

DISEÑO DEFINITIVO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE CALDERON

INFORME EJECUTIVO FINAL

Contenido

1.	ANTECEDENTES	1
2.	OBJETIVO Y ALCANCE	1
2.1	OBJETIVO GENERAL.....	1
2.2	ALCANCE DE LA CONSULTORÍA.....	1
3.	FASE 1 ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD	2
3.1	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN BÁSICA RELACIONADA CON EL PROYECTO	2
3.2	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	2
3.3	GEOLOGÍA Y GEOTECNIA.....	2
3.4	TRABAJOS DE TOPOGRAFÍA, CARTOGRAFÍA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)	2
3.5	ESTUDIOS DE TRATABILIDAD	3
3.7	ESTUDIO DE FITOPLANCTON Y PRESENCIA DE CIANOBACTERIAS EN EL AGUA	3
3.8	DETERMINACIÓN DE LA LÍNEA DE TRATAMIENTO Y DE LOS PARÁMETROS Y CRITERIOS DE DISEÑO	3
3.9	PREDISEÑO HIDRÁULICO SANITARIO DE LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO.....	4
3.9.1	Alternativa planta convencional	4
3.9.2	Alternativa planta de floculación lastrada.....	5
3.9.3	Control de cianobacterias y sus derivados	5
3.9.4	Sistema de tratamiento de lodos.	6
3.9.5	Edificaciones.....	6
3.9.6	Trabajos que forma parte de los prediseños.....	6
3.9.7	Presupuesto.....	6
3.9.8	Priorización de las alternativas	7
3.9.9	Conclusiones y Recomendaciones	8
4.	FASE 2: ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD.....	9
4.1	LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS DE DETALLE	9
4.1.1	Alcance.....	9
4.1.2	Área del Estudio	9
4.2	ESTUDIOS GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS	11
4.2.1	Objetivo.....	11
4.2.2	Descripción general del sitio	11
4.2.3	Trabajos ejecutados.....	11



4.3	ESTUDIO DE TRATABILIDAD.....	11
4.3.1	Presencia de cianobacterias.....	11
4.3.2	Tratabilidad.....	13
4.4	DISEÑOS HIDRÁULICOS SANITARIOS	13
4.4.1	Parámetros de diseño.....	14
4.4.2	Unidades de tratamiento de agua.....	14
4.5	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LODOS.....	15
4.5.1	Introducción	15
4.5.2	Proceso de tratamiento.....	15
4.6	DISEÑOS ESTRUCTURALES	15
4.6.1	Introducción.	15
4.6.2	Consideraciones Generales.....	16
4.7	EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS, ELÉCTRICOS, INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL, COMUNICACIONES	17
4.7.1	Sistema eléctrico	17
4.7.2	Automatización	17
4.8	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA, IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.	17
4.9	PRESUPUESTO GENERAL	18
4.10	EVALUACIÓN FINANCIERA Y SOCIO ECONÓMICA	18
4.10.1	Resultados de la Evaluación Financiera Sin y Con Financiamiento	19
4.10.2	Resultados de la Evaluación Económica.....	19
4.10.3	Conclusiones	20
5.	FASE 3 DISEÑO DEFINITIVO	20
5.1	CARTOGRAFIA Y TOPOGRAFÍA.....	20
5.2	GEOLOGÍA Y GEOTECNIA	21
5.2.1	Objetivo.....	21
5.2.2	Conclusiones y recomendaciones	21
5.3	ESTUDIO DE TRATABILIDAD.....	22
5.3.1	Presencia de cianobacterias.....	22
5.3.2	Tratabilidad.....	23
5.4	DISEÑOS HIDRÁULICOS SANITARIOS	24
5.4.1	Cálculos hidráulicos planta de tratamiento de agua potable.....	24
5.4.2	Parámetros de diseño.....	24
5.4.3	Unidades de tratamiento de agua.....	25
5.4.4	Reservorio de agua.....	28
5.4.5	Dosificación de productos químicos.- Coagulante, ayudante de coagulación, carbón activado en polvo (PAC).....	28



5.5	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA	29
5.6	DISEÑOS MECANICOS.....	29
5.6.1	Objetivo.....	29
5.6.2	Alcance.....	29
5.6.3	Requerimientos – normativa aplicable.....	29
5.6.4	Agitador para floculadores.....	31
5.7	ALCANTARILLADOS	31
5.7.1	Objetivo.....	31
5.7.2	Sistema Sanitario.....	31
5.7.3	Sistema Pluvial	31
5.7.4	Introducción	32
5.8	DISEÑO ARQUITECTÓNICO DE LAS EDIFICACIONES	33
5.9	DISEÑOS ESTRUCTURALES	35
5.9.1	Objetivo.....	35
5.10	EQUIPOS ELECTROMECHANICOS, ELECTRICOS, INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL, COMUNICACIONES	37
5.10.1	Sistema eléctrico	37
5.10.2	Automatización y control.....	39
5.10.3	Comunicaciones	41
5.11	VÍA DE ACCESO.....	43
5.12	PAISAJISMO	43
5.13	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA, IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.	44
5.14	SOCIALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	45
5.15	VULNERABILIDAD Y RIESGOS	46
5.15.1	Objetivos.....	46
5.15.2	Identificación de peligros (hazards)	46
5.15.3	Conclusiones y recomendaciones	47
5.19	JUSTIFICACION DE PRECIOS, PRESUPUESTO Y REAJUSTE DE PRECIOS.....	47
5.20	EVALUACIÓN FINANCIERA Y SOCIO ECONÓMICA	49
5.20.1	Resultados de la Evaluación Financiera sin y con Financiamiento.....	49
5.20.2	Resultados de la Evaluación Económica	50
5.20.3	Periodo de Recuperación de la Inversión	50
5.20.4	Punto de Equilibrio.....	51
5.20.5	Análisis de Sensibilidad	53
5.20.6	Conclusiones	54
5.21	PLAN DE OBRAS.....	55



5.22	MANUALES DE SEGURIDAD.....	56
5.23	EXPROPIACIONES, AFECTACIONES Y REPOSICIONES	56
5.24	PRUEBA Y PUESTA EN MARCHA.....	56
5.25.1	Pruebas de equipos.....	56
5.25.2	Puesta en marcha de la planta	56
5.26	VOLUMENES DE OBRA	60
5.27	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	61
5.27.1	Generalidades	61
5.27.2	Alcance.....	61
5.28	PLANOS	61
5.29	VIDEO	61

GRAFICOS

Gráfico 1 Dolichospermum en agua cruda y tratada PTAP Bellavista	3
--	---

CUADROS

Cuadro 1 Resumen de presupuestos	7
Cuadro 2 Resumen de priorización de las alternativas analizadas	7
Cuadro 3 Coordenadas Planta de Tratamiento de Agua Potable de Calderón	9
Cuadro 7 Resumen de presupuesto	18
Cuadro 10 Resumen de Resultados de Evaluación Financiera con financiamiento.....	19
Cuadro 11 Resumen de la Evaluación Económica.....	19
Cuadro 16 - Resumen de presupuesto por etapas.....	48
Cuadro 17 Resumen de Resultados de Evaluación Financiera sin financiamiento.....	50
Cuadro 18 Resumen de Resultados de Evaluación Financiera con financiamiento.....	50
Cuadro 21 Información para estimar el punto de Equilibrio.....	52
Cuadro 22 Análisis de sensibilidad proyecto de Agua Potable Calderón.....	54

TABLAS

Tabla 3 “Requerimientos para diseño de las compuertas”	30
Tabla 5 Determinación de lodo seco	32
Tabla 6 Producción de lodos segunda etapa	32

FIGURAS

Figura 1 Ubicación del área para la Planta de Tratamiento de Calderón.....	10
Figura 7 Diagrama de bloques	42

No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.



DISEÑO DEFINITIVO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE CALDERON

INFORME EJECUTIVO FINAL

DISEÑO DEFINITIVO

1. ANTECEDENTES

En el año 2010 la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS) desarrolló la actualización del Plan Maestro Integrado de Agua Potable y Alcantarillado (PM), el mismo que estableció estrategias de desarrollo de los sistemas a corto, mediano y largo plazo, que permitirán garantizar el abastecimiento de agua potable para el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) para las demandas del año 2040. La EPMAPS realizó el proceso para efectuar los Diseños Definitivos de la PTAP de Calderón, con el fin de garantizar el abastecimiento de agua potable al DM de Quito, ante la creciente demanda del servicio en el área de influencia del proyecto para lo cual contrató la consultoría No. CPC-EPMAPS-04-2017, con la empresa CORPCONSUL Cía. Ltda.

2. OBJETIVO Y ALCANCE

2.1 OBJETIVO GENERAL

Obtener los estudios, diseños definitivos, planos, especificaciones y todo documento necesario para construir la PTAP Calderón con una capacidad de 1.300 l/s, considerando dos módulos cada uno para tratar 650 l/s, que puedan ser construidos individualmente o al mismo tiempo de acuerdo a lo que decida la Empresa en función de los recursos disponibles.

A más de los diseños definitivos de los módulos de tratamiento correspondientes, se deberá realizar los diseños definitivos de todas las obras anexas como edificaciones necesarias, las reservas de agua cruda y/o tratada considerando la capacidad requerida para cubrir situaciones de emergencia como la producida por una eventual suspensión del abastecimiento de agua cruda, las instalaciones para el tratamiento de los efluentes producto de la limpieza de las unidades de tratamiento, accesos e interconexiones.

2.2 ALCANCE DE LA CONSULTORÍA

El estudio se realizará en tres Fases, con un plazo de 365 días calendario, 105 para la primera, 120 días para la segunda y 140 días para la tercera; en todos los casos se incluyen los tiempos de revisión y corrección de informes, así como para el informe final provisional en la última Fase.

Las Fases que componen el estudio son:

- Fase 1: "Estudios de Prefactibilidad";
- Fase 2: "Estudios de Factibilidad"; y,

- Fase 3: "Diseños Definitivos".

3. FASE 1 ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD

Los estudios de prefactibilidad que fueron aprobados por la EPMAPS se desarrollaron a partir de las siguientes actividades:

3.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN BÁSICA RELACIONADA CON EL PROYECTO

Se recopiló y analizó la información facilitada por la EPMAPS.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Para la fase de prefactibilidad se ha establecido un área para la PTAP de Calderón, que se ubicará en la zona norte de la ciudad de Quito, en la parroquia de Calderón, sector de San Juan de Calderón Alto, preliminarmente entre las cotas 2.861 y 2.877 msnm.

3.3 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

Se determinó la Unidad litoestratigráfica y el Mapa de Geología Local.

En las perforaciones y calicatas, se definen estratos de arenas limpias (SW/SP), arenas finas (SM) y de manera puntual limos inorgánicos (ML).

Como resultado de los ensayos SPT, se obtuvo un valor medio que permitió clasificar al terreno como tipo D, con los siguientes coeficientes de clasificación del suelo: $F_a = 1.2$, $F_d = 1.19$ y $F_s = 1.28$. Las profundidades de los SPT ejecutados no alcanzaron en ningún caso la cota de cimentación propuesta para la planta de tratamiento y tanque de agua, ya que se tuvo rechazo entre los 3.65 y 4.65m, considerando que la profundidad de excavación planteada para la implantación de estas obras se encuentra entre 4.30 y 7.60m.

3.4 TRABAJOS DE TOPOGRAFÍA, CARTOGRAFÍA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

La EPMAPS proporcionó a la Consultora, la topografía de la zona de la planta con curvas de nivel cada metro, levantamiento que estuvo a cargo de las empresas GEOCAM Ingeniería Ltda. y ALTITUM, por el contrato de INGECONSUL Cía. Ltda. con la Empresa. El objetivo general fue realizar el levantamiento topográfico mediante tecnología de LIDAR aéreo, sobre una zona previamente definida de aproximadamente 3052 hectáreas, donde se proyectan los estudios para el proyecto de consultoría "Diseños Definitivos De La Línea De Transmisión Paluguillo – Bellavista"; con las especificaciones establecidas para el nivel de escala de levantamiento 1:1000. Sobre esta topografía, la Consultora realizó los diseños a nivel de prefactibilidad.

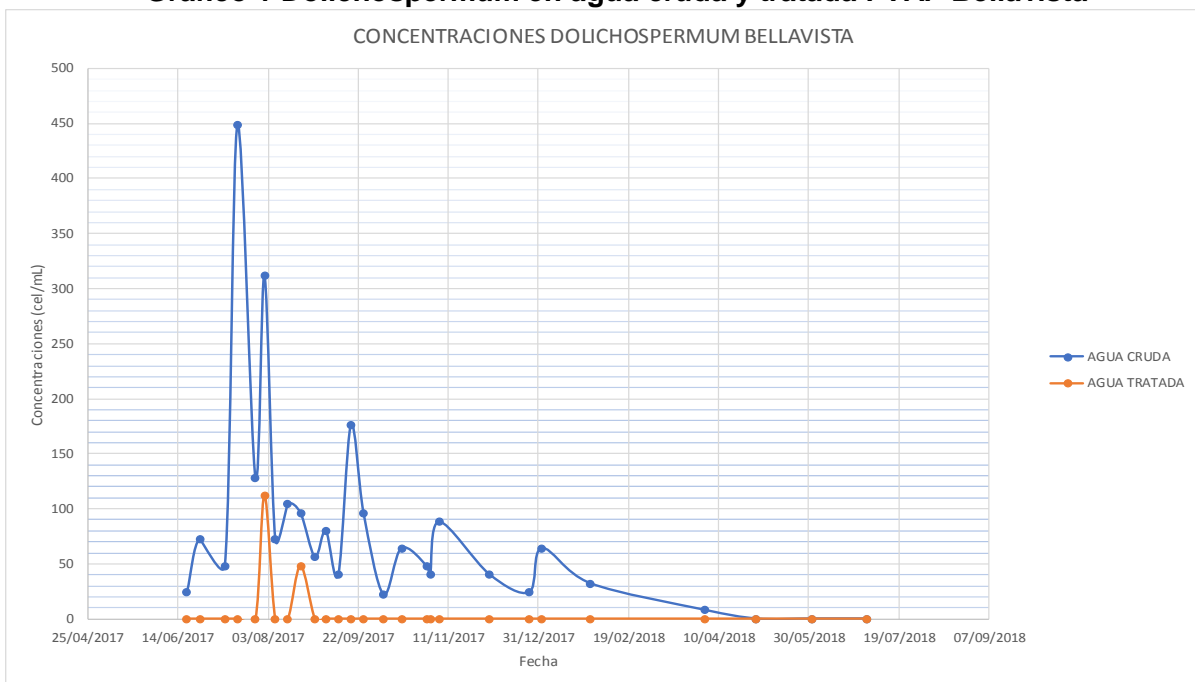
3.5 ESTUDIOS DE TRATABILIDAD

La EPMAPS proporcionó a la Consultora información sobre calidad de agua cruda que ingresa a la planta de tratamiento de Bellavista y que será la misma que para la planta de Calderón. De los análisis realizados en el agua cruda, se puede decir que las aguas que llegarán a la planta, en general, tendrán una calidad de sus características químicas buenas, con excepción del contenido de hierro. Sus características físicas son aceptables a nivel de fuente de abastecimiento, debiendo tomarse en cuenta que la turbiedad puede ser variable desde valores bajos y menores a 1, hasta valores mayores a 8 NTU y color de más de 40 UC, concluyéndose la necesidad de construir una planta de tratamiento.

3.7 ESTUDIO DE FITOPLANCTON Y PRESENCIA DE CIANOBACTERIAS EN EL AGUA

La EPMAPS, a través de monitoreo del agua cruda que llega a Bellavista determinó la presencia de la cianobacteria *Dolichospermum*. En el Gráfico N° 1 se muestra la presencia de *Dolichospermum* en agua cruda y tratada PTAP Bellavista.

Gráfico 1 Dolichospermum en agua cruda y tratada PTAP Bellavista



Fuente: EPMAPS, Elaborado: CORPCONSUL Cía. Ltda

3.8 DETERMINACIÓN DE LA LÍNEA DE TRATAMIENTO Y DE LOS PARÁMETROS Y CRITERIOS DE DISEÑO

Sobre la base de la calidad del agua cruda y las pruebas de tratabilidad, se determinó que la línea de tratamiento a utilizarse corresponde a una planta de tratamiento completa, con los procesos de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección, con las correspondientes facilidades para poder trabajar con la tecnología de filtración directa cuando

la calidad del agua lo permita.

Al ingreso de la planta se ha previsto un reservorio de agua cruda para 24.780 m³ de capacidad en dos celdas e igualmente luego de la planta de tratamiento está previsto un tanque de reserva de agua potable para 20.160m³ de capacidad en dos celdas.

En lo referente a la presencia de cianobacterias y micro algas, se prediseñó elementos para la remoción de las cianobacterias y para la eliminación de las sustancias disueltas (metabolitos: cianotoxinas, geosmina, metaisoborneol (MIB)) liberados por aquellas.

3.9 PREDISEÑO HIDRÁULICO SANITARIO DE LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO

Se realizó los prediseños de dos alternativas de tratamiento:

3.9.1 Alternativa planta convencional

Una línea desde el reservorio de agua cruda hasta el único ingreso y medición general de la planta de tratamiento.

Dos ramales de distribución de agua coagulada que cada uno dirige su caudal hacia la filtración directa y hacia los módulos de tratamiento.

Cada uno de los cuatro módulos de tratamiento está conformado por floculadores mecánicos, sedimentadores de alta tasa, filtros duales y cámara de contacto de cloro. Los módulos indicados podrán operar de manera independiente cada uno.

La planta tiene la siguiente conformación:

- Ingreso y medición: válvula de mariposa y medidor electromagnético.
- Mezcla rápida: a base de mezclador estático, con sitios de aplicación para coagulante y carbón activado en polvo.
- Múltiple distribuidor de agua coagulada: Con mezclador para aplicación de floculante y realiza la distribución de agua coagulada a los floculadores.
- Floculación: seis unidades de floculación por lado, cada una conformada por 4 cámaras con agitadores mecánicos de eje vertical con dos brazos de 4 paletas, para procesar 108,33 l/s.
- Sedimentación: Con placas inclinadas a 60° con dimensiones de 2,44m x 1,22 m x 3 mm y 5 cm de separación entre ellas. Los sedimentadores tienen una capacidad de tratamiento de 108,33 l/s cada uno y serán 6 unidades por lado.
- Filtración: Seis filtros de flujo descendente y tasa declinante escalonada, de lecho doble: arena con 0,30 m de espesor y antracita con 0,45 m de espesor, con fondos falsos tipo Leopold.
- Tanque de contacto: 1 tanque por módulo de tratamiento con un total de 4 tanques de contacto de cloro, para un tiempo de contacto de 22,97 minutos.

3.9.2 Alternativa planta de floculación lastrada

Esta alternativa que utiliza una tecnología de floculación lastrada mediante la recirculación del lodo procedente de un tanque de clarificación – espesamiento a la zona de floculación, difiere de la convencional únicamente en lo que respecta a floculadores y sedimentadores, ya que estas unidades son reemplazadas por floculadores de alta energía y clarificadores de contacto de sólidos con espesador de lodos integrado dentro de la unidad.

El dimensionamiento del floculador de alta energía se ha hecho de acuerdo a las recomendaciones de Degremont expuestas en el manual y siguiendo el procedimiento para el cálculo de los floculadores de turbina que se encuentran en cualquiera de los libros técnicos mencionados con anterioridad.

El proceso aplica una recirculación de sólidos para desarrollar una suspensión de floculación densa, pero difiere de los procesos de floculación lastrada tradicionales en que no se usa micro de arena, granate o magnetita. Un coagulante se agrega al agua para producir las reacciones de coagulación inicial antes de la introducción a una cámara de mezcla donde se encuentra el agua coagulada en contacto con sólidos que se reciclan desde un depósito de clarificación aguas abajo, que proporciona tanto clarificación como espesamiento.

La planta tiene la siguiente conformación:

- Ingreso y medición: válvula de mariposa y medidor electromagnético
- Mezcla rápida: a base de mezclador estático, con sitios de aplicación para coagulante y carbón activado en polvo.
- Múltiple distribuidor de agua coagulada: Con mezclador para aplicación de floculante y realiza la distribución de agua coagulada a los floculadores.
- Floculación: En una segunda zona, el agua coagulada es enviada en contacto con el agente floculante y los lodos recirculados espesados provenientes de la zona se sedimentación/espesamiento. El lodo recirculado acelera el proceso de floculación y asegura un floc denso y homogéneo. El proceso se efectúa en cuatro reactores por módulo con agitador tipo turbina.
- Sedimentación: Con placas inclinadas a 60° con dimensiones de 2,44m x 1,22 m x 3 mm y 5 cm de separación entre ellas. Los sedimentadores tienen una capacidad de tratamiento de 108/,33 l/s cada uno y serán 6 unidades por lado.
- Filtración: Seis filtros de flujo descendente y tasa declinante escalonada, de lecho doble: arena con 0,30 m de espesor y antracita con 0,45 m de espesor, con fondos falsos tipo Leopold.

Tanque de contacto: 1 tanque por módulo de tratamiento con un total de 4 tanques de contacto de cloro, de contacto de 22,97 minutos.

3.9.3 Control de cianobacterias y sus derivados

Para el control de cianobacterias se ha previsto la instalación de un equipo de ultrasonido en

cada una de las unidades del reservorio de agua cruda.

A manera de prevención, en caso de que se presenten cianotoxinas, producidas por las cianobacterias no controladas por el equipo de ultrasonido, se ha prevista la dosificación de carbón activado en polvo en el mismo sitio en el que se aplicará el sulfato de aluminio.

3.9.4 Sistema de tratamiento de lodos.

Los efluentes de lodos de la planta de tratamiento de agua potable se enviara por separado los provenientes del lavado de filtros y los provenientes de los sedimentadores.

El agua de los tratamientos ingresará inicialmente a un sedimentador, luego a un espesador por flotación y de éste a un sistema de deshidratación de tornillos prensa y luego se almacenan los lodos en un área de lodos deshidratados.

3.9.5 Edificaciones

Se realizó el prediseño de las siguientes edificaciones:

- EDIFICIO ADMINISTRACION Y LABORATORIO
- EDIFICIO DE DOSIFICACION Y BODEGAS
- AREA PARA DESECHOS
- EDIFICIO DE DOSIFICACION Y BODEGAS DE CILINDROS DED CLORO
- AREA DE TRATAMIENTO DE LODOS
- ÁREA DE SOPLADORES
- CAMARA DE GENERACION Y TRANSFORMADOR
- CASETA DE GUARDIANÍA

3.9.6 Trabajos que forma parte de los prediseños

Se realizó los prediseños de los siguientes sistemas:

Sistema de alcantarillado sanitario, aguas lluvias y de procesos y sistema de desinfección en el cual se analizó el sistema de desinfección de agua por cloro gas y el de aplicación de hipoclorito de sodio y se seleccionó la utilización del primero.

3.9.7 Presupuesto

Se presenta en el Cuadro N° 1, el Resumen del presupuesto de las alternativas.

Cuadro 1 Resumen de presupuestos
PLANTA DE TRATAMIENTO CON TRATAMIENTO CONVENCIONAL

Ítem	Rubro	Unidad	Precio
			Unitario
1	Obras Civiles	Gbl.	9.436.813,27
2	Equipamiento	Gbl.	6.304.851,95
3	Instalaciones Eléctricas, Automatización y Control	Gbl.	1.574.500,00
4	Estudios Ambientales	Gbl.	13.380,00
	IMPREVISTOS (10%)		866.477,26
		TOTAL	\$ 18.196.022,49

PLANTA DE TRATAMIENTO CON FLOCULACION LASTRADA

Ítem	Rubro	Unidad	Precio
			Unitario
1	Obras Civiles	Gbl.	7.844.237,56
2	Equipamiento	Gbl.	5.597.027,67
3	Instalaciones Eléctricas, Automatización y Control	Gbl.	1.574.500,00
4	Estudios Ambientales	Gbl.	10.380,00
	IMPREVISTOS (10%)		751.307,26
		TOTAL	\$ 15.777.452,48

3.9.8 Priorización de las alternativas

Se consideró los aspectos técnicos, económicos, ambientales y sociales de las alternativas planteadas y se procedió a realizar la jerarquización de estos ámbitos, mediante una comparación entre ellos, como un Proceso Analítico Jerárquico (PAJ). El resultado se presenta en el Cuadro N° 2 Resumen de priorización de las alternativas analizadas

Cuadro 2 Resumen de priorización de las alternativas analizadas

CALIFICACION Y PRIORIDAD				
No	ALTERNATIVA	FACTOR	CALIFICACIÓN	PRIORIDAD
Alternativas Planta de Tratamiento de Calderón				
1	Alternativa 1	Puntos. Ponderado	187.56	1
2	Alternativa 2	Puntos. Ponderado	158.48	2

Elaborado: Corpconsul

Como se puede apreciar en el Cuadro No. 2, la primera prioridad de implementación del proyecto corresponde a la alternativa 1, la misma que utilizará una tecnología de tratamiento tipo convencional.

3.9.9 Conclusiones y Recomendaciones

Como resultado del desarrollo de la primera fase de los estudios se establecen las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- Las muestras de agua para las pruebas de tratabilidad y los informes de calidad de agua cruda que abastecerá a la planta de tratamiento de agua potable de Calderón, determinan que existe poca variación respecto de la calidad físico química.
- Los reportes de calidad del agua tratada, demuestran que la línea de tratamiento en la Planta de tratamiento de Bellavista existente es adecuada, por tanto, la Consultora determinó en la línea de tratamiento el sistema convencional y una variación al mismo, especialmente en la parte de floculación.
- Los reportes de agua cruda determinan que la calidad de agua cruda es bastante buena.
- La línea de tratamiento definida por la Consultora ha considerado la calidad del agua cruda y sus variaciones y la norma vigente sobre las condiciones que debe cumplir el agua potable.
- Los reportes de la presencia de cianobacterias en el agua cruda que llega a las plantas de tratamiento de Bellavista y Paluguillo, tiene dos instantes: i) antes de la instalación de los equipos de control por ultrasonido en la presa Salve Faccha y ii) después de la instalación de los equipos de ultrasonido en la presa. La segunda condición determina que se controla eficientemente las cianobacterias en el origen.
- La Consultora para la presente Fase, considerando que, el tiempo de funcionamiento de los equipos de ultrasonido en la presa Salve Faccha es aun corto, determinó la necesidad de instalar equipos de características similares en los reservorios agua cruda de la planta de tratamiento de Calderón.
- La Consultora en la fase de factibilidad realizará dos estudios de tratabilidad adicionales, a fin de verificar las condiciones de agua cruda y las hipótesis de tratamiento de la fase de prefactibilidad.
- En la fase de factibilidad se continuara con los estudios de cianobacterias.
- Los parámetros de diseño empleados en el prediseño de la ampliación de la planta pueden ser modificados, de acuerdo a los resultados de las nuevas pruebas de tratabilidad.
- El análisis realizado para la PRIORIZACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE LA PTAP DE CALDERÓN determina que la Alternativa 1 (tecnología de tratamiento convencional) es la más adecuada para el proyecto, por tanto la Consultora recomienda a la EPMAPS, la adopción de ésta, para la realización de las siguientes fases del proyecto: factibilidad y diseño definitivo y posterior ejecución.

4. FASE 2: ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD

4.1 LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS DE DETALLE

4.1.1 Alcance

El Alcance para esta Fase 2, es realizar los trabajos topográficos que complementen aquellos de la Fase 1 Prefactibilidad, y el polígono para el diseño de la línea que servirá de emisario de las aguas lluvias y de aguas de consumo doméstico de la planta.

4.1.2 Área del Estudio

Se ha establecido un área para la PTAP de Calderón entre las cotas 2.861 y 2.877 msnm. Las coordenadas del sitio para la PTAP de Calderón están en el Cuadro N° 3, presentado a continuación:

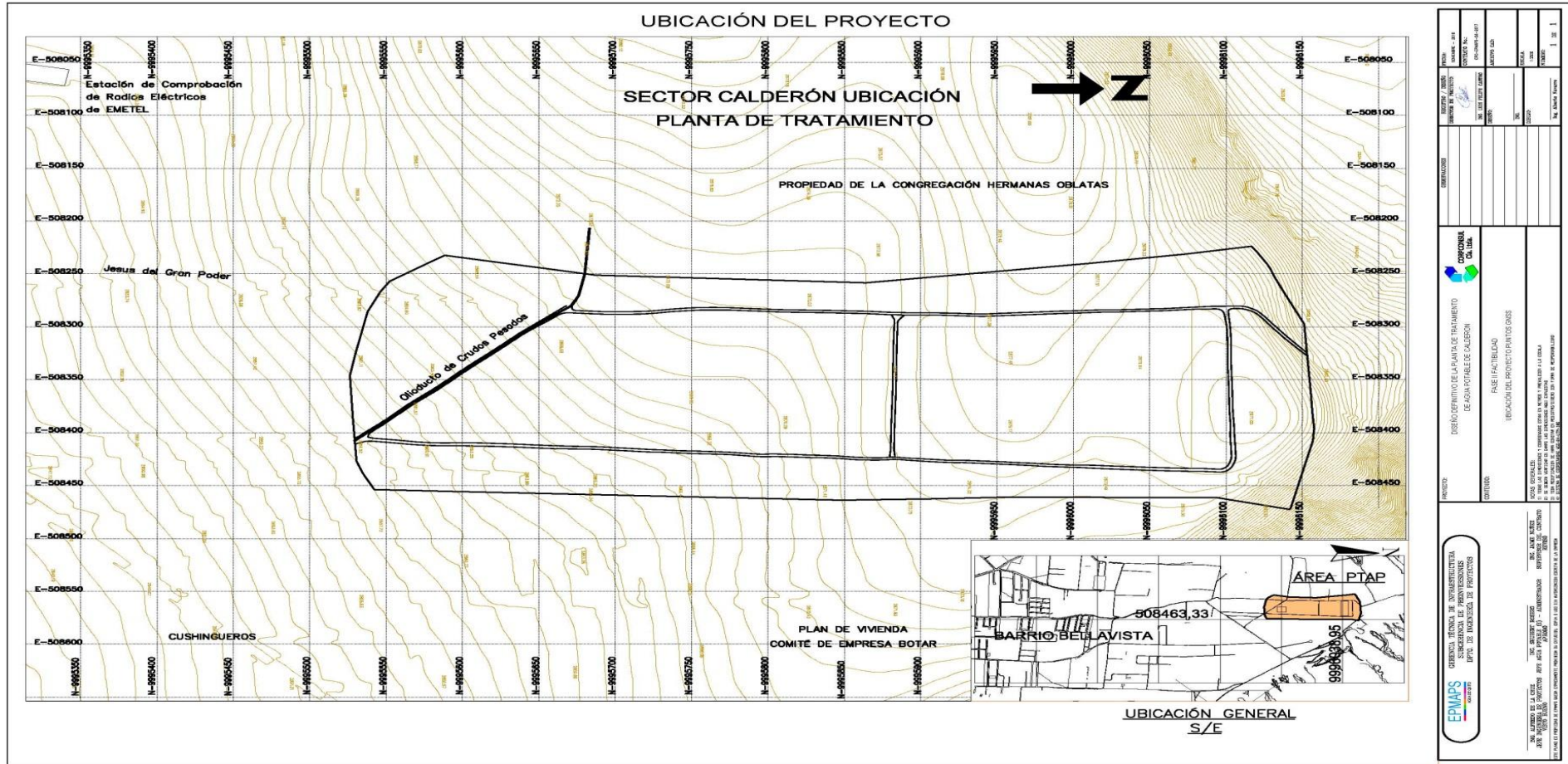
Cuadro 3 Coordenadas Planta de Tratamiento de Agua Potable de Calderón

Punto	Este (m)	Norte (m)
1	508.282,89	9 996.099,92
2	508.433,97	9 996 102,71
3	508.286,79	9 995.661,59
4	508.406,12	9 995.537,02

Elaborado: Consultora

En la Figura N°1 se presenta la ubicación de la planta de tratamiento en el terreno de San Juan de Calderón Alto.

Figura 1 Ubicación del área para la Planta de Tratamiento de Calderón



4.2 ESTUDIOS GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS

4.2.1 Objetivo

El objetivo de la presente fase del estudio, es disponer de información geomecánica de los estratos de suelo/roca, a ser utilizada en los diseños de las estructuras de la PATP Calderón.

4.2.2 Descripción general del sitio

El área de estudio es plana a ligeramente inclinada hacia el sur, al norte se visualizan colinas bajas alargadas, cubierta por estratos de rocas volcánicas depositadas sobre la superficie pre-existente.

En el área de influencia directa de la planta de tratamiento, se evidencia procesos de erosión natural y antrópica, no se evidencian procesos de remoción en masa.

El eje del colector desde la PTAP Calderón hasta San Juan de Calderón, atraviesa por un superficie plana a ligeramente inclinada, al oriente. Los procesos de erosión hídrica afectan a las vías lastradas de ingreso a la PTAP. Se presenta la Foto N°1 Vía de acceso desde San Juan de Calderón a la PTAP Calderón, se observan surcos en el costado de la calzada.

4.2.3 Trabajos ejecutados

Los trabajos en la presente fase, comprende investigaciones de campo, toma de muestras, análisis en laboratorio e informe.

En las perforaciones se efectuaron ensayos de penetración estándar (SPT) con el propósito de realizar ensayos de compresión simple y cortes directos.

De las excavaciones a cielo abierto (calicatas), se extrajeron muestras de cada facie, se realizó densidades de campo y se obtuvieron muestras para cortes directos UU.

4.3 ESTUDIO DE TRATABILIDAD

4.3.1 Presencia de cianobacterias

Con el fin de actualizar la información, la Consultora, en la fase de factibilidad, realizó la toma de dos muestras y el respectivo análisis sobre la presencia de cianobacterias que son:

Conclusiones sobre las muestras:

- No se encontró un número significativo de CYANOPHYTAS o cianobacterias.
- Se encontró un número de organismos por mililitro de los géneros *Oscillatoria*, *Anabaena*, *Gomphosphaeria* pertenecientes a las cianobacterias.

- Los organismos más predominantes son de la división CHLOROPHYTA el cual abarca el porcentaje más alto de todos los organismos encontrados.
- La coloración del agua se verdosa por la alta presencia de CHLOROPHYTAS.
- Existe una biodiversidad considerable por la amplia variedad de géneros de algas encontrados.

Conclusiones generales

Del análisis de la información proporcionada por la EPMAPS, sobre la presencia de cianobacterias en el agua cruda de la presa Salve Faccha, y los tres análisis realizados por CORPCONSUL, se puede determinar lo siguiente:

- La presencia de cianobacterias en el agua de abastecimiento a las plantas se dio de manera inesperada y se determinó que la producción de los microorganismos es en la presa Salve Faccha,
- La presencia de cianobacterias en el agua cruda de la presa Salve Faccha tiene diferentes comportamientos respecto a ubicación y profundidad, según los sitios de muestreo.
- La presencia de las cianobacterias es variable en el tiempo, en el tipo o género y en la concentración.
- Según la información de la EPMAPS, desde junio 2017 hasta abril 2018 se registra presencia de cianobacterias en el agua cruda de ingreso a las PTAPs y desde mayo hasta julio 2018 no se registra su presencia en el agua cruda de ingreso, coincidiendo con la puesta en operación del sistema de control por ultrasonido implementado por la EPMAPS en la presa Salve Faccha. Esto nos determina que el sistema implementado es efectivo en el control de estos microorganismos, sin embargo, de lo cual deberá seguir monitoreándose en origen.
- De acuerdo a los análisis realizados por la Consultora en las muestras tomadas a la entrada a la Planta de Tratamiento de Bellavista, el 27 de septiembre y el 7 de noviembre de 2018, existe presencia de cianobacterias de género diferente a las determinadas en sus análisis por la EPMAPS, sin embargo la presencia de las mismas no inciden en la calidad del agua cruda.

Recomendaciones

- Realizar monitoreo periódico sobre la presencia de cianobacterias en la fuente, al ingreso de las plantas de tratamiento y en los procesos de tratamiento de las plantas.
- Aplicar las medidas y soluciones propuestas por la consultora como parte de los procesos de seguridad para prevenir la afectación por cianobacterias/cianotoxinas.
- Establecer un sistema de comunicación entre las fuentes y las plantas de tratamiento con alerta sobre la presencia de cianobacterias en el agua que se conduce hacia las plantas, que permita en las mismas, implementar de inmediato las medidas de tratamiento previstas.

4.3.2 Tratabilidad

Se presenta un resumen de las conclusiones de las pruebas de tratabilidad efectuadas en la Fase 2 Factibilidad:

4.3.2.1 Tercera Campaña de tratabilidad CORPCONSUL

El 9 de septiembre de 2018 se realizó la tercera campaña de tratabilidad sobre una muestra tomada a la entrada a los reservorios de agua cruda en la planta de tratamiento de Bellavista cuyas conclusiones son:

Conclusiones

- Debido a que los porcentajes de remoción de color y turbiedad son similares con las dosis de 50 y 55 mg/l de sulfato de aluminio, se consideró utilizar como dosis óptima de coagulante 50 mg/l y dosis óptima de floculante 0,15 mg/l.
- Mediante la adición de polímero, se observa un ligero incremento en el tamaño de floc.
- De acuerdo a los resultados, el tiempo óptimo en que se debería dosificar el polímero es entre 1 y 2 minutos a partir del inicio de la mezcla lenta, obteniéndose una turbiedad residual de 0,46 NTU (porcentaje de remoción: 89%) y color residual de 3 UC Pt-Co (porcentaje de remoción: 88%).
- En base a los resultados de pruebas anteriores, se optó por escoger como tiempo óptimo para la dosificación de coagulante 2 minutos del inicio de la mezcla rápida.
- De acuerdo a los resultados obtenidos, en la curva de gradiente de velocidad, obtenida a partir de la turbiedad residual versus tiempo de floculación, se puede observar que las curvas más bajas son las correspondiente al gradiente de 80 s^{-1} con un tiempo de floculación de 27 mín y al gradiente de 60 s^{-1} con un tiempo de floculación de 33 mín.
- En la curva de turbiedad versus gradiente, se puede observar los gradientes de velocidad con los que cada tiempo de retención se optimiza.
- De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede observar que la velocidad con la que se conseguiría turbiedades residuales menores a 1 puede ser de hasta 0,050 cm/s.
- La velocidad con la se consigue la máxima eficiencia remocional es de 0,010 cm/s.
- La selección de la tasa de sedimentación se podrá elegir de acuerdo a la turbiedad deseada del efluente y el uso de la curva de sedimentación.
- Se determinó la cantidad de lodo formado en el ensayo, cuyo valor es de 3,5 ml por litro de agua.

4.4 DISEÑOS HIDRÁULICOS SANITARIOS

Una vez que seleccionó la planta convencional como la más conveniente para el tratamiento de agua se basó en procedimientos de cálculo de la plantas de este tipo que se encuentran detallados en la literatura técnica especializada, de los textos de Arboleda y Di Bernardo.

4.4.1 Parámetros de diseño

Los siguientes son los parámetros de diseño principales para la planta de tratamiento de agua potable que se han utilizado para el diseño de factibilidad:

Caudal total de diseño:	1.300 l/s
Temperatura del agua:	10°C
Número de módulos de tratamiento:	4 unidades
Caudal por módulo:	325 l/s
Número de floculadores por módulo:	3u
Caudal por floculador:	108,33 l/s
Velocidad crítica de sedimentación:	1,02 cm/min
Placas de sedimentación ABS:	2,44m x 1,22 m x 0,004m
Inclinación de las placas	60°
Factor de Yao:	1,08
Número de módulos de sedimentación:	4u
Número de sedimentadores por módulo:	3u

Capa filtrante:

Espesor de arena:	0,30m
Tamaño específico arena d_{10} :	0,50mm
Coeficiente uniformidad arena:	1,60
Espesor antracita:	0,45m
Número de módulos de filtración:	4u
Número de filtros por módulo:	4u
Número de módulos de contacto de cloro:	4u
Tiempo mínimo de contacto de cloro:	20 min

4.4.2 Unidades de tratamiento de agua

En cumplimiento de lo sugerido por la EPMAPS, respecto a que se consideren cuatro módulos de tratamiento, que faciliten la operación del sistema, se ha prediseñado los mismos de la siguiente manera:

Una línea desde el reservorio de agua cruda hasta el único ingreso y medición general de la planta de tratamiento; dos ramales de distribución de agua coagulada que cada uno dirige su caudal hacia la filtración directa y hacia los módulos de tratamiento. Cuatro módulos de tratamiento, cada uno conformado por tres floculadores mecánicos, tres sedimentadores de alta tasa, cuatro filtros duales y cámara de contacto de cloro. Los módulos indicados podrán operar de manera independiente cada uno.

4.5 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LODOS

4.5.1 Introducción

En las plantas de tratamiento de agua potable los lodos son producidos por la coagulación y sedimentación de la turbiedad natural y por los coagulantes químicos añadidos. Estos lodos son recolectados en los tanques de sedimentación y en los filtros. La cantidad y propiedades de los lodos dependen de la calidad del agua, tipo y dosis del coagulante usado, eficiencia de la operación y otros factores.

4.5.2 Proceso de tratamiento

Los lodos provenientes de las purgas de los sedimentadores y del lavado de los filtros ingresarán al tanque sedimentador de lodos y antes de entrar al tanque cuenta con un by-pass que va hacia el tanque equalizador general.

El tanque sedimentador de lodos cuenta además con un canal de ingreso a todo lo ancho del tanque, desde el cual pasa el agua al cuerpo del tanque a través de cinco hileras de orificios. La salida del tanque sedimentador de lodos se realiza a través de un canal de salida al cual le llega el agua procedente del tanque a través de 5 hileras de orificios.

Del tanque sedimentador se bombea el lodo retenido hacia el espesador que se realizará mediante un reactor DAF (Flotación de Aire Disuelto, por sus siglas en inglés) que forma sus microburbujas en un tubo saturador de aire que permitan una concentración mínima de sólidos en los lodos espesados del 4%. Los lodos espesados serán enviados mediante bombeo al sistema de deshidratación conformado por tornillos prensa que irán ubicados en un cuarto de máquinas y se dispondrá de un área de almacenamiento de lodos deshidratados, desde el cual, se cargará el material seco en volquetas, que realizarán el transporte a la disposición final del Municipio de Quito.

4.6 DISEÑOS ESTRUCTURALES

4.6.1 Introducción.

Como parte del estudio del Diseño Definitivo de la Planta De Tratamiento de Agua Potable de Calderón, se realizó el Diseño Estructural, tomado en cuenta la geometría de la planta, perfil hidráulico, el estudio de suelos, geotecnia del sector y la normativa vigente.

Las estructuras mayores “tanques” están implantadas bajo el nivel natural del suelo y se cimentarán en losas con vigas de atiesamiento, analizadas elásticamente con la rigidez natural que se recomienda, indicada en el correspondiente estudio y diseñadas con el coeficiente de balasto, para un comportamiento elástico. Su diseño será de Última Resistencia, bajo los parámetros de las NEC 2015 y el ACI 2018.

4.6.2 Consideraciones Generales

Las vigas servirán como el empotramiento de todas las paredes interiores de los estanques, disminuyendo las luces de esta losa, y además como un anclaje de la estructura al suelo, impidiendo cualquier movimiento horizontal.

En lo concerniente a las Cargas sísmicas se parte de la geometría de la propuesta, y se diseña a la luz de las Nuevas Normas NEC-2015, especialmente en lo referente a las cargas sísmicas, combinando con las cargas permanentes y las de servicio.

Toda la filosofía del diseño está basada en los parámetros que el ACI 350 ha emitido con la finalidad de uniformizar los diseños de estas estructuras, que básicamente se resume en los siguientes requisitos a continuación, con recomendaciones que usualmente se contemplan en la actualidad, por la experiencia y los buenos resultados adquiridos:

- 1.- Las estructuras para contener líquidos, estarán sometidas a cargas verticales, de peso propio, de los líquidos que contiene, cargas sísmicas o dinámicas, que por lo tanto contemple la interacción de estos agentes.

Las cargas mínimas serán: presión interna, tirante del líquido, peso del líquido, peso propio, peso de los equipos, y cargas dinámicas.

Las cargas utilizadas, se tomaron de acuerdo con las especificaciones y las recomendaciones del NEC 2015

- 2.- Espesores mínimos para los tanques grandes: para alturas mayores a tres metros y en contacto con líquidos, no menos de 30 centímetros.

En elementos que no estén sometidos a mayores cargas, podrá ser de mínimo 20 centímetros con recubrimientos de 5 centímetros en el lado del suelo. Puede haber elementos de 25 centímetros en ciertos elementos secundarios con presencia de agua, con lo que se considerará el recubrimiento de 7,5 cm.

- 3.- Se usarán las cuantías mínimas de refuerzo contempladas en las Nuevas Normas del 2015, que además se requieran para asegurar, la impermeabilidad, la no corrosión del refuerzo, y evitar en mayor grado el agrietamiento del concreto, que por su naturaleza y trabajo lo tiene. La recomendación final y más importante será el recubrimiento con pinturas epóxicas impermeabilizantes para su óptima protección.

- 4.- El oleaje producido por cargas sísmicas se determinó de acuerdo a la norma ACI – 350.

4.7 EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS, ELÉCTRICOS, INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL, COMUNICACIONES

4.7.1 Sistema eléctrico

En esta fase se ha determinado las cargas y requerimientos eléctricos de la planta, en función de los equipos eléctricos y electrónicos instalarse, la iluminación interna y externa y todo requerimiento de energía que demanda la planta para su adecuado funcionamiento.

La Planta de Tratamiento de Calderón será alimentada desde el sistema de Media Tensión de 22,8kV/13,2 kV de la Empresa Eléctrica Quito S.A., existente en la zona, desde la Subestación Pomasqui, en un sistema aéreo, trifásico con neutro corrido, para lo cual se transformará la línea monofásica existente a una línea trifásica, sobre postes de hormigón, herrajes de acero galvanizado, elementos de protección, seccionamiento, estabilización y puesta a tierra.

Se diseñó además, como parte del sistema eléctrico, el cuarto de potencia, cuarto de baterías, generador de emergencia, iluminación de edificios, iluminación exterior.

En el *Anexo Eléctricos* se presenta el estudio respectivo y en el *Anexo Planos/Eléctricos*, los correspondientes al estudio eléctrico.

4.7.2 Automatización

Los diseños de la planta han incluido la instalación de actuadores eléctricos, que determinan la automatización de toda válvula y compuertas que ha sido necesario realizarlo para una adecuada y eficiente operación del sistema. El sistema SCDA que se propone en la fase de diseño definitivo está en concordancia con los sistema utilizados por la EPMAPS.

4.8 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA, IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.

El informe se realizó sobre la base de la obtención de parámetros ambientales que resultaron del análisis de información primaria y secundaria, realizando una evaluación del sitio de implantación del proyecto y actividades relacionadas al mismo. Se realizó el levantamiento de la línea base ambiental, con el objeto de diagnosticar la situación actual de la zona de influencia, se identificó de manera macro los posibles impactos ambientales generados por efecto del proyecto, se formuló un Plan de Manejo Ambiental macro, todo esto orientado a establecer cuál de las alternativas es la más idónea ambientalmente para su implementación.

Los objetivos están enmarcados para la fase de factibilidad de conformidad con lo establecido en los Términos de Referencia del contrato:

- Analizar el marco legal e institucional ambiental en el que se inscribe el proyecto o actividad.
- Describir el proyecto o actividad, en función de la alternativa técnica seleccionada, con énfasis en los aspectos que permitan su caracterización ambiental.
- caracterizar el ambiente en el área de influencia directa e indirecta de la alternativa seleccionada, destacando las variables que pudieran ser afectadas.
- Identificación, caracterización y valoración de los impactos ambientales

4.9 PRESUPUESTO GENERAL

La Consultora conformó el presupuesto de inversión, sobre la base de precios de los rubros de la EPMAPS y análisis de precios desarrollados en este proyecto.

En el Cuadro N° 7 se presenta el resumen del presupuesto a nivel de factibilidad.

Cuadro 4 Resumen de presupuesto

DISEÑO DEFINITIVO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE CALDERON

RESUMEN DE PRESUPUESTO DISEÑOS DEFINITIVOS PRIMERA ETAPA

Item	ubro	Unidad	Precio Total USD
1	Obras Civiles	Gbl.	8.274.421,77
2	Equipamiento	Gbl.	5.365.264,65
3	Instalaciones Eléctricas, Automatización y Control	Gbl.	2.713.533,34
4	Plan de manejo Ambiental	Gbl.	111.799,73
5	Imprevistos	Gbl.	854.619,30
		TOTAL	16.465.019,49

4.10 EVALUACIÓN FINANCIERA Y SOCIO ECONÓMICA

En el desarrollo de los estudios técnicos se estimó, que la planta de Calderón se implementará para permitir con normalidad, el abastecimiento durante el período 2025-2054, con una capacidad de producción total de 1.300 l/s, lo que le conferirá gran flexibilidad para la operación. Tomando en cuenta que su primera fase de oferta será de 650 l/s desde el año 2025 hasta el año 2032 y a partir del año 2033 su oferta de abastecimiento se incrementará 650 l/s más, completando los 1.300 l/s hasta el año 2054, año de horizonte de vida del proyecto. Esto se tomó de base para la evaluación financiera y económica, considerando que es un proyecto de factibilidad. En consecuencia, se estiman los ingresos y los costos generados por la planta. Para la distribución del agua a los diferentes usuarios, se utiliza la

red actual de distribución, además el Sistema Calderón, incorpora la línea de transmisión Puenbo-Calderón que tomará el agua cruda del Proyecto Ríos Orientales.

4.10.1 Resultados de la Evaluación Financiera Sin y Con Financiamiento

Analizada la evaluación financiera sin financiamiento, los resultados demuestran que el proyecto es rentable, con un VAN de USD **3.542.363**; una TIR de **7,81%**; y, una relación B/C de **1,17**. El Cuadro N°8 Resumen de resultados de Evaluación Financiera sin financiamiento.

Cuadro 8 Resumen de Resultados de Evaluación Financiera sin financiamiento

VAN sin financiamiento (valores actualizados)	3.542.938
TIR sin financiamiento (valores corrientes)	7,81%
B/C sin financiamiento	1,17
Valor Actual	24.369.722
Inversión	-20.826.784

Con la alternativa de financiamiento discutida anteriormente, se elaboró el Flujo Neto de fondos con financiamiento, obteniéndose un VAN de USD 6.577.512; una TIR de 9,54%; y, una relación B/C de 1,35. Los resultados de los indicadores financieros son superiores a los presentados sin financiamiento, dado que en el año cero hay un menor valor a recuperar por efectos del apalancamiento financiero y el resumen en el Cuadro N°9 Resumen de resultados de Evaluación Financiera con financiamiento.

Cuadro 5 Resumen de Resultados de Evaluación Financiera con financiamiento

VAN con financiamiento (valores actualizados)	5.715.086
TIR con financiamiento (valores corrientes)	9.12%
B/C con financiamiento	1,30
Valor Actual con financiamiento	22.273.470
Inversión	-17.098.384

4.10.2 Resultados de la Evaluación Económica

Los resultados de la evaluación económica demuestran que el proyecto es rentable, con un VAN de USD 22.985.027; una TIR de 21,68%; y, una relación B/C de 2,34. Se presenta el Cuadro N°10 Resumen de la Evaluación Económica.

Cuadro 6 Resumen de la Evaluación Económica

VANE	22.724.439
TIRE	22,38%
B/C	2,45
Valor Actual	38.405.806
Inversión	-15.681.367

4.10.3 Conclusiones

- a) La evaluación financiera demuestra que una vez estimados los ingresos y los egresos, con y sin financiamiento de la planta de agua potable Calderón, es aceptable su viabilidad. En la situación sin financiamiento el VAN es de USD 3.542.938; la TIR de 7,81% y la relación B/C de 1,17. En tanto que, con financiamiento el VAN es de USD 5.175.086; la TIR de 9,12% y la relación B/C de 1,30. Situación que se da por el apalancamiento financiero a partir del año cero.
- b) La evaluación económica demuestra, que una vez estimados los ingresos y los egresos, de la planta de agua potable Calderón, es aceptable su viabilidad, con indicadores de rentabilidad del siguiente orden: VANE de USD 23.039.602; TIRE de 22,61%; y, B/C de 2,47.
- c) El Período de Recuperación de la Inversión (PRI), indican que la inversión se recupera en 22 años, 4 meses y 26 día.
- d) Este estudio recomienda se impulse la construcción de la planta de tratamiento de agua potable Calderón, por ser financieramente y económicamente factible de realizar y por cuanto llegará a cubrir la demanda de la parroquia Calderón y las zonas aledañas, garantizando el abastecimiento y generando ahorro a los consumidores que actualmente se abastecen de fuentes alternativas de agua.

5. FASE 3 DISEÑO DEFINITIVO

5.1 CARTOGRAFIA Y TOPOGRAFÍA

El Alcance para la Fase 3, fue revisar, rectificar o ratificar la cartografía y topografía realizadas en las Fases anteriores; y proporcionar los datos suficientes y exactos para garantizar la implantación del proyecto a nivel de diseño definitivo. La topografía realizada y obtenida en las fases anteriores tiene el alcance y detalle suficientes para el nivel de diseño definitivo, por tanto en la Fase 3, para complementar los trabajos de campo topográficos, se realizó el replanteo de las estructuras diseñadas.

El replanteo de las estructuras diseñadas en el proyecto de la planta de tratamiento de agua potable de Calderón, se realizó tomando en cuenta los puntos GNSS LTPC-11 y LTPC-12 proporcionados por la EPMAPS del proyecto Línea de Transmisión Paluguillo Bellavista ejecutado por la empresa Geocam Ingeniería Limitada, los mismos que se encuentran monumentados en la zona del proyecto.

El replanteo de las distintas Estructuras diseñadas para la planta de tratamiento de Agua Potable de Calderón se realizó colocando en las esquinas de cada una de las estructuras y también en los límites del cerramiento del proyecto estacones de madera con la debida identificación de los mismos.

Para las estructuras grandes como tanques de reserva, se reemplazó los estacones de madera con mojonos de hormigón como se podrá observar en el registro topográfico que consta más adelante. La colocación de estos mojonos en sitio fue verificada por personeros de la EPMAPS.

5.2 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

5.2.1 Objetivo

El Alcance para la Fase 3, fue revisar, rectificar o ratificar la caracterización geológica-geotécnica del proyecto y los diseños geotécnicos de las obras realizados en las fases anteriores; se completará la caracterización necesaria para utilizarla en los diseños geotécnicos de los estudios hidráulicos, riesgos, sanitarios, estructurales, mecánicos, viales y ambientales, etc. Como resultado de estas actividades, la Consultora debe presentar el informe completo y consolidado.

Los trabajos de geología y geotecnia realizados en las fases anteriores tienen el alcance y detalle suficientes para el nivel de diseño definitivo, por tanto en la Fase 3, no se realizó trabajos adicionales.

Los estudios de geología y geotécnica dan como resultado las siguientes conclusiones:

5.2.2 Conclusiones y recomendaciones

Como resultado de las investigaciones geotécnicas, ensayos geomecánicos y cálculos realizados se desprenden las siguientes conclusiones y recomendaciones.

No se evidencia la presencia de nivel freático en los tramos ensayados, hasta la profundidad de 14 metros.

En cuanto a la sismicidad, San Juan de Calderón, presenta según la norma NEC-SE-DS 2015, una aceleración sísmica básica de 0,40 g (g = aceleración de la gravedad), por lo que será precisa la aplicación de la citada norma para el diseño de las cimentaciones.

Como resultado de los ensayos SPT, se obtuvo un valor medio que permitió clasificar al terreno como tipo D, con los siguientes coeficientes de clasificación del suelo: $F_a = 1,2$; $F_d = 1,19$ y $F_s = 1,28$.

Los niveles geotécnicos considerados en este estudio, conforme a la estratigrafía y a los resultados geomecánicos comprenden, desde el nivel superior a inferior: Nivel I.- Arena limosa; Nivel II.- Lapilli con arena y gravas andesíticas en ciertos sitios con lentes limosas; Nivel III.- depósitos de flujo piroclásticos y Nivel IV.- limo arenosos a arena limos (cangahua).

Como hipótesis, se consideró en los cálculos de carga admisibles, asientos y estabilidad, que los materiales limo arenosos (cangahua) del Nivel IV se extiende bajo los 14,00m de

profundidad (profundidad máxima alcanzada por el sondeo P-4), por lo tanto, durante la construcción se debe confirmar el espesor de este estrato hasta la profundidad de influencia de las cimentaciones, ya sea por métodos directos de perforación o investigaciones geofísicas; en el caso de existir variaciones importantes de niveles y condiciones geomecánicas pobres se debe recalcular las cimentaciones.

El coeficiente de balasto para el diseño de las cimentaciones de cada losa, a los niveles de cimentación se estimó según los criterios de la NAVFAC, donde $K_{30} = 0,25 \times \text{NSPT}$ (en terrenos granulares); Para las losas que se cimentarán en nivel II (lapilli – arena con clastos andesíticos) se estima un $k_{30} = 5,5 \text{ kp/cm}^3$; para las losas que se cimentarán en nivel IV (limos arenosos – arenas limosas - cangahua) se estima un $k_{30} = 4,5 \text{ kp/cm}^3$.

El análisis de estabilidad de los cortes, estudió la estabilidad para un corte de 8,00m, correspondiente al talud de la margen derecha de la excavación para la losa 3. Para lograr su estabilidad, se consideró una relación 1H:4V, con una berma de 3,00m de longitud a los 4,00m de altura; obteniendo superficies de rotura con factor de seguridad (FS) igual o superior a 1,15 en caso de sismo, lo que no prevé la necesidad de proceder a un refuerzo adicional, además, la ladera considerando estos cortes sin sismo es estable (FS=1,79). La profundidad de investigación recomendada por la NEC - SE – GC-2014, para excavaciones, es de 1,5 veces la profundidad de excavación, por lo cual, durante la construcción se debe confirmar la continuidad del estrato de cangahua de la losa 3, en caso de existir variaciones importantes se debe considerar un nuevo análisis de estabilidad que integre los nuevos parámetros.

Debido a lo puntual de las perforaciones, se recomienda que al momento de la construcción se verifiquen que los parámetros del suelo coincidan con los indicados en el presente estudio de tal manera que las cimentaciones se construyan sobre el suelo con las características geotécnicas previstas, caso contrario cualquier variación será causa suficiente para rediseñar la geometría y el tipo de cimentación.

Se recomienda que el material pétreo para la construcción de la PTAP Calderón, cumpla con la normativa NEC e INEN y el abastecimiento se realice de la cantera HOLCIM S.A.

El material excavado de la PTAP Calderón, se recomienda se disponga en la escombrera El Semillero.

5.3 ESTUDIO DE TRATABILIDAD

5.3.1 Presencia de cianobacterias

Del análisis de la información proporcionada por la EPMAPS, sobre la presencia de cianobacterias en el agua cruda de la presa Salve Faccha, y los tres análisis realizados por CORPCONSUL en las fases de prefactibilidad y factibilidad, se puede determinar lo siguiente:

- La presencia de cianobacterias en el agua de abastecimiento a las plantas se dio de manera inesperada y se determinó que la producción de los microorganismos es en la presa Salve Faccha,
- La presencia de cianobacterias en el agua cruda de la presa Salve Faccha tiene diferentes comportamientos respecto a ubicación y profundidad, según los sitios de muestreo.
- La presencia de las cianobacterias es variable en el tiempo, en el tipo o género y en la concentración.
- Según la información de la EPMAPS, desde junio 2017 hasta abril 2018 se registra presencia de cianobacterias en el agua cruda de ingreso a las PTAP y desde mayo hasta julio 2018 no se registra su presencia en el agua cruda de ingreso, coincidiendo con la puesta en operación del sistema de control por ultrasonido implementado por la EPMAPS en la presa Salve Faccha. Esto nos determina que el sistema implementado es efectivo en el control de estos microorganismos, sin embargo, de lo cual deberá seguir monitoreándose en origen.
- De acuerdo a los análisis realizados por la Consultora en las muestras tomadas a la entrada a la Planta de Tratamiento de Bellavista, el 27 de septiembre y el 7 de noviembre de 2018, existe presencia de cianobacterias de género diferente a las determinadas en sus análisis por la EPMAPS, sin embargo la presencia de las mismas no inciden en la calidad del agua cruda.

Recomendaciones

- Realizar monitoreo periódico sobre la presencia de cianobacterias en la fuente, al ingreso de las plantas de tratamiento y en los procesos de tratamiento de las plantas.
- Aplicar las medidas y soluciones propuestas por la consultora como parte de los procesos de seguridad para prevenir la afectación por cianobacterias/cianotoxinas.
- Establecer un sistema de comunicación entre las fuentes y las plantas de tratamiento con alerta sobre la presencia de cianobacterias en el agua que se conduce hacia las plantas, que permita en las mismas, implementar de inmediato las medidas de tratamiento previstas.

5.3.2 Tratabilidad

De las pruebas de tratabilidad realizadas en las fases de prefactibilidad y factibilidad, que sirvieron como soporte para el diseño de las unidades de tratamiento, se concluye o siguiente:

- Se consideró utilizar como dosis óptima de coagulante 50 mg/l y dosis óptima de floculante 0,10 mg/l.
- Mediante la adición de polímero, se observa un ligero incremento en el tamaño de floc.
- De acuerdo a los resultados, el tiempo óptimo en que se debería dosificar el polímero es entre 1 y 2 minutos a partir del inicio de la mezcla lenta.
- En base a los resultados de pruebas anteriores, se optó por escoger como tiempo óptimo para la dosificación de coagulante 2 minutos del inicio de la mezcla rápida.
- Los mejores resultados para la floculación se obtienen con gradiente de 80 s^{-1} con un

tiempo de floculación de 27 mín y gradiente de 60 s^{-1} con un tiempo de floculación de 33 mín.

- En la curva de turbiedad versus gradiente, se puede observar los gradientes de velocidad con los que cada tiempo de retención se optimiza.
- De acuerdo a los resultados obtenidos, la velocidad con la que se conseguiría turbiedades residuales menores a 1 puede ser de hasta 0,050 cm/s.
- La velocidad con la se consigue la máxima eficiencia remocional es de 0,010 cm/s.
- La selección de la tasa de sedimentación se podrá elegir de acuerdo a la turbiedad deseada del efluente.
- Se determinó la cantidad de lodo formado es de 3,5 ml por litro de agua.

5.4 DISEÑOS HIDRÁULICOS SANITARIOS

5.4.1 Cálculos hidráulicos planta de tratamiento de agua potable

El diseño definitivo de la planta de tratamiento se basó en procedimientos de cálculo que se encuentran detallados en la literatura técnica especializada en los textos de Arboleda y Di Bernardo y en la experiencia de los especialistas de la Consultora en el diseño de plantas de tratamiento de agua potable.

5.4.2 Parámetros de diseño

Los siguientes son los parámetros de diseño principales utilizados para el diseño definitivo:

Caudal total de diseño:	1.300 l/s
Temperatura del agua:	10°C
Número de módulos de tratamiento:	4 unidades
Caudal por módulo:	325 l/s
Número de floculadores por módulo:	3u
Caudal por floculador:	108,33 l/s
Velocidad crítica de sedimentación:	1,02 cm/min
Placas de sedimentación ABS:	2,44m x 1,22 m x 0,004m
Inclinación de las placas	60°
Factor de Yao:	1,08
Número de módulos de sedimentación:	4u
Número de sedimentadores por módulo:	3u
Capa filtrante:	
Espesor de arena:	0,30m
Tamaño específico arena d_{10} :	0,50mm
Coeficiente uniformidad arena:	1,60
Espesor antracita:	0,45m
Número de módulos de filtración:	4u
Número de filtros por módulo:	4u
Número de módulos de contacto de cloro:	4u
Tiempo mínimo de contacto de cloro:	20 min

5.4.3 Unidades de tratamiento de agua

En cumplimiento de lo sugerido por la EPMAPS, respecto a que se consideren cuatro módulos de tratamiento, que faciliten la operación del sistema, se ha diseñado los mismos de la siguiente manera:

Una línea desde el reservorio de agua cruda hasta el único ingreso y medición general de la planta de tratamiento.

Dos ramales de distribución de agua coagulada que cada uno dirige su caudal hacia la filtración directa y hacia los módulos de tratamiento.

Cuatro módulos de tratamiento, cada uno está conformado por tres floculadores mecánicos, tres sedimentadores de alta tasa, cuatro filtros duales y cámara de contacto de cloro. Los módulos indicados podrán operar de manera independiente cada uno.

a. Ingreso y medición

En la cámara de ingreso irán alojados una válvula de mariposa con actuador eléctrico y un medidor electromagnético, lo que permitirá controlar el caudal de ingreso, cualquiera que sea el nivel del agua en el reservorio de agua cruda.

b. Mezcla rápida

Para la mezcla rápida se ha previsto un mezclador estático por cada línea. En esta unidad se realizará la aplicación de sulfato de aluminio y la precloración para oxidar el color.

Entre las ventajas de estos dispositivos se pueden citar las siguientes:

- La intensidad de la mezcla se produce en un reactor fijo sin partes móviles.
- Bajo mantenimiento y operación nula.
- Se puede utilizar cualquier concentración de solución.

El dispositivo ha sido diseñado para aplicaciones típicas del tratamiento de agua como los procesos de coagulación y la mezcla de agentes de floculación. En las Fotos N°6 se presenta un ejemplo de mezclador estático.

Múltiple distribuidor de agua coagulada

La distribución a los floculadores se hará mediante un múltiple de distribución a cada lado, conformado por la tubería principal de 700 y 600mm, de la cual salen 6 laterales a cada lado.

Previo a cada ramal distribuidor de agua coagulada, en la tubería de 700 mm de diámetro, se

ha previsto la instalación de un mezclador estático, para la aplicación de polímero catiónico y, de ser necesario carbón activado.

c. Floculación

De acuerdo con los resultados de las pruebas de tratabilidad se ha encontrado que el tiempo óptimo de floculación está entre 27 y 35 minutos, por lo cual, en estos prediseños, se ha utilizado un tiempo de floculación de 28 minutos

Para cada uno de los cuatro módulos de tratamiento se diseñó tres unidades de floculación, cada una conformada por 4 cámaras con agitadores mecánicos de eje vertical, con dos brazos de 4 paletas. Se ha utilizado un tiempo de floculación de 28 minutos.

Cada cámara estará equipada con agitadores de eje vertical de dos brazos, con tres paletas paralelas al eje en cada brazo, accionadas por un motoreductor de 0,5 kW que permitirá girar los agitadores con velocidades comprendidas entre 3 y 6 rpm.

El procedimiento de cálculo recoge el procedimiento que consta en la literatura técnica como la correspondiente a los libros de Jorge Arboleda y Luiz Di Bernardo, donde además constan las recomendaciones para las relaciones geométricas a emplearse, tanto de los tanques como de los agitadores.

Canales de paso de floculadores a sedimentadores

En el proyecto se ha prediseñado a la salida de cada floculador un canal exclusivo para alimentar a su respectivo sedimentador.

d. Sedimentación

La tasa de sedimentación adoptada está en concordancia con los resultados de las pruebas de tratabilidad. La literatura técnica de soporte es la misma que para el caso de los floculadores; así como el texto “Dividing flow manifolds with square edged laterals” de Hervert E. Hudson.

Se ha escogido placas inclinadas (lamellas) y no seditubos, dado que la eficiencia de las placas inclinadas es mucho mayor, como es fácil deducir de la fórmula de Yao.

El material para las placas es el **Acrilonitrilo Butadieno Estireno** (ABS) por sus siglas en inglés) ya que se trata de un material de alta resistencia al impacto y tiene una densidad media de $1,07 \text{ g/cm}^3$, que contribuye de manera importante a permanecer dentro del agua.

De acuerdo con la concepción de la comunicación entre floculadores y sedimentadores, también se han diseñado tres sedimentadores por módulo de 325 l/s, de manera que cada sedimentador procesará un caudal de 108,33 l/s. Cada zona de sedimentación estará equipada con 222 placas de ABS de 2,44 x 1,22 m y de 4 mm de espesor inclinadas 60°.

La recolección de agua se hace por medio de 9 tubos de acero de 150 mm de diámetro nominal en la parte superior de cada zona de sedimentación cada uno de los cuales tendrá 16 orificios de 25 mm de diámetro ubicados en la generatriz superior. La descarga de estos tubos recolectores se hace, de manera libre, al canal de recolección de agua sedimentada.

Para la recolección de lodos se ha diseñado seis tolvas a cada lado del canal central, cada una de las cuales tiene una forma troncopiramidal invertida, con la base superior de 2,44 x 2,40 m y la base inferior de 0,45 x 0,44 m y una altura de 1,40 m. Bajo estas se ha diseñado un ducto que evacuará los lodos a través de una tubería de 350 mm de diámetro para su descarga libre a un canal de recolección del cual saldrá a través de una tubería de conducción hacia el sedimentador de lodos.

e. Filtración

Se ha diseñado cuatro filtros rápidos para 81,25 l/s, por módulo de 325,00 l/s, los mismos que serán de flujo descendente, de tasa declinante escalonada, de lecho doble con una capa filtrante de 0,30 m de espesor de arena, con un tamaño efectivo de 0,50 mm, coeficiente de uniformidad menor de 1,6, sobre el cual irá una capa de 0,45 m de antracita con un tamaño efectivo de 1,0 mm, con un coeficiente de uniformidad igual o menor de 1,3 y un peso específico mayor de 1.500 kg/m³.

El falso fondo escogido es tipo Leopold, porque el criterio de la consultora es que está suficientemente probado, que son los que mejor distribución de agua (y aire) tienen durante el lavado y sistema de placas ranuradas para la retención del medio en lugar del medio de soporte compuesto por varias capas de grava de diferentes tamaños.

La salida del agua filtrada se hace a través de una tubería de acero de 500 mm de diámetro provisto de una válvula de mariposa bridada que permanecerá abierta durante el ciclo de filtrado, pero se cerrará para las operaciones de lavado.

El sistema de lavado que se lo realizará con agua potable del tanque de contacto, será secuencial: primero solamente aire por un tiempo entre 1 y 3 minutos y luego agua por un tiempo entre 6 y 9 minutos. El sistema de lavado con aire será a una tasa de 18 l/s/m², de acuerdo a lo recomendado por Di Bernardo, por lo que se requiere un caudal de aire de 1.529 m³/h, suministrado por dos sopladores y uno adicional de reserva.

El agua para el lavado será provista por tres bombas centrífuga, de las cuales dos funcionarán de manera simultánea y una se mantendrá en reserva y estarán ubicadas en una cámara junto al tanque de contacto. El caudal de lavado se evacuará a través de dos canaletas de recolección que descargarán en forma libre en el canal central de recolección que descargará en el sedimentador para lodos.

Se ha diseñado además la tubería de ingreso de agua cruda a la filtración directa, que se

operará en las condiciones de color y turbiedad que lo permita. Esta tubería será de 700 mm de diámetro.

f. Tanque de contacto

Se ha prediseñado 4 tanques de contacto, uno por cada módulo, donde se realizará la desinfección. Cada tanque estará conformado por 15 canales de 9,70 m de largo, 1,13 m de con volumen útil de 395 m³, con lo cual se tendrá un tiempo de contacto de 20,23 minutos, que es muy adecuado para una buena desinfección.

La salida de cada tanque de contacto se hará por medio de una tubería de 600 mm de diámetro. Por consiguiente, a la cámara de entrada al tanque de almacenamiento llegan dos tuberías de 600 mm de diámetro por lados opuestos.

5.4.4 Reservorio de agua

Se procedió de acuerdo con las Normas de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito que en el acápite respectivo dice que “El volumen de este reservorio debe ser tal que permita suplir de agua cruda a la planta por un lapso de al menos 4 horas en el caso de cierre temporal de la conducción, por tanto la PTAP de Calderón dispondrá de un volumen de reserva de agua cruda de 20.000m³ para un tiempo de reserva de 4,29 horas.

5.4.5 Dosificación de productos químicos.- Coagulante, ayudante de coagulación, carbón activado en polvo (PAC)

Se utilizará como coagulante el sulfato de aluminio, con densidad de 1,314 g/ml que se aplicará en el dispositivo de mezcla rápida situado a continuación de la cámara de medidor general de la planta de tratamiento. La dosificación del sulfato de aluminio será determinada por medio de pruebas de jarras que deben ejecutarse de manera continua, en función de la calidad de agua que sale del reservorio de agua cruda.

En el mismo mezclador de sulfato de aluminio, se ha previsto la aplicación de cloro gas, que servirá como oxidante del hierro que se presente en el agua cruda.

Además se aplicará como ayudante de floculación el mismo que se utiliza en la planta de tratamiento de Bellavista, esto es, polímero catiónico y su dosificación se la determinará en las mismas pruebas de jarras que se realicen para el sulfato de aluminio. Su aplicación se la efectuará en los mezcladores estáticos que se encuentra diseñados a la entrada a los módulos de tratamiento, ante del desvío de la filtración directa.

En el mismo mezclador de polímero, se ha previsto la aplicación de PAC, que en caso de ser necesario, servirá para controlar los efectos de las cianobacterias, que eventualmente pueda presentarse en el agua cruda.

5.5 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA

Se diseñó el reservorio de agua tratada para lo que se ha previsto dos tanques juntos, la PTAP de Calderón dispondrá de un volumen de reserva de agua cruda de 20.000 m³ para un tiempo de 4,27 horas.

5.6 DISEÑOS MECANICOS

5.6.1 Objetivo

Diseñar las compuertas deslizantes verticales para control de caudal en las entradas y salidas de agua, así como los agitadores mecánicos para el proceso de floculación.

5.6.2 Alcance

El proceso de diseño de las compuertas y de sus partes inicia con el estudio de los modelos y alternativas existentes en el mercado, para definir cada tipo de compuerta, tomando en cuenta, en su orden de prioridad: la funcionalidad, la durabilidad, la simplicidad, la facilidad de construcción e instalación, la intercambiabilidad de piezas y el menor costo posible de fabricación.

El presente informe presenta el resumen de los cálculos básicos y los planos de conjunto y de detalle del diseño mecánico de 6 tipos de compuerta: las compuertas de entrada y desagüe de agua del reservorio, ingreso a la planta, de lavado del floculador y de ingreso y salida del tanque de cloración. Cada compuerta está formada por 6 subconjuntos básicos: 1) Marco o bastidor, 2) Placa o pantalla de la compuerta con sus refuerzos, 3) grupo de empaques y sus soportes, 4) tornillo de fuerza o potencia con su tuerca y 5) Pedestal o puente para unidad de accionamiento y 6) Volante manual o actuador eléctrico según el caso.

5.6.3 Requerimientos – normativa aplicable

Para los diseños se utilizó las normas y los criterios de ingeniería comúnmente aceptadas en el diseño de compuertas hidráulicas, como la norma brasilera NBR – 8883, y las normas AWWA C-C560-00, C540-02, C561-04 y C513-05, entre otras.

También se tomó como condición base, los datos y los parámetros y requerimientos entregados por el usuario, que se deben cumplir en el diseño de las compuertas, los cuales se indican en la Tabla N° 3.

Tabla 1 “Requerimientos para diseño de las compuertas”

N°	CANT (u)	ANCHO CANAL (m)	ALTURA PLACA (m)	ALTURA TORNILLO (m)	COLUMNA DE AGUA (m)	ACCIONAMIENTO	UBICACIÓN / FUNCION	TIPO
1	6	0,80	0,60	1,50	0,50	Manual con volante	Ingreso al reservorio	Canal Superficial
2	2	1,10	0,80	3,80	3,48	Manual con volante	Agua a la planta	Mural Sumergida
3	2	0,50	0,50	4,63	4,63	Manual con volante	Desagüe del reservorio	Mural Sumergida
4	12	0,60	0,50	5,30	4,40	Actuador eléctrico	Lavado del floculador	Mural Sumergida
5	4	1,10	0,70	2,30	0,40	Manual con volante	Ingreso tanque de cloración	Canal Superficial
6	4	0,70	0,70	4,00	2,30	Manual con volante	Tanque de cloración	Mural Sumergida

(Fuente: Elaboración propia)

Como se indica en la tabla N°3, las compuertas #1 y la #5, también se conocen como de canal o vertedero y van instaladas entre dos muros laterales, dejando previamente canales libres en el hormigón de las paredes para instalar el marco de las compuertas, rellenando el espacio vacío en una segunda fundición, a fin de que la vía de agua de que pasa a través de la compuerta no sea inferior a las dimensiones del canal mismo, tal como se puede ver en los planos de instalación C1-03 y C5-03. Estas compuertas llevan un empaque de cierre horizontal inferior y dos laterales verticales, todos de fácil reemplazo.

El control de accionamiento de estas compuertas, cuenta con un travesaño o puente donde se fija el mecanismo de maniobra.

Las compuertas # 2, 3, 4 y 6, que van sumergidas, son del tipo mural y se instalan fijando el marco sobre la cara vertical del muro de hormigón con pernos de anclaje en su perímetro, como se puede ver en los planos C2-03, C3-03, C4-03 y C6-03. Estas compuertas llevan un empaque de cierre horizontal inferior, dos laterales verticales, y un horizontal superior.

En la compuerta mural N° 4, donde la parte inferior de la abertura que hay que cerrar coincide con el fondo del tanque, con el fin de que la vía de agua no se reduzca, es necesario dejar previamente un canal excavado sobre el fondo del tanque para alojar la parte inferior del marco de la compuerta como se ve en el plano N° C4-03.

Para las compuertas # 2, 3, 4 y 6, el mecanismo de accionamiento va instalado sobre una columna o pedestal, con la placa de base cuadrada, que está apoyada y anclada sobre la losa de cubierta del tanque. En este caso, el husillo o tornillo de la compuerta pasa por un orificio en la losa situado en el centro del pedestal, que previamente debe dejarse listo, alineado con el husillo, como se ve en los planos C2-03, C3-03, C4-03 y C6-03.

5.6.4 Agitador para floculadores

5.6.4.1 Requerimientos

Los tanques diseñados para los floculadores son de hormigón armado, de forma prismática, de sección cuadrada de 3.250 mm en cada lado, con una altura total interior de 4.550, cubiertos con una losa plana; altura de columna de agua es 4.400 mm.

El agitador o mezclador requerido para los tanques de los floculadores es de tipo rotatorio, lento, de eje vertical, de 2 paletas planas de madera, a 180° c/u, con eje central guiado en su parte inferior a un bocín fijo y en su parte superior suspendido del eje de un motoreductor. Diámetro total 2.750 mm, altura de las paletas 3.450 mm, altura de la columna de agua 4.400 mm.

El agitador debe trabajar siempre sumergido y será movido por un motoreductor de servicio continuo.

Todo el conjunto debe tener alta confiabilidad, ser fácilmente desarmable para dar mantenimiento periódico y eventualmente cambio de cualquier pieza o parte del conjunto.

5.7 ALCANTARILLADOS

5.7.1 Objetivo

Realizar el diseño de la conducción de las aguas de procedencia doméstica, aguas lluvias, aguas producto del lavado de los filtros y aguas procedente de las purgas de los sedimentos, que permita la eliminación óptima desde el punto de vista técnico, ambiental y económico.

5.7.2 Sistema Sanitario

Contribuciones de aguas residuales

El volumen de aguas residuales aportadas a un sistema de recolección y evacuación está integrado por las aguas residuales domésticas, industriales, comerciales e institucionales.

5.7.3 Sistema Pluvial

Se ha aplicado el método de cálculo Racional para determinar las relaciones lluvia-caudal, para cuencas de tamaños menores (hasta 200 ha) y de características hidrológicas-hidráulicas simples.

Se establecen un coeficiente de escorrentía de C igual a 0.30 que corresponde a una textura de suelo limo arenoso abierto según las bases proporcionadas por la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito

El tiempo de concentración se estimó con el tiempo total de viaje como la suma del tiempo del flujo sobre la superficie, más el tiempo de viaje por los canales secundarios, más el tiempo de viaje por el cauce principal hasta el punto de control.

Para escurrimiento permanente y uniforme, el dimensionamiento de la sección de los conductos a escurrimiento a superficie libre, se realizó con base en la fórmula Manning.

5.7.4 Introducción

En las plantas de tratamiento de agua potable los lodos son producidos por la coagulación y sedimentación de la turbiedad natural y por los coagulantes químicos añadidos. Estos lodos son recolectados en los tanques de sedimentación y en los filtros. La cantidad y propiedades de los lodos dependen de la calidad del agua, tipo y dosis del coagulante usado, eficiencia de la operación y otros factores.

Para estimar la producción de lodos producidos se utiliza la conocida fórmula de la AWWA aplicable cuando se utiliza sulfato de aluminio como coagulante y polímero como ayudante sea de coagulación o de floculación.

En la Tabla N°5 se muestran los resultados obtenidos para la producción de masa seca de lodos utilizando la fórmula de la AWWA, y los valores obtenidos con el razonamiento estadístico explicado para la determinación de SST, coagulante y polímero.

Tabla 2 Determinación de lodo seco

Condiciones	Caudal m ³ /s	Coagulante mg/l	Turbiedad NTU	Color UC	SST mg/l	Polímero mg/l	Lodo seco	
							kg/h	kg/d
Prm prm/mes	1,3	43,16	7,02	46,8	9,13	0,18	96,07	2305,66
Prm Max/mes	1,3	60,5	58,97	172,22	76,66	0,2	433,33	10399,82
Ponderada	1,3	45,93	15,33	66,87	19,93	0,18	150,00	3600,06

Elaborado: CORPCONSUL Cía. Ltda.

Después del espesamiento se puede esperar una concentración mínima de sólidos en el lodo del 3%, siendo razonable esperar una concentración del 5%. En la Tabla N° 6 se muestran los volúmenes de producción horaria de lodo espesado que podría obtenerse para la segunda etapa.

Tabla 3 Producción de lodos segunda etapa

Condiciones	Caudal m ³ /s	Lodo seco	Lodo 3%	Lodo 5,0%
		kg/h	m ³ /h	m ³ /h
Promedio de promedios mensuales	1,3	96,07	3,20	1,92
Promedio de máximos mensuales	1,3	433,33	14,44	8,67
Ponderada	1,3	150,00	5,00	3,00

Elaborado: CORPCONSUL Cía. Ltda.

Los lodos provenientes de las purgas de los sedimentadores y del lavado de los filtros ingresarán al tanque sedimentador de lodos y antes de entrar al tanque cuenta con un by-pass que va hacia el tanque ecualizador general.

El tanque sedimentador de lodos cuenta además con un canal de ingreso a todo lo ancho del mismo, desde el cual pasa el agua al cuerpo del tanque a través de cinco hileras de orificios. La salida del tanque sedimentador de lodos se realiza a través de un canal de salida al cual le llega el agua procedente del tanque a través de 5 hileras de orificios.

Las primeras aguas provenientes de los filtros, que corresponden al volumen desaguado de los filtros antes de iniciar el retrolavado, y que por consiguiente son aguas limpias, se enviará directamente por el by-pass hacia el ecualizador general.

Al tanque sedimentador de lodos le llegan también las aguas provenientes de la purga de lodos de los sedimentadores.

A continuación, se procede a iniciar el bombeo del lodo retenido en el tanque sedimentador de lodos hacia el espesamiento de los lodos que se realizará mediante un reactor DAF (Flotación de Aire Disuelto, por sus siglas en inglés) que forma sus microburbujas en un tubo saturador de aire con tamaños de 20 a 30 micras de diámetro, que permiten una concentración mínima de sólidos en los lodos espesados del 4%. Los lodos espesados serán enviados mediante bombeo al sistema de deshidratación conformado por tornillos prensa que irán ubicados en un cuarto de máquinas y se dispondrá de un área de almacenamiento de lodos deshidratados, desde el cual, por medio de un pequeño equipo mecánico, se cargará el material seco en volquetas, que realizarán el transporte a la disposición final del Municipio de Quito.

5.8 DISEÑO ARQUITECTÓNICO DE LAS EDIFICACIONES

Como complemento para el adecuado funcionamiento de la planta de tratamiento se realizó los diseños arquitectónicos de las siguientes edificaciones:

- a. Edificio administración y laboratorio.-** esta edificación tiene los siguientes ambientes, los cuales serán desarrollados en dos plantas:

Planta baja

- Ingreso principal, hall de distribución, cajón de gradas para circulación vertical
- Área de laboratorio químico y laboratorio microbiológico
- Área de administración del laboratorio (elaboración de resultados)
- Baterías sanitarias – vestidores para hombres y mujeres
- Cafetería

Planta alta

- Hall de distribución, cajón de gradas para circulación vertical
- Cuarto de control de la planta
- Área PLC
- Administración de la planta
- Oficina para jefe de Planta
- Batería sanitaria para hombres y mujeres
- Área de secretaría y sala de espera

b. Edificio de dosificación y bodegas.- desarrollados en dos plantas, esta edificación tiene los siguientes ambientes:

- Ingreso principal, hall de distribución, cajón de gradas para circulación vertical
- Área para equipos de dosificación de químicos y carbón activado
- Área para tanques dosificadores
- Taller de reparaciones
- Bodegas: de químicos, de accesorios y de obra civil
- Área para equipos de carbón activado
- Batería sanitaria
- Laboratorio básico

c. Área para desechos.- Desarrollado en una sola planta con dos ambientes donde se colocarán dos contenedores, uno para desechos peligrosos y otro para no peligrosos.

d. Edificio de dosificación y bodegas de cilindros de cloro.-

Desarrollado en dos ambientes:

- Área para almacenaje de cilindros de cloro y evaporación.
- Área para equipos de dosificación de cloro
 - Baño y duchas para emergencia
 - Área para Scrubber

e. Área de tratamiento de lodos.- desarrollado en tres elementos:

- Tanque sedimentador de lodos
- Tanque de flotación
- Edificio de polímeros y secado final, tiene los siguientes ambientes:
 - Área de bodega
 - Estación de polímeros
 - Baño
 - Área de bombas y banda transportadora
 - Área de carga de lodos con patio de maniobras

- f. **Cámara de generación y transformador.-** Diseñado en una sola planta con los siguientes ambientes:
- Área de almacenamiento de combustibles.
 - Área para generador.
 - Cámara de transformación.
- g. **Caseta de guardianía:** que será construida junto a la puerta de ingreso a la planta de tratamiento.

5.9 DISEÑOS ESTRUCTURALES

5.9.1 Objetivo

Realizar el diseño definitivo estructural de todas las unidades que componen la planta de tratamiento de Calderón, tomado en cuenta la geometría de la planta, perfil hidráulico, el estudio de suelos, geotecnia del sector y la normativa vigente.

Las estructuras mayores “tanques” están implantadas bajo el nivel natural del suelo y su diseño se realizó para Última Resistencia, bajo los parámetros de las NEC 2015 y el ACI 2018.

5.9.2 Consideraciones Generales

Las estructuras mayores “tanques” están implantadas bajo el nivel natural del suelo y se cimentarán en losas con vigas de atiesamiento o secundarias, analizadas elásticamente con la rigidez natural que se recomienda, indicada en el correspondiente estudio y diseñadas con el coeficiente de balasto, para un comportamiento elástico. Su diseño será de Última Resistencia, bajo los parámetros de las NEC 2015 y el ACI 2018. Las vigas servirán como el empotramiento de todas las paredes interiores de los estanques, disminuyendo las luces de esta losa, y además como un anclaje de la estructura al suelo, impidiendo cualquier movimiento horizontal.

La importancia de la obra hace que se le tome como una ampliación de tipo esencial, $I = 1.5$, con todas las condiciones y exigencias que se consignan en las nuevas normas, de manera que su análisis será con estas consideraciones.

En lo concerniente a las Cargas sísmicas se parte de la geometría de la propuesta, y se diseña a la luz de las Nuevas Normas NEC-2015, especialmente en lo referente a las cargas sísmicas, combinando con las cargas permanentes y las de servicio.

Toda la filosofía del diseño está basada en los parámetros que el ACI 350 ha emitido con la finalidad de uniformizar los diseños de estas estructuras hidráulicas, que básicamente se resume en los siguientes requisitos a continuación, con recomendaciones que usualmente se contemplan en la actualidad, por la experiencia y los buenos resultados adquiridos:

1.- Las estructuras para contener líquidos, estarán sometidas a cargas verticales, de peso propio, de los líquidos que contiene, cargas sísmicas o dinámicas, que por lo tanto contemple la interacción de estos agentes.

Las cargas mínimas serán: presión interna, tirante del líquido, peso del líquido, peso propio, peso de los equipos, y cargas dinámicas.

2.- Espesores mínimos para los tanques grandes: para alturas mayores a tres metros y en contacto con líquidos, no menos de 30 centímetros.

En elementos que no estén sometidos a mayores cargas, podrá ser de mínimo 20 centímetros con recubrimientos de 5 centímetros en el lado del suelo. Puede haber elementos de 25 centímetros en ciertos elementos secundarios, con lo que se considerará el recubrimiento de 5 cm.

3.- Se usarán las cuantías mínimas de refuerzo contempladas en las Nuevas Normas del 2015 y ACI 350-06, que además se requieran para asegurar, la impermeabilidad, la no corrosión del refuerzo, y evitar en mayor grado el agrietamiento del concreto, que por su naturaleza y trabajo lo tiene. La recomendación final y más importante será el recubrimiento con pinturas epóxicas impermeabilizantes para su óptima protección.

En todo elemento de hormigón armado de la planta de tratamiento, se utilizará un concreto con una resistencia a la rotura a los 28 días de $f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$.

En toda estructura menor como edificaciones se empleará concretos de 280 Kg/cm^2 . Esto se verá en cada estructura y se especificará en cada memoria y planos.

El acero de refuerzo para el hormigón tendrá un límite de fluencia $F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ para diámetros mayores o iguales a 8 milímetros.

Las mallas electrosoldadas tendrán un límite de fluencia $F_y = 5000 \text{ Kg/cm}^2$.

Los perfiles de acero serán bajo la norma ASTM A-36, con un esfuerzo de fluencia $F_y = 2530 \text{ Kg/cm}^2$, según lo especificado en planos, de fácil obtención en nuestro medio, con las protecciones para la corrosión pertinentes.

Antes de armar la cimentación de las estructuras, se colocará un replantillo de 5cm de espesor de un hormigón de $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$.

Cualquier otro material se especificará en los planos respectivos y serán los usuales en el medio.

Para el diseño de los tanques se tuvo cuidado especial en la revisión de las derivas, que son el resultado de la revisión de cada sismo, tanto estático como dinámico y con las características del suelo, comparando con los desplazamientos de las normas NEC 2015.

Para la cimentación de los tanques, se optó la utilización de coeficiente de balasto para una cimentación elástica.

Para el análisis y diseño estructural de cada estructura, se trabajó en el programa de computadora SAP 2000, versión 20.2.0, cargando con las fuerzas resultantes correspondientes al espectro sísmico, en los dos sentidos y con las cargas verticales de peso propio y carga viva. El análisis se realizó con todas las combinaciones posibles que trae el programa con la opción del diseño de hormigón con el ACI318 - 2015, que contempla diseño plástico de cada elemento. El Análisis se hizo Estático que corresponde aproximadamente al primer modo de vibración. El chequeo más importante fue el de los desplazamientos o derivas, constatando que sea lo menor a lo admisible permitido en el NEC 2015 para estas estructuras.

En cuanto se refiere a los rellenos por cambio de suelo, mejoramiento o nivelación para alcanzar la cota de planos, se utilizará lastre Sub base Clase III del MOP, compactado en capas de máximo 20 centímetros hasta llegar a la densidad del 95% de la densidad Proctor.

Para las estructuras menores como edificaciones, se tomó como 12, 15 o 20 Ton/m², de acuerdo con la profundidad de desplante, el sector en que se sitúe y el Estudio de Suelos adicionalmente con un cambio de suelo de alrededor de 40 centímetros, verificando en obra cada sitio y de acuerdo al récord de perforaciones, si se encuentran con la capa de lapilli, preferiblemente se desalojará este material, hasta encontrar el suelo subyacente.

Todo elemento estructural se construirá con un hormigón sin recubrimientos, de manera que no tendrá enlucidos, ni masillados extras, y tendrá las dimensiones exactas que consta en los planos arquitectónicos y estructurales. Todo recipiente que contenga líquidos, en este caso el agua, está sometido al efecto dinámico del movimiento que éste produce, adicional a la carga de agua vertical y horizontal.

5.10 EQUIPOS ELECTROMECHANICOS, ELECTRICOS, INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL, COMUNICACIONES

5.10.1 Sistema eléctrico

Se determinó las cargas y requerimientos eléctricos de la planta, en función de los equipos eléctricos y electrónicos instalarse, la iluminación interna y externa y todo requerimiento de energía que demanda la planta para su adecuado funcionamiento.

La Planta de Tratamiento de Calderón será alimentada desde el sistema de Media Tensión de 22,8kV/13,2 kV de la Empresa Eléctrica Quito S.A., existente en la zona, desde la Subestación Pomasqui y la planta de tratamiento, funcionará a un nivel de tensión de 440V/254V trifásico 60HZ, para cargas de proceso como: motores de bombas de agua para lavado de filtros, sopladores de aire para lavado de filtros, compresores de aire, actuadores de válvulas, moto reductores para paletas de floculadores, iluminación exterior perimetral, el

transformador de 175kVA, para servicios auxiliares, tensión primaria trifásica en 440V conexión DYn5, tensión secundaria trifásica en 208V/120V entregará energía para cargas de iluminación interior y exterior de edificios y servicios auxiliares a 208V/120V, bombas hasta 15kW, puentes grúa, tecles, equipos de taller de mantenimiento, equipos auxiliares menores y tensión para alimentar los UPS a utilizar en los equipos sensibles de Control e Instrumentos.

Se diseñó además, como parte del sistema eléctrico, el cuarto de potencia, cuarto de baterías, generador de emergencia, iluminación de edificios, iluminación exterior.

En la planta de tratamiento de agua potable se ha dispuesto un edificio en donde se encuentran cuartos para media tensión, distribución, transformación, distribución en baja tensión y generación; que en su conjunto facilitan la operación y mantenimiento eléctrico del proceso de potabilización, los siguientes están considerados en este proyecto:

- Cuarto de Potencia 22,8kV: Se encuentran ubicadas las celdas de 22.8kV;
- Una celda remonte para ingreso de cables.
- Una celda para medición de parámetros eléctricos.
- Una celda con interruptor principal de 1250A.
- Dos celdas para salida a los transformadores de 650kVA cada uno, de 630A.
- Una celda equipada 630A. de reserva.

En este cuarto eléctrico se ubica un UPS de 8kVA, 120VAC, un tablero de transferencia manual y un tablero de distribución de UPS 120VAC, para alimentación del control de las celdas de media tensión y de los interruptores de potencia principales de los MCC01 y 02.

- Cuarto de Transformadores

Se encuentran ubicados los siguientes equipos; dos transformadores de Potencia de 650kVA cada uno, relación de transformación 22,8kV GRDY/13,2kV - 440V/254V sumergidos en aceite, separados por un muro cortafuegos, sobre una base de hormigón apta para transformadores sumergidos en aceite, por cada transformador se colocará un cubeto, con la capacidad de contener el volumen total de aceite de un transformador.

- Cuarto de Baja Tensión 440V/254V - 208/120V

Se encuentran los tableros de: mejora del factor de potencia, los Centros de Control de Motores MCC1 - MCC2, el sistema de transferencia de emergencia y generador se encuentra en el MCC1, en el cuarto de baja tensión también se encuentra; el transformador seco de 175 kVA, relación de transformación 440V/254V – 208V/120V para alimentar el tablero de distribución de Servicios Auxiliares que se encuentra en la misma área, también se encuentra el tablero de distribución para iluminación y toma corrientes de este edificio.

- Cuarto de generador y tanque diario

Se ubica el generador de emergencia de 523 kVA – 419 kW para trabajar en stand by, tensión 440V, trifásico, 60Hz, insonoro, cabinado con todos sus accesorios, tablero de control de generador e interruptor termomagnético de potencia, baterías para arranque del generador, cargador de baterías, tubos de escape, silenciador, también se ubica el tanque de combustible para diésel con instrumentos de medición e indicación de nivel, con capacidad de alimentar al grupo generador por el tiempo de 12 horas, montado dentro de un cubeto cerrado con la capacidad de contener el volumen total del líquido contenido en el tanque en el caso de derrame.

5.10.2 Automatización y control

Los diseños de la planta han incluido la instalación de actuadores eléctricos, que determinan la automatización de toda válvula y compuerta que ha sido necesario realizarla para una adecuada y eficiente operación del sistema. El sistema SCDA propuesto estará en concordancia con los sistemas utilizados por la EPMAPS.

El monitoreo y control de los procesos de la PTAP estarán gobernados por Controladores Lógicos Programables (PLC's), que recibirán las señales digitales, señales analógicas y señales de comunicaciones procedentes de los equipos e instrumentos de las diferentes Unidades de Tratamiento de la Planta, procesarán las instrucciones de acuerdo con lo establecido en los programas de usuario y generará las salidas de proceso.

La supervisión y control operativo de la Planta se lo realizará a través de un software de supervisión y control SCADA (Supervisory Control and Data Adquisition) desde la Estación de Operación (EOP-01) que estará ubicada en la sala de operación.

El soporte de las comunicaciones a nivel de campo será a través de señales discretas o analógicas (4 - 20 mA), a nivel de PLC y equipos de control será con nivel eléctrico RS 485 protocolo Modbus o Profibus, y a nivel de red será con protocolo Ethernet TC/IP o Profinet, la red será la integrará los diferentes switches de comunicaciones con cable tipo STP categoría 6 y fibra óptica.

El sistema de supervisión y control propuesto, en su arquitectura consta de los siguientes niveles de control:

El nivel cero, o nivel de adquisición de datos: Corresponde a la instrumentación y control de campo y tiene como funciones principales el monitoreo de señales y el manejo manual de los equipos por parte del operador.

El primer nivel, o nivel de control: Corresponde a la operación y funcionamiento de los Controladores PLC's.

Segundo nivel, o supervisión: Realizado en la sala de control central a través del software SCADA y ejecutado en los controladores PLC's.

Tercer nivel: Se refiere a los equipos de control, que es la gestión de mantenimiento y tratamiento estadístico de datos. En este nivel se ofrece una aplicación a medida, para gestión de inventario y gestión histórica de datos enlazados con la aplicación SCADA.

Componentes del sistema

Controladores lógicos programables: Se instalarán cinco controladores (PLC-100, PLC-200, PLC-300, PLC-400 y PLC-500) en las diferentes áreas de la PTA

Estación de operación: La Estación de Operación (EOP-01), estará formada por un sistema de visualización del proceso sobre una plataforma de PC industrial, permitirá la monitorización y control del proceso, incluyendo el diagnóstico del mismo y de los elementos que forman el sistema de control.

Servidor de datos: En sistema de control con un Servidor de Datos e Históricos (SRV-01), el servidor será una aplicación en ejecución capaz de atender las peticiones de las estaciones de operación e ingeniería y devolverle una respuesta en concordancia.

Estación de ingeniería: En la estación de ingeniería (EIN-01) se instalará el software que permitirá la configuración de la base de datos global para la totalidad del sistema de supervisión y control.

Software de supervisión y control scada: El programa de supervisión será un paquete de software estándar, particularizado para este caso concreto.

Red de comunicaciones ethernet: La red de comunicaciones principal de la planta PTA estará basada en una red Ethernet TCP/IP en base a Switches de comunicaciones (SWE-01, SWE-02 y SWE-03), los cuales utilizarán cable trenzado de cuatro pares para la comunicación, en el caso de distancias mayores a cien metros entre los equipos de control y el cuarto de control donde se ubicará la estación de operación se utilizará fibra óptica con sus respectivos Convertidores de Medio (FOE-01 y FOE-02).

El sistema de control de la PTA comprende:

- a) Medición del nivel: se realizará utilizando medidores de nivel tipo ultrasónico, que irán montados con los elementos y accesorios necesarios para garantizar una buena instalación y seguridad.
- b) Medición del caudal: se realizará utilizando un medidor electromagnético compuesto por un sensor y un transmisor.
- c) Medición de pH, turbiedad y cloro residual: realizará utilizando medidores de pH y turbiedad en línea, que serán ubicados y montados en pared, cerca de la respectiva cámara de ingreso de la Planta, sitio en el cual se tomarán las respectivas muestras.

- d) Control del caudal de ingreso: se realizará mediante una válvula mariposa ubicada en la Cámara de Medición antes de la bifurcación a los dos módulos de tratamiento. Esta válvula será motorizada mediante la utilización de un actuador eléctrico (FV-101), que se comunicará con el PLC a través de la red RS-485 (Modbus o Profibus).
- e) Operación de floculadores (desagüe): Para el caso del Floculador 1 será mediante la maniobra de: la válvula mariposa de ingreso (MOV-305), la válvula mariposa de desagüe (MOV-306) y la compuerta (MOV-307), actividades realizadas durante las labores de mantenimiento de las unidades
- f) Operación de sedimentadores (desagüe de lodos): se realizará mediante la maniobra de las válvulas mariposas de desagüe (Módulo 1: MOV-323 al MOV-328, Módulo 2: MOV-423 al MOV-428), actividades realizadas durante las labores de mantenimiento de las unidades
- g) Operación de filtros (Puesta en marcha, parada y lavado): se realizará mediante la operación de las válvulas de lavado con aire por 3 minutos y luego de las válvulas de lavado con agua por 10 minutos.
- h) Operación y control de la Planta se realizará con la utilización de la Estación de operación

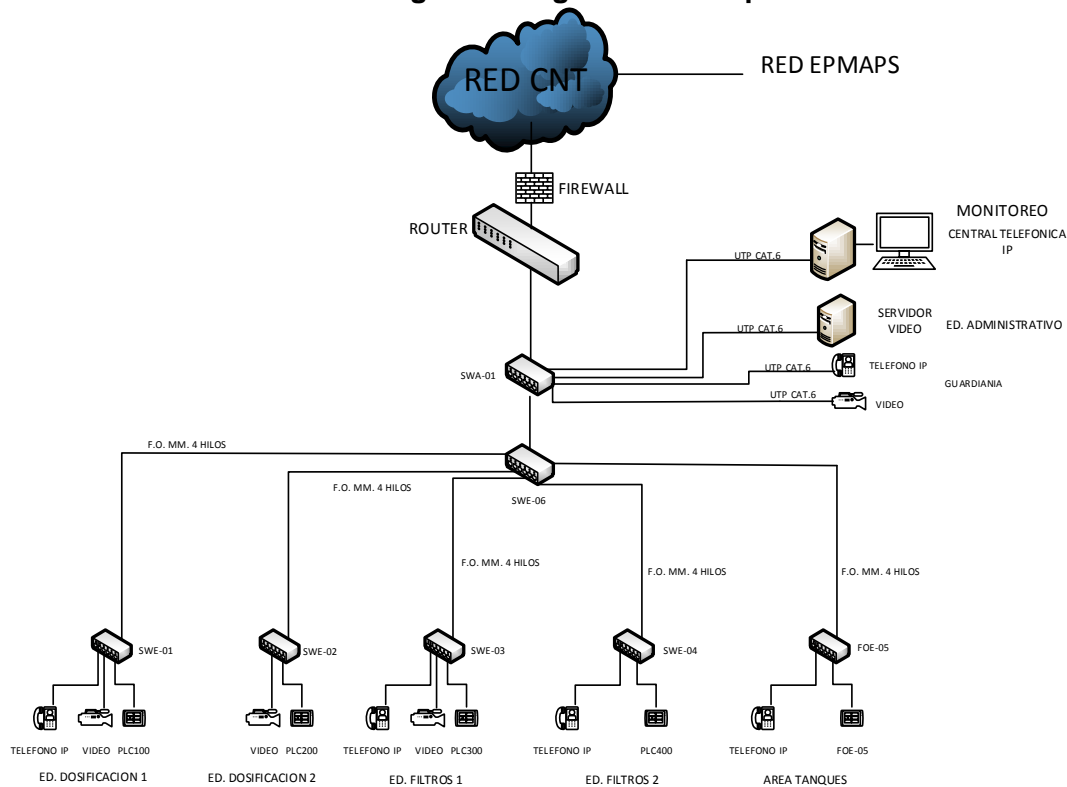
5.10.3 Comunicaciones

La Planta de Tratamiento de Calderón, para sus comunicaciones, operará a través de la implementación de una red de datos tipo LAN (Local Area Network) con protocolo Ethernet TCP/IP, la misma que funcionaría en acorde con la normativa ANSI/TIA/EIA-568, que provee las especificaciones de diseño e implementación del cableado estructurado dentro de una edificación.

Topología del sistema de comunicaciones:

La red física será un tipo en estrella, en la que todos los equipos de la red tendrán los mismos parámetros en cuanto a velocidad, tecnología, escalabilidad, seguridad, mantenimiento y factor de calidad de servicio. Todos los equipos se conectan a un Switch usando el Protocolo de Control de Transmisión (TCP) y el Protocolo Internet (IP), en general la topología será la de la Figura N° 7 Diagrama de bloques

Figura 2 Diagrama de bloques



Todos los servicios descritos serán concentrados en el Edificio de Administración y Laboratorio, en el Cuarto de Control (Planta Alta).

En el cuarto de control se concentrarán los equipos principales del sistema de comunicaciones como son:

- 1u. Central Telefónica IP, software o equipo de control de llamadas
- 2u. Switchs de datos de 24 puertos cada uno con convertidor a FO
- 1u. Router
- 1u. Servidor de video, cargado con el software de CCTV
- 1u. Monitor de video

Debido a la distancia desde las diferentes edificaciones hasta Edificio Administrativo y el Cuarto de Comunicaciones, la misma que es en algunos casos es de mayor que 100 m., se utilizará para enlazar los equipos Switchs de cada uno de los edificios con el uso de un cable de Fibra óptica tipo monomodo de 4 hilos, usando convertidores de fibra a cable UTP Cat. 6 en ambos lugares descritos, integrados en los mismos Switchs.

Para la interconexión desde la PTAP de Calderón hacia la red de la EPMAPS, se deberán solicitar líneas telefónicas a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT como troncales SIP las mismas que son líneas telefónicas que funcionan sobre IP utilizando el protocolo SIP. Utilizando este protocolo estándar, la CNT proveerá de los servicios de

telecomunicaciones (VoIP) que se conectan uno o más canales a la PBX de la PTAP de Calderón. Los números telefónicos y DIDs son enlazados al troncal SIP.

5.11 VÍA DE ACCESO

El acceso a las instalaciones de la PTAP se realizará por el camino vecinal existente en el lado occidental del terreno, el mismo que será mejorado, modificando geoméricamente el trazado tanto en sentido vertical como en horizontal e incluyendo una estructura de pavimento con adoquín de concreto, el tramo de vía rehabilitada tendrá una longitud de 942 m, inicia en el portón de entrada a la propiedad de las Hermanas Oblatas y llega hasta la altura de la cámara de ingreso de agua cruda.

Los patios de maniobras y parqueaderos del interior de la planta serán adecuados también con un pavimento de adoquín de concreto.

En el diseño se han considerado, entre otras, las Normas de Diseño Geométrico MOP 2003 y las Normas AASHTO.

La velocidad considerada para el diseño es de 40 km/h, con un Tráfico Promedio Diario Anual-TPDA- de 0 a 500, lo que clasifica a la vía como tipo C3 de dos carriles con pendiente máxima de 16%.

El vehículo de diseño se tomó el tipo 2DB que corresponde a un camión de 2 ejes grandes con un peso de 18 Ton.

Para el diseño del pavimento se estimó el valor del CBR correlacionando con los resultados de las pruebas SPT, para lo cual se utilizó la correlación sugerida por la Consejería de Obras Públicas y Transporte de la Junta de Andalucía.

Se diseñaron vías interiores para tener una adecuada conectividad entre las diferentes unidades de la planta de planta de tratamiento, así como con el exterior, que faciliten la movilidad tanto en el aspecto de operación de la planta como en las actividades rutinarias y de abastecimiento de insumos para la misma. Los parqueaderos, darán facilidad a los vehículos que requerirán estacionarse por cualquier necesidad, operativa o de visitas y los patios de maniobras facilitarán las actividades de apoyo con equipos al mantenimiento de todos los componentes de la planta.

Las vías interiores, estacionamientos y patios de maniobras, tendrán la misma estructura del pavimento con adoquín de concreto, que los considerados para la vía de ingreso.

5.12 PAISAJISMO

El diseño paisajístico para el área en la cual se ha previsto la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Calderón, PTAP, abarca toda el área que queda libre de construcciones de planta de tratamiento, planta de lodos, edificaciones, vías y tanques.



Para el diseño paisajístico se toma en cuenta básicamente la vegetación circundante, tipo de suelo y el clima en general de la zona donde se implantará la PTAP.

Sobre la base de las condiciones topográficas, clima, tipo de suelo y entorno inmediato se ha proyectado el tratamiento paisajístico para la planta de, para lo cual se ha escogido los árboles: molle, guarango y faique que son los más indicados para las condiciones del sector y que además contribuyan a proteger la PTAP contra vientos, que arrastran mucho polvo.

El diseño paisajístico propuesto se adapta a los espacios planteados como zonas verdes y libres, sin afectar las actividades propias de la Planta de Tratamiento de Agua Potable. En ese sentido, se ha distribuido los árboles en el perímetro de toda el área de la planta. Los árboles no superan los 10 metros de altura, con lo que se evita que las hojas afecten la operación de la planta. Igualmente se cuida que las raíces de los árboles no afecten a las estructuras.

Las áreas circundantes a las edificaciones y sobre el tanque de reserva se cubrirán con chambas de quicuyo obteniendo así un manto verde que cumplirá la función de dar sensación de frescura en el ambiente. En las áreas que rodean a los tanques reservorio en el sector norte y al equalizador el sector sur, se propone crear un manto gris compuesto de ripio, que además evite el levantamiento de polvo en toda el área.

5.13 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA, IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.

El informe se realizó sobre la base de la obtención de parámetros ambientales que resultaron del análisis de información primaria y secundaria, realizando una evaluación del sitio de implantación del proyecto y actividades relacionadas al mismo. Se realizó el levantamiento de la línea base ambiental y se formuló un Plan de Manejo Ambiental, todo esto orientado a establecer cuál de las alternativas era la más idónea ambientalmente para su implementación.

Los objetivos están enmarcados para la fase de factibilidad de conformidad con lo establecido en los Términos de Referencia del contrato:

- Analizar el marco legal e institucional ambiental en el que se inscribe el proyecto o actividad.
- Describir el proyecto o actividad, en función de la alternativa técnica seleccionada, con énfasis en los aspectos que permitan su caracterización ambiental.
- caracterizar el ambiente en el área de influencia directa e indirecta de la alternativa seleccionada, destacando las variables que pudieran ser afectadas.
- Identificación, caracterización y valoración de los impactos ambientales

5.14 SOCIALIZACIÓN DEL PROYECTO

Para poner en conocimiento a la población que se encuentra en el área de influencia directa e indirecta, es decir la afectada temporalmente como la beneficiaria, el proyecto de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Calderón, en lo relacionado a la parte técnica y posibles impactos ambientales generados por las actividades de construcción y operación del mismo, se realizó el proceso de socialización de los estudios con la población en la Casa Comunal de San Juan de Calderón.

La reunión se desarrolló de acuerdo a lo planificado, con la participación tanto de los representantes de la EPMAPS Quito, la Administración Zonal Calderón (AZC) de la Junta Parroquial de Calderón, los pobladores de los barrios beneficiarios, así como con los pobladores de los sitios que serán impactados negativamente por la actividades de la fase constructiva del Proyecto, los Técnicos de CORPCONSUL responsables de la elaboración de los estudios del Proyecto.

Hubo una aceptación total del Proyecto Planta de Tratamiento de Agua Potable de Calderón, por lo que concluye que hay viabilidad social del Proyecto. Los vecinos están de acuerdo con la realización de los estudios y se encuentran dispuestos a apoyar en la realización del mismo.

Si bien existe un grupo poblacional que será impactado temporalmente, en la fase de construcción, este está dispuesto a apoyar todo el proceso del proyecto. Solicitan que se les mantengan informados para tomar las medidas pertinentes y reducir riesgos y problemas.

Existe un consenso en favor del Proyecto. En la Asamblea no hubo participantes que estén en contra su ejecución, ni operación.

Las medidas de mitigación expuestas en la Asamblea, dejaron claro que la ejecución del Proyecto tiene un plan de medidas de mitigación para reducir los impactos negativos.

En el período inmediato, la EPMAPS tiene que atender a la población con medidas emergentes relacionadas con la escasez de agua potable. El Plan de Acción de corto plazo debe estar orientado a dotar de agua en los próximos meses de verano. Así es como manifestaron los asistentes de la Asamblea su preocupación y recomendación frente al período próximo.

Las partes interesadas comentaron que en noviembre de 2018 tuvieron conocimiento de este Proyecto, y que con esto conocen la continuidad del mismo. Su requerimiento de mantener informada a la comunidad se cumple con la presente Asamblea donde se presenta los Diseños Definitivos de la PTAP-Calderón.

Por la numerosa asistencia a la Asamblea, los asistentes a la socialización, consideran que este es el mecanismo adecuado para continuar informando sobre éste y cualquier otro proyecto que la EPMAPS desarrolle en el sector.

Existe una tranquilidad entre los asistentes, por la inexistencia de reasentamientos, debido a la ejecución del Proyecto.

De acuerdo a lo recabado en la Asamblea, el área donde se implantará la PTAC no involucra territorios de comunidades indígena, ni población vulnerable.

Se recomienda que la EPMAPS mantenga informados a los dirigentes de los barrios y población dentro del área de influencia indirecta sobre el avance de los estudios y la ejecución de las obras.

Se recomienda que la EPMAPS informe a la comunidad sobre la fecha de inicio de los trabajos de ejecución de obras y las fechas tentativas en que los pobladores de Calderón tendrán agua en sus domicilios.

5.15 VULNERABILIDAD Y RIESGOS

5.15.1 Objetivos.

Identificar los peligros naturales y antrópicos que potencialmente afectarían a la construcción y funcionamiento de la planta de tratamiento.

Analizar la vulnerabilidad de los principales elementos constituyentes de la planta, en función de las amenazas identificadas.

Estimar el riesgo cualitativo, en función del nivel de amenazas identificadas, vulnerabilidad e impactos, considerando la ausencia de medidas de mitigación.

Delinear las medidas de mitigación destinadas a la reducción del nivel de riesgo inicial, en un escenario del Plan de Gestión del Riesgo.

5.15.2 Identificación de peligros (hazards)

La identificación de potenciales impactos en la PTAP de Calderón, se define en función de su origen, es decir naturales y antrópicos.

Peligros naturales:

- ✓ Peligros por procesos geomorfológicos, incluye deslizamientos y erosión
- ✓ Peligros geofísicos, es decir erupciones volcánicas y sismos

Peligros antrópicos:

- ✓ Origen tecnológico, mal funcionamiento de filtros, colapso sistemas de comunicación.
- ✓ Origen biológico, contaminación del agua cruda.

- ✓ Origen vandalismo y sabotaje, atentados en PTAP, robo de partes y piezas.
- ✓ Derrubios en taludes de cortes, provoca lesiones y muerte de personal, como también enterramiento de maquinaria y equipos.

5.15.3 Conclusiones y recomendaciones

En el área de influencia directa de la PTAP Calderón, no se evidencian procesos de remoción en masa, exclusivamente se produce erosión eólica e hídrica. Se recomienda una cortina vegetal en los límites de la PTAP, para atenuar el ingreso de material particulado arrastrado por el viento al interior de la PATP.

La sismicidad es alta en la zona, en los últimos años se han registrado sismos muy próximos a la PTAP Calderón, el riesgo sísmico es alto para las estructuras semi - enterradas por efecto de amplificación de onda y producción de olas y para estructuras rígidas construidas al interior de la cámara de cloro, floculadores y tanques. Se recomienda en los diseños y construcción utilizar los criterios normados en la NEC-2015, referente a la potencialidad de generar olas en los estanques es un factor a considerar en caso de terremoto, en lo posible se debe utilizar cañerías relativamente flexibles para la interconexión de partes constitutivas de la PTAP.

En caso de erupción volcánica, se espera caída de ceniza en la PTAP Calderón, la ceniza puede afectar la calidad del agua y taponar los filtros, suspensión del fluido eléctrico interconectado, de igual forma se pueden suspender las actividades al aire libre. Se recomienda techos móviles para proteger el tanque de agua cruda, disponer de filtros de repuesto, contar con un generador eléctrico, disponer de gafas y mascarillas para el personal que labora en la planta.

En la fase de construcción el riesgo mayor son deslizamientos en los taludes de corte, potencialmente afectando a los trabajadores y maquinaria que pueden ser enterrados. Se recomienda cumplir con los diseños de los taludes (ángulos de corte máximos y bermas), cubrir con plástico los taludes, evaluar constantemente la estabilidad de los taludes, uso de protecciones tipo entibado en zonas inestables.

En la fase de operación de la PTAP Calderón, el riesgo más alto es la suspensión de energía eléctrica por sabotaje; se recomienda disponer de un generador eléctrico. El colapso del sistema de comunicación de igual forma tiene un riesgo grave, se recomienda disponer de protecciones tecnológicas. Uno de los elementos más susceptibles a daños son los filtros, se recomienda disponer de filtros de repuesto.

5.19 JUSTIFICACION DE PRECIOS, PRESUPUESTO Y REAJUSTE DE PRECIOS

En esta fase de los estudios se revisaron y actualizaron los análisis de precios unitarios desarrollados en las fases anteriores, se determinaron los volúmenes de obra en base a los diseños definitivos, de manera de desarrollar los presupuestos detallados y el presupuesto general.

Algunos precios unitarios utilizados en la elaboración del presupuesto del presente proyecto han sido tomados de la base de datos que dispone la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de la ciudad de Quito; sin embargo, algunos de ellos han sido actualizados debido a que los valores planteados han quedado en desuso o fuera de los rangos de mercado observados por la Consultora.

Otros precios unitarios no existen en la base de datos de la Empresa, por lo que, para esos rubros, se procedió a preparar nuevos análisis de precios unitarios, la plantilla utilizada es la entregada por la EPMAPS. Este formato incluye los costos directos e indirectos; dentro de los costos directos están los componentes básicos: herramientas, equipos, mano de obra y materiales; los costos de equipos se obtuvieron en base a cotizaciones de mercado, las mismas que se incluyen en el anexo respectivo.

Los costos indirectos aplicados en este proyecto alcanzan al 20% sobre el costo directo, en este porcentaje se incluye: administración, gastos generales, utilidades e imprevistos, tal como se describe en la memoria del presupuesto que se anexa a este informe.

Las unidades de tratamiento serán ejecutadas en dos etapas de inversión, la primera etapa se conforma por el tanque de agua cruda, el primer módulo de las unidades de tratamiento, el tanque de reserva de agua tratada, cámaras de ingreso y salida a las redes de distribución, edificaciones de administración, dosificación de químicos, bodega, caseta de cloración, infraestructura de agua potable y alcantarillado, planta de tratamiento de lodos y cerramiento; quedando la segunda etapa exclusivamente con la construcción del segundo módulo de unidades de tratamiento.

En el Cuadro N° 16 se presenta el resumen del presupuesto.

Cuadro 7 - Resumen de presupuesto por etapas

COMOPONENTE	ETAPA 1	ETAPA 2
OBRAS CIVILES	8.772.967,52	1.512.932,15
EQUIPAMIENTO	5.482.945,26	2.318.986,60
INST. ELECTRICAS	2.868.217,21	883.626,61
CONTROL, COMUNICACIONES	611.095,09	115.031,52
PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	116.558,21	43.499,54
TOTAL	17.851.783,30	4.874.076,42

En base al presupuesto y los análisis de precios unitarios, se desarrolló la fórmula polinómica de reajuste de precios:

$$Pr=Po(0.198 B1/Bo + 0.108 C1/Co + 0.036 D1/Do + 0.011 E1/Eo + 0.109 F1/Fo + 0.158 G1/Go + 0.039 H1/Ho + 0.007 I1/Io + 0.028 J1/Jo + 0.112 K1/Ko + 0.194 X1/Xo)$$



COEFICIENTE	SIMBOLO	DENOMINACION
0,198	B1/Bo	Mano de obra
0,108	C1/Co	Equipo y maquinaria de Construcción vial
0,036	D1/Do	Válvulas de hierro fundido
0,011	E1/Eo	Tubos y accesorios de PVC Para alcantarillado
0,109	F1/Fo	Cemento Portland Tipo I Sacos
0,158	G1/Go	Acero en barras
0,039	H1/Ho	Materiales pétreos (Pichincha)
0,007	I1/Io	Madera aserrada, cepillada y/o escuadrada (preparada)
0,028	J1/Jo	Tubos y Acc. de hierro o acero (I)
0,112	K1/Ko	Lámparas, aparatos y Acc. eléctricos Para alumbrado público
0,194	X1/Xo	Sistemas de agua potable Plantas de tratamiento
1,000		

5.20 EVALUACIÓN FINANCIERA Y SOCIO ECONÓMICA

En el desarrollo de los estudios técnicos se estimó, que la planta de Calderón se implementará para permitir con normalidad, el abastecimiento durante el período 2025-2054, con una capacidad de producción total de 1.300 l/s, lo que le conferirá gran flexibilidad para la operación. Tomando en cuenta que su primera fase de oferta será de 650 l/s desde el año 2025 hasta el año 2032 y a partir del año 2033 su oferta de abastecimiento se incrementará 650 l/s más, completando los 1.300 l/s hasta el año 2054, año de horizonte de vida del proyecto. Esto se tomó de base para la evaluación financiera y económica, considerando que es un proyecto de factibilidad. En consecuencia, se estiman los ingresos y los costos generados por la planta. Para la distribución del agua a los diferentes usuarios, se utiliza la red actual de distribución, además el Sistema Calderón, incorpora la línea de transmisión Puembo-Calderón que tomará el agua cruda del Proyecto Ríos Orientales.

5.20.1 Resultados de la Evaluación Financiera sin y con Financiamiento

Analizada la evaluación financiera bajo el escenario sin financiamiento, los resultados demuestran que el proyecto es rentable, con un VAN de **USD 8.023.664**; una TIR de **9,27%**; y, una relación B/C de **1,42**. Es necesario indicar, que, de acuerdo a normas generalizadas internacionalmente, el indicador financiero con mayor credibilidad es el Valor Actual Neto (VAN). Los cálculos detallados se encuentran en el anexo del flujo de fondos de la evaluación financiera del proyecto.

Cuadro 8 Resumen de Resultados de Evaluación Financiera sin financiamiento

VAN sin financiamiento (valores actualizados)	8.023.664
TIR sin financiamiento (valores corrientes)	9,27%
B/C sin financiamiento	1,42
Valor Actual	27.351.262
Inversión	19.327.598

Con la alternativa de financiamiento discutida anteriormente, se elaboró el Flujo Neto de fondos con financiamiento, obteniéndose un VAN de USD 9.487.317; una TIR de 11,13%; y, una relación B/C de 1,99. Los resultados de los indicadores financieros son superiores a los presentados sin financiamiento, dado que en el año cero hay un menor valor a recuperar por efectos del apalancamiento financiero y el resumen en el Cuadro N° 18 Resumen de resultados de Evaluación Financiera con financiamiento.

Cuadro 9 Resumen de Resultados de Evaluación Financiera con financiamiento

VAN con financiamiento (valores actualizados)	9.487.317
TIR con financiamiento (valores corrientes)	11,13%
B/C con financiamiento	1,99

5.20.2 Resultados de la Evaluación Económica

Los resultados de la evaluación económica demuestran que el proyecto es rentable, con un VANE de **USD 23.584.642**; una TIR de **20.37%**; y, una relación B/C de **2,45**. Se presenta el Cuadro N° 19 Resumen de la Evaluación Económica.

Cuadro 19 Resumen de la Evaluación Económica

VANE	23.584.642
TIRE	20,37%
B/C	2,45

5.20.3 Periodo de Recuperación de la Inversión

El período de recuperación de la inversión (PRI) es un indicador que mide en cuánto tiempo se recuperará el total de la inversión a valor presente, que puede revelarnos con precisión, en años, meses y días, la fecha en la cual será cubierta la inversión inicial. Se presenta el Cuadro N° 20 Periodo de Recuperación de Inversión sin financiamiento.

Cuadro 20 Período de Recuperación de la Inversión sin financiamiento

AÑOS	INVERSIÓN	FLUJO NETO DE FONDOS ACTUALIZADO	FLUJO ACUMULATIVO	RECUPERACIÓN INVERSIÓN
Inversión 2023	-12.820.960			
Inversión 2024	-6.506.637			
1		1.639.740	1.639.740	-17.687.858
2		1.549.097	3.188.837	-16.138.761
3		1.453.215	4.642.052	-14.685.546
4		1.363.224	6.005.276	-13.322.322
5		1.278.766	7.284.042	-12.043.556
6		1.199.501	8.483.543	-10.844.055
7		1.125.113	9.608.655	-9.718.943
8		-2.499.562	7.109.094	-12.218.504
9		1.623.804	8.732.898	-10.594.700
10		1.324.589	10.057.487	-9.270.111
11		1.503.309	11.560.795	-7.766.802
12		1.444.865	13.005.660	-6.321.937
13		1.387.713	14.393.374	-4.934.224
14		1.331.909	15.725.283	-3.602.315
15		842.106	16.567.388	-2.760.210
16		1.224.513	17.791.901	-1.535.697
17		1.172.989	18.964.890	-362.708
18		1.122.945	20.087.835	760.237
19		1.054.492	21.142.327	1.814.729
20		-389.655	20.752.672	1.425.074
21		925.369	21.678.041	2.350.443
22		866.783	22.544.824	3.217.226
23		810.991	23.355.815	4.028.218
24		759.327	24.115.142	4.787.545
25		710.883	24.826.025	5.498.427
26		665.456	25.491.481	6.163.883
27		622.861	26.114.342	6.786.744
28		582.925	26.697.266	7.369.668
29		545.076	27.242.342	7.914.744
30		108.920	27.351.262	8.023.664
TOTAL	-19.327.598			

Fuente: Flujo neto de fondos, evaluación financiera sin financiamiento

5.20.4 Punto de Equilibrio

Es necesario puntualizar que se trabajará con datos anuales al momento de calcular el punto de equilibrio, el mismo que considera los ingresos por venta de agua potable en el sector de Calderón, San Antonio de Pichincha y Calacalí y los costos totales diferenciados en fijos y

variables; siempre tomando en cuenta el tamaño de planta que en este caso tendrá dos fases: la primera de 650 l/s entre los años 2025 al 2032; y, la segunda fase de 1300 l/s del año 2033 al año 2054.

El punto de equilibrio mostrará una situación en la cual la EPMAPS, empresa que presta el servicio, ni gana ni pierde, y se realiza para determinar los niveles más bajos de producción de agua potable a los cuales puede funcionar un proyecto sin poner en peligro la viabilidad financiera.

Se utiliza para observar un nivel de operaciones, en el cual el proyecto no deja ni pérdida ni ganancia. Entre más bajo sea el punto de equilibrio, son mayores las probabilidades de que en el proyecto obtenga utilidades y menor el riesgo de que incurra en pérdidas.

Para calcularlo fue necesario descomponer los costos en fijos (CF) y variables (CV). Los CF permanecen constantes, independientemente del volumen de producción de agua potable. Los costos variables guardan relación directa con el volumen de producción de agua potable.

La información anual del proyecto para estimar el punto de equilibrio consta en el cuadro 16. Información que corresponde a los años 2033 y 2054. Anotando que cuando se presentan cambios en una de las variables, se debe estimar un nuevo punto de equilibrio.

La información anual del proyecto para estimar el punto de equilibrio consta en el cuadro 21. Información que corresponde a los años 2033 y 2054. Anotando que cuando se presentan cambios en una de las variables, se debe estimar un nuevo punto de equilibrio.

Cuadro 10 Información para estimar el punto de Equilibrio

AÑOS	2033		2054	
Rubros	CF en USD	CV en USD	CF en USD	CV en USD
Mano de Obra	306.819		419.439	
Energía	0	21.308	0	29.129
Químicos	0	442.489	0	706.044
Otros costos de operación y mantenimiento	93.292	10.366	93.292	10.366
TOTAL, COSTOS	400.111	474.162	512.731	745.539
TOTAL VENTAS	3.802.312 USD		4.897.413 USD	
PUNTO DE EQUILIBRIO	457.115 USD		604.801 USD	
	12,02%		12,35%	



Los cálculos se realizaron con la siguiente fórmula:

$$\text{Punto de Equilibrio} = \frac{\text{Costos Fijos Totales}}{1 - \frac{\text{Costos Variables Totales}}{\text{Ventas Totales}}}$$

PUNTO DE EQUILIBRIO PARA LA SEGUNDA FASE DEL PROYECTO, AÑO 2033

$$\text{Punto de Equilibrio año 2033} = \frac{400.111}{1 - \frac{474.162}{3.802.312}} = 457.115$$

Ingresos en equilibrio: 457.115 USD

Capacidad utilizada en equilibrio: Se estará en equilibrio utilizando el 12,02% de la capacidad instalada.

PUNTO DE EQUILIBRIO PARA LA SEGUNDA FASE DEL PROYECTO, AÑO 2054

$$\text{Punto de equilibrio año 2054} = \frac{512.731}{1 - \frac{745.539}{4.897.413}} = 604.801$$

Ingreso en equilibrio: 604.801 USD

Capacidad utilizada en equilibrio: Se estará en equilibrio utilizando el 12,35% de la capacidad instalada.

5.20.5 Análisis de Sensibilidad

El análisis de sensibilidad ilustra cómo varía el valor del proyecto ante cambios en alguna de las variables clave, manteniendo el valor de las demás constantes. Es decir, este análisis se hace una variable a la vez y supone independencia entre las distintas variables que influyen el valor de un proyecto.

El análisis de sensibilidad se hace teniendo en cuenta una tasa de descuento utilizada en la evaluación financiera, es decir el 6,77.

Para realizar **el análisis de sensibilidad** es aconsejable suponer variaciones en ingresos y costos de hasta un máximo del 10%, de las cifras originalmente calculadas.

En este caso se supone que la EPMAPS, previniendo la eventualidad de cambios que ocasionen riesgo sobre ingresos y egresos, desea saber cuál sería la situación del flujo neto de fondos y de los indicadores financieros:

En el Cuadro 22, se presentan los comportamientos, simulados para la sensibilidad en las variables que son importantes.

Cuadro 11 Análisis de sensibilidad proyecto de Agua Potable Calderón

INDICADORES FINANCIEROS	Incremento 10% Costos Inversión Inicial	Incremento 10% Costos Operación y mantenimiento	Decremento 10% en los ingresos
--------------------------------	--	--	---------------------------------------

SIN FINANCIAMIENTO			
VAN Base	8.023.664	8.023.664	8.023.664
VAN aplicado sensibilidad	5.735.418	6.999.687	3.662.839
Variación VAN	-28,52%	-12,76%	-54,35%
TIR Base	9,27%	9,27%	9,27%
TIR aplicado sensibilidad	8,32%	8,93%	7,79%
Variación TIR	-10,15%	-3,62%	-15,89%
B/C Base	1,42	1,42	1,42
B/C aplicado sensibilidad	1,27	1,36	1,19
Variación B/C	-10,27%	-3,74%	-15,94%

CON FINANCIAMIENTO			
VAN Base	9.487.317	9.487.317	9.487.317
VAN aplicado sensibilidad	7.199.071	8.463.340	5.126.492
Variación VAN	-24,12%	-10,79%	-45,96%
TIR Base	11,13%	11,13%	11,13%
TIR aplicado sensibilidad	9,63%	10,66%	9,09%
Variación TIR	-13,49%	-4,22%	-18,31%
B/C Base	1,99	1,99	1,99
B/C aplicado sensibilidad	1,62	1,88	1,53
Variación B/C	-18,28%	-5,36%	-22,83%

Fuente: Flujo neto de fondos, análisis de sensibilidad

Del Cuadro 22, se puede desprender que el factor más sensible de los 3 analizados, corresponde al relacionado con los ingresos (consumo de la población del sector y tarifas del servicio). Cabe indicar que los trabajos de campo del proyecto requieren recursos presupuestales y que el factor demanda o comportamiento de la población, podría ser un factor de incidencia, en los resultados del proyecto.

5.20.6 Conclusiones

- La evaluación financiera demuestra que una vez estimados los ingresos y los costos, con y sin financiamiento para la implementación de la PTAP Calderón, es aceptable su viabilidad. En la situación sin financiamiento el VAN es de USD 8.023.664; la TIR de 9,27% y la relación B/C de 1,42. En tanto que, con financiamiento el VAN es de USD 9.487.317; la TIR de 11,13% y la relación B/C de 1,99, situación que se da por el apalancamiento financiero que se da en el proyecto.

- b) La evaluación económica demuestra, que una vez estimados los ingresos y los costos económicos para la implementación de la PTAP Calderón, es aceptable su viabilidad, con indicadores de rentabilidad del siguiente orden: VANE de USD 23.584.642, TIRE de 20,37%; y, B/C de 2,45.
- c) El Período de Recuperación de la Inversión (PRI), indican que la inversión en el escenario sin financiamiento se recupera en 17,19 años.
- d) Es importante evaluar la implementación de la planta dentro del Sistema Integral Calderón que incluye líneas de conducción, tanques y redes de distribución con el objeto de poder cuantificar todos los beneficios y costos que representarían la entrega de agua potable hasta el punto final del ciclo del agua, que es el consumidor del sector de Calderón, San Antonio de Pichincha y Calacalí.
- e) Este estudio recomienda se impulse la construcción de la planta de tratamiento de agua potable para Calderón por ser financieramente y económicamente factible de realizar.

5.21 PLAN DE OBRAS

Para un efectivo control y supervisión de los trabajos, el Constructor dispondrá de personal técnico de campo y de apoyo.

El equipo técnico estará compuesto por: un Superintendente de obra, dos Ingenieros Residentes, un Arquitecto Residente, Técnicos Especialistas Ingeniero Ambiental Arqueólogo Técnico en Seguridad Industrial y Salud Ocupacional (Jefes de Grupo, un Topógrafo y un Bodeguero).

Adicionalmente deberá contar con el asesoramiento de un Ingeniero mecánico, un Ingeniero Eléctrico y un Ingeniero Electrónico, quienes, en coordinación con el Superintendente y Residentes establecerán los mecanismos más idóneos para ejecutar la obra según lo indican las Normas de la Construcción en las respectivas especialidades.

En general los procesos constructivos se sujetarán a las normas de construcción nacionales y a las especificaciones técnicas referidas en el proyecto. Las especificaciones constructivas definen el tipo, la calidad y los requerimientos de los materiales y equipos que forman parte de cada rubro de construcción.

El contratista elegirá un lugar adecuado para efectuar instalaciones o campamentos dentro del área de la PTAP, las mismas que comprenderán una oficina para controlar la ejecución de los trabajos, una oficina para la fiscalización, una o más bodegas para guardar herramientas y materiales, vivienda para los trabajadores (de ser el caso) e instalaciones sanitarias provisionales para el personal que labore en la obra.

Todos los materiales requeridos para la construcción de las obras serán nuevos y los equipos se presentarán en buen estado de operación. Así mismo, los trabajos se efectuarán con técnicos y obreros entrenados en su oficio.

5.22 MANUALES DE SEGURIDAD

El objetivo del Plan es el de precautelar la seguridad industrial de los trabajadores en los distintos sitios de trabajo, así como también velar por la salud y vida de las personas, salvaguardar la maquinaria e infraestructura, aplicar en todas sus operaciones las normas de seguridad e higiene, que son difundidas en forma oportuna y eficaz a fin de garantizar su pleno cumplimiento, para lo cual se debe a seguir con estricto cumplimiento los parámetros fijados por el plan interno de seguridad de obra.

Para el efecto se prepararon manuales de seguridad tanto para la etapa de construcción como para la de operación.

5.23 EXPROPIACIONES, AFECTACIONES Y REPOSICIONES

El terreno en el cual se ha diseñado la Planta de Tratamiento de Agua Potable para Calderón, PTAP, se encuentra dentro del predio identificado por el Municipio de Quito con el N° 5007828 que tiene un área total de 563.158,35 m², según lo establecido en la ficha técnica que se presenta, el área a expropiar será de 65.994,51 m².

5.24 PRUEBA Y PUESTA EN MARCHA

De acuerdo a los componentes de PTAP y su función en la línea de tratamiento definida, se preparó un procedimiento para la prueba y puesta en marcha.

5.25.1 Pruebas de equipos

Previo el inicio de la puesta en marcha de la planta, cada uno de los equipos de la PTAP, será probado de acuerdo a las especificaciones y recomendaciones del fabricante, para el uso para el cual ha sido diseñado.

5.25.2 Puesta en marcha de la planta

1. El agua proveniente de la línea de conducción Puenbo- Calderón, ingresa al reservorio de agua cruda, que consta de dos celdas con una capacidad total de 20.000 m³. Se realizarán análisis del agua que sale del reservorio y pruebas de jarras a fin de determinar las características del agua cruda y las dosificaciones de coagulante, polímero, precloración y cloración.
2. Se calibrarán los equipos de dosificación para entregar las cantidades necesarias en los puntos de dosificación programados.
3. A fin de poner en funcionamiento la PTAP, deberá abrirse todas las válvulas de ingreso a

- las diferentