equipos manipuladores del proceso.

A pesar que el conjunto de controladores lógicos programables, equipos de visualización y registro histórico y redes de comunicación industrial presentan un estado funcional aceptable, las carencias y deficiencias descritas en el punto anterior no permiten la ejecución de las secuencias, rutinas y estrategias del código de programación de control automático ni la visualización y bitácora de las variables del proceso. Estas condiciones han llevado a un manejo eminentemente local-manual por parte del personal de operación.

Debido a temas de obsolescencia informática de hardware y sistemas operativos, es altamente recomendable una renovación completa de los equipos de cómputo involucrados en el sistema de automatización, incrementando sus características de robustez, redundancia, velocidad, capacidad de almacenamiento, interfaces de comunicación y calidad de presentación de información al personal de operación y mantenimiento.

Junto con las mejoras propuestas en las áreas de flujo del proceso y eficiencia energética, deberá de hacerse una revisión y eventual replanteamiento consciente de los programas de control automático y las aplicaciones de visualización, para que correspondan con el conjunto de propuestas de mejoras.

Las funciones básicas del sistema de visualización y registro histórico (HMI/SCADA) existente deben de extenderse a nuevas alternativas de distribución, publicación y evaluación remota de la información del proceso a nivel intra-institucional, para su máximo aprovechamiento en disciplinas relacionadas como gerencia, producción, finanzas, planificación, medio ambiente, eficiencia energética, mantenimiento, etc. En este sentido se vislumbra el aprovechamiento de tecnologías informáticas de amplia aplicación actual, como por ejemplo visualización remota vía web, acceso a información por redes intranet y extranet y generación automática de reportes en tiempo real.

#### 8.3.1.5. EFICIENCIA ENERGÉTICA

Esta sección se compone de una memoria de cálculo en la que se detalla desde la estimación de eficiencias actuales para los sistemas de bombeo, la creación del modelo base con el cual se comparan los resultados de las medidas de eficiencia energética, hasta los procesos seguidos para realizar las evaluaciones de las medidas, presentando finalmente sus resultados. En otra sección se listan los equipos involucrados en las medidas de eficiencia energética organizados por áreas, para finalmente especificar los datos técnicos de los equipos a implementar como parte de las medidas evaluadas.

Se estima que mediante la sustitución de equipos la eficiencia del bombeo incrementaría, ya que las bombas que operan actualmente se han deteriorado y por ello operan deficientemente respecto de sus condiciones de fábrica. Cabe mencionar que además de poder realizar el bombeo con mayor eficiencia, la sustitución de equipos permite tener bombas de dimensiones más adecuadas al caudal que se desea suministrar en la planta. Se concluye que en efecto los equipos seleccionados aumentan la eficiencia del proceso de bombeo en EB2 y EB3.

Existe oportunidad de ahorro en la iluminación de las estaciones de bombeo, ya que actualmente se utilizan tecnologías ineficientes, además de que las luminarias actuales están deterioradas y requieren sustitución; esto hace que la medida sea recomendable para su implementación.

En base a los resultados obtenidos mediante la evaluación de las medidas mencionadas, en EB2 se estima un potencial de ahorro de aproximadamente 5.06% de la facturación global de la planta; se ha estimado para la nueva producción de 3 m<sup>3</sup>/s un ahorro anual en facturación de hasta \$259,682.4. El ahorro energético sería de aproximadamente 3,577.35 MWh. El valor comercial de dicho ahorro sería de \$644,082.53.

Para EB3 se estima un potencial de ahorro de aproximadamente 8.67% de la facturación global de la planta; se ha estimado para la nueva producción de 3 m<sup>3</sup>/s un ahorro anual en facturación de hasta \$460,700.9. El ahorro energético sería de aproximadamente 6,346.57 MWh. El valor comercial de dicho ahorro sería de \$1,142,665.94.

#### 8.3.1.6. CIVIL Y ARQUITECTURA

Los trabajos planteados dentro del capítulo de Obra Civil y Arquitectura en EB2 y EB3 son los siguientes:

- Construcción de la ampliación de Cuarto de Cuarto Eléctrico en EB2 y EB3.
- Obras de reparación en estructuras de concreto, como vigas paredes y entrepisos en el Cuarto de Control EB2 y EB3.
- Obras de reparación en estructuras metálicas.
- Obras de mantenimiento y restitución de instalaciones en general.
- Obra civil de cerramiento de la nave de EB2.
- Nueva nave de cubrición de los equipos de bombeo de EB3.

#### 8.3.2 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN NUEVO TANQUE DE AMORTIGUAMIENTO GOLPE DE ARIETE-TANQUE UNIDIRECCIONAL

Se realiza un acondicionamiento de la parcela mediante terraplenado con material procedente de préstamos para obtener la nivelación de la parcela requerida. Previo a este terraplenado se realizará una limpieza y descapote de la misma.

Posteriormente se plantea la ejecución de un tanque de chapa de acero con recubrimiento anti corrosión de 20 m<sup>2</sup> (diámetro de 5,331 m) de superficie en planta y 9 m de altura (con una altura de lámina de agua prevista de 8 m sobre la solera del depósito). Dispone de una cubierta de acero galvanizado que permite el acceso y la ventilación del mismo. La cimentación se resuelve directa mediante losa de hormigón armado colocada sobre un enchado de piedras según las especificaciones técnicas de montaje del tanque.

Complementando al tanque se propone la ejecución de conducciones para la operación del sistema:

- Conexión entre el citado nuevo depósito y la tubería de impelencia entre EB1 y EB2.
- Instalación de aliviado del depósito. A esta conducción se conecta la instalación de vaciado del depósito.
- Instalación de vaciado del depósito.

Finalmente, se proponen los elementos civiles que constituyen la urbanización del recinto:

- Valla perimetral: cerco perimetral de malla ciclón #11, con cuatro hilos de alambre de puas (incluye alambre razor) con postes de concreto de 15x15.
- Puerta de Acceso: portón metálico de 6 m de anchura.
- Zonas rellenas con grava: zonas de canalizaciones y cajas de válvulas. Sobre el terreno natural se extiende una capa de gravas de 10 cm.

### 8.3.3 INFORME FINAL DE TALLER DE MANTENIMIENTO

El diseño del Taller es para proporcionar los servicios de:

- Mecánica de banco.
- Electricidad y Automatización.
- Almacén de partes.

Para la para la adecuación de la bodega seleccionada se definieron las siguientes acciones:

- Sustitución de cubierta actual por una nueva aislante del calor y el ruido.
- Tratamiento y restauración de la estructura metálica de soporte actual.
- Reparación del piso de concreto.
- Suministro de un sistema de ventilación forzada.
- Sustitución y adecuación del sistema eléctrico.
- Dotación de sistemas de agua potable, aguas lluvias y aguas negras.
- Construcción civil dentro y fuera de las instalaciones para alojar los servicios que brindará el taller.
- Dotación de las herramientas y equipo adecuado, los cuales han sido identificados y listados.

- Dotación de vehículos apropiados para movilización oportuna del personal de mantenimiento y para traslado de herramientas y piezas de equipos de y hacia el Taller.

Por último, para que la operación del Taller cumpla con el cometido para el que ha sido diseñado se recomiendan las siguientes acciones:

- Crear una organización interna con jefatura y puestos auxiliares y técnicos con funciones y capacitaciones definidas.
- Elaborar un plan de mantenimiento de los equipos e instalaciones del taller, según lo recomienden los fabricantes y las buenas prácticas de mantenimiento.
- Elaboración de un Manual para la Seguridad industrial de los trabajadores, del cual se presenta una guía extractada.

---

#### 8.4. CONCLUSIONES Y VALORACIONES

---

##### 8.4.1. ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO EB2 Y EB3

El *Informe Final de Estudios y Diseños para la Rehabilitación de las Estaciones de Bombeo Eb2 y Eb3* desarrolla los trabajos necesarios para llevar a cabo las obras asociadas a Bombeos, Electricidad y Automatización de EB2 y EB3, dentro del contrato de consultoría “*Estudio y Diseño Final para la Rehabilitación de la Planta Potabilizadora de Las Pavas, Municipio de San Pablo Tacachico, Departamento de La Libertad, El Salvador (Segundo Proceso)*”.

Las actuaciones propuestas que se incluyen en el “Informe Final” son las que se enumeran a continuación:

- Sustitución de Equipos de Bombeo de EB2 y EB3.
- Sustitución de Calderería y Valvulería de EB2 y EB3
- Actuaciones asociadas a temas eléctricos de EB2 y EB3.
- Actuaciones asociadas a temas de automatismos de EB2 y EB3.



- Actuaciones asociadas a obras civiles de EB2 y EB3.

El plazo previsto para la ejecución de las obras es de TRECE (13) meses según se desprende del documento ANDALP-T-EB-D-019 Cronograma de Trabajo. El Monto Total del *Informe Final de Estudios y Diseños para la Rehabilitación de las Estaciones de Bombeo Eb2 y Eb3* se resume en la siguiente tabla:

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TOTAL
<b>01</b>	<b>ESTACIÓN DE BOMBEO EB2</b>	<b>\$9021,621.36</b>
01.01	EQUIPOS MECÁNICOS	\$3574,545.71
01.02	TUBERÍAS, VALVULERÍA Y CALDERERÍA	\$1242,279.64
01.03	ELECTRICIDAD <i>Tabla 2 Resumen de presupuesto general</i>	\$3761,553.30
01.04	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL	\$22,781.02
01.05	CIVILY ARQUITECTURA	\$156,669.57
01.06	VÁLVULAS DE AIRE Y DESAGÜES EN LINEAS DE IMPELENCIA	\$263,792.12
<b>02</b>	<b>ESTACIÓN DE BOMBEO EB3</b>	<b>\$9045,600.13</b>
02.01	EQUIPOS MECÁNICOS	\$3574,545.71
02.02	TUBERÍAS, VALVULERÍA Y CALDERERÍA	\$1273,698.72
02.03	NAVE CUBRICIÓN BOMBAS	\$91,703.03
02.04	ELECTRICIDAD	\$3762,453.30
02.05	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL	\$22,781.02
02.06	CIVIL Y ARQUITECTURA	\$148,933.61
02.07	VÁLVULAS DE AIRE Y DESAGÜES EN LINEAS DE IMPELENCIA	\$171,484.74
	<b>TOTAL SIN IVA</b>	<b>\$18067,221.49</b>
	<b>IVA 13%</b>	<b>\$2348,738.79</b>
	<b>TOTAL CON IVA</b>	<b>\$20415,960.28</b>

Tabla 10. Monto Total Bombeos, Electricidad y Automatización (EB2 y EB3)

#### 8.4.2. ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN NUEVO TANQUE DE AMORTIGUAMIENTO GOLPE DE ARIETE-TANQUE UNIDIRECCIONAL

El *Informe Final de Construcción de un nuevo Tanque de Amortiguamiento Golpe de Ariete (Tanque Unidireccional)* desarrolla los trabajos necesarios para llevar a cabo las obras necesarias para la construcción de un tanque de amortiguamiento del golpe de ariete y sus instalaciones complementarias, dentro del contrato de consultoría “*Estudio y Diseño Final para la Rehabilitación de la Planta Potabilizadora de Las Pavas, Municipio de San Pablo Tacachico, Departamento de La Libertad, El Salvador (Segundo Proceso)*”.

El plazo previsto para la ejecución de las obras es de CINCO (5) meses según se desprende del documento ANDALP-T-TU-D-015 Cronograma de Trabajo.

El Monto Total del *Informe Final de Estudios y Diseños para la Construcción de un nuevo Tanque de Amortiguamiento Golpe de Ariete (Tanque Unidireccional)* se resume en la siguiente tabla:

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TOTAL
01	ACONDICIONAMIENTO DE LA PARCELA	\$4.917,03
02	TANQUE	\$53.310,45
03	CONDUCCIONES Y VALVULERÍA	\$238.631,70
03.01	EXCAVACIONES Y RELLENOS ZANJAS	\$5.558,90
03.02	CAJAS DE VÁLVULAS	\$2.500,00
03.03	CONEXIÓN CON TUBERÍA DE IMPELENCIA	\$29.800,00
03.04	CONDUCCIÓN DE ADMISIÓN DE AGUA DESDE EL TANQUE DN-1200	\$151.765,60
03.05	CONDUCCIÓN DE LLENADO DEL TANQUE DN-300	\$27.094,52
03.06	CONDUCCIÓN DE ALIVIO DEL TANQUE DN-600	\$17.537,15
03.07	CONDUCCIÓN DE VACIADO DEL TANQUE DN-200	\$3.675,53
03.08	PRUEBAS SOBRE LAS TUBERÍAS	\$700,00
04	URBANIZACIÓN PARCELA	\$7.066,51
	<b>TOTAL SIN IVA</b>	<b>\$303.925,69</b>
	<b>IVA 13%</b>	<b>\$39.510,34</b>
	<b>TOTAL CON IVA</b>	<b>\$343.436,03</b>

Tabla 11. Monto Total Construcción de un nuevo Tanque de Amortiguamiento Golpe de Ariete

#### 8.4.3. INFORME FINAL DE TALLER DE MANTENIMIENTO

El Informe Final del Diseño de un Taller de Mantenimiento electromecánico para la planta de tratamiento de agua potable Las Pavas desarrolla los trabajos necesarios para llevar a cabo las obras necesarias para la adecuación de una bodega existente en Las Pavas y convertirla en el taller requerido, dentro del contrato de consultoría “Estudio y Diseño Final para la Rehabilitación de la Planta Potabilizadora de Las Pavas, Municipio de San Pablo Tacachico, Departamento de La Libertad, El Salvador (Segundo Proceso).

El plazo previsto para la ejecución de las obras es de TRES (3) meses según se presenta en el documento ANDALP-T-TM-D-010 Especificaciones Técnicas de Taller, numeral 9.

El Monto Total del Informe Final del Diseño de un Taller de Mantenimiento electromecánico para la planta de tratamiento de agua potable Las Pavas se resume en la siguiente tabla:

RESUMEN DEL PRESUPUESTO TALLER MECÁNICO		
No	CONCEPTO	SUB-TOTAL
1	COSTOS POR LA REHABILITACIÓN Y READECUACIÓN DE LA BODEGA No.1, CONOCIDA POR EX-UTE, PARA CONVERTIRLA EN TALLER DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO-MECÁNICO	\$507,192.43
2	COSTOS POR EL EQUIPAMIENTO DEL TALLER, LO QUE INCLUYE EL SUMINISTRO DE LA HERRAMIENTA Y EL EQUIPO PARA SU OPERACIÓN	\$220,273.32
3	<b>COSTO TOTAL US\$ IVA INCLUIDO</b>	<b>\$727,465.75</b>

Tabla 12. Monto Total para un Taller de Mantenimiento electromecánico para Las Pavas

## 8.5. RECOMENDACIONES

### 8.5.1. ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO EB2 Y EB3

Las principales recomendaciones que afectan a la documentación referente al *Informe Final de Estudios y Diseños para la Rehabilitación de las Estaciones de Bombeo EB2 y EB3* son las siguientes:

- Se recomienda se realice un protocolo de arranque de las bombas siguiendo las siguientes instrucciones básicas: “el arranque de las bombas se contempla con válvula parcialmente abierta, y apertura progresiva. Este planteamiento es debido a la importante potencia de los motores que desaconsejan bombear en vacío, ya que

existe el riesgo de provocar un cambio de estado “flash” en el agua, que afectaría a la bomba del mismo modo que una cavitación”.

- Se recomienda que se establezca un protocolo de mantenimiento de los equipos de bombeo y valvulería que permita alargar la vida útil de los mismos.

#### **8.5.2. ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN NUEVO TANQUE DE AMORTIGUAMIENTO GOLPE DE ARIETE-TANQUE UNIDIRECCIONAL**

Las principales recomendaciones que afectan a la documentación referente al *Informe Final de Estudios y Diseños para la Construcción de un nuevo Tanque de Amortiguamiento Golpe de Ariete (Tanque Unidireccional)* son las siguientes:

- Se recomienda se realicen visitas periódicas a la instalación para verificar principalmente el estado de la válvula flotador instalada en el sistema.
- Se recomienda que se establezca un protocolo de mantenimiento de la valvulería que permita alargar la vida útil de la mismas

#### **8.5.3. INFORME FINAL DE TALLER DE MANTENIMIENTO**

*Las principales recomendaciones que afectan a la documentación referente al Informe Final del Diseño de un Taller de Mantenimiento electromecánico para la planta de tratamiento de agua potable Las Pavas son las siguientes:*

- Crear una organización interna con jefatura y puestos auxiliares y técnicos con funciones y capacitaciones definidas de manera que se conozcan claramente las responsabilidades y resultados esperados del Taller.
- Elaborar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos e instalaciones del taller, según lo recomienden los fabricantes y las buenas prácticas de mantenimiento para lograr que la inversión efectuada y los beneficios del taller sean duraderos.
- Elaboración de un Manual para la Seguridad industrial de los trabajadores para evitar accidentes que afecten al personal, a los equipos en reparación, las instalaciones y por lo tanto, afecten a la producción de agua potable.

## 9. MONTO FINAL CON LAS ACTUACIONES INCLUIDAS EN LA ORDEN DE CAMBIO N°1

Se adjunta a continuación el monto final previsto para la ejecución de las obras incluyendo las obras del contrato original y las de la orden de cambio n°1.

<b>ITEM</b>	<b>COSTO</b>
ACTUACIONES EN EL RÍO LEMPA	\$9,189,672.12
ESTACIONES DE BOMBEO BOCATOMA Y EB1	\$11,796,592.25
PROCESOS PLANTA POTABILIZADORA	\$11,190,270.88
ELECTRICIDAD Y AUTOMATIZACIÓN PLANTA POTABILIZADORA	\$4,044,491.97
REHABILITACIÓN DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO EB2 Y EB3	\$20,415,960.28
TANQUE UNIDIRECCIONAL ANTIARIETE	\$343,436.03
TALLER MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICO	\$727,465.75
<b>TOTAL IVA INCLUIDO</b>	<b>\$57,707,889.28</b>

NOTA: ESTE ES EL IMPORTE PREVISTO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS. NO ESTÁ INCLUIDA LA SUPERVISIÓN DE LAS MISMAS.

## 10. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

Se adjunta un cronograma básico de ejecución que incluye los plazos de cada una de las obras en las que se ha dividido la obra total objeto de la presente consultoría.

ITEM	COSTO	MES1	MES2	MES3	MES4	MES5	MES6	MES7	MES8	MES9	MES10	MES11	MES12	MES13	
ACTUACIONES EN EL RIO LEMPA	\$9,189,672.12		██												
BOMBEO BOCATOMA Y EB1	\$11,796,592.25	██													
MEJORA PROCESOS PLANTA POTABILIZADORA	\$11,190,270.88	██													
ELETRICIDAD Y AUTOMATIZACIÓN PLANTA POTABILIZADORA	\$4,044,491.97	██													
REHABILITACIÓN ESTACIONES DE BOMBEO EB2 Y EB3	\$20,415,960.28	██													
TANQUE UNIDIRECCIONAL AMORTIGUAMIENTO GOLPE DE ARIETE	\$343,436.03									██					
TALLER MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICO	\$727,465.75									██					

## 11. CONCLUSIÓN FINAL

Se estima que en el presente Informe Ejecutivo se han sintetizado los aspectos más importantes de los productos esperados según los Términos de Referencia y la Orden de Cambio nº1 del “ESTUDIO Y DISEÑO FINAL PARA LA REHABILITACIÓN DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE LAS PAVAS, MUNICIPIO DE SAN PABLO TACACHICO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD, EL SALVADOR (SEGUNDO PROCESO)”.

Se está a disposición de la ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS (ANDA) para aclarar o completar cualquier aspecto de la Consultoría contenido en el presente Informe Ejecutivo.

San Salvador, 10 de Diciembre de 2013

UDP CONSORCIO VIELCA-EC CONSULTORES POTABILIZADORA LAS PAVAS

LOS AUTORES DEL DOCUMENTO

<b>Especialidad</b>	<b>Nombre del Autor</b>
Coordinador de la Consultoría	Ing. Alberto Vila
Especialista en Hidrogeología	Ing. Pablo Blanco
Especialista en Tratamiento de Aguas	Ing. Noelia Giner
Especialista en Hidráulica	Ing. Luis G. Sapiña
Especialista en Estructuras	Ing. Alejandro Belenguer
Especialista en Viabilidad Financiera	Ing. Vicente M. Candela
Especialista Eléctrico	Ing. Mauricio Gutiérrez
Especialista en Automatización	Ing. Alexander Guzmán
Especialista en Eficiencia Energética	Dr. Ing. Luis Aarón Martínez
Especialista en Civil y Arquitectura	Ing. Stanley Parada
Especialista Medio Ambiental	Ing. Oscar Armando Cristales
Especialista Medio Ambiental	Lic. William Orlando Vaquerano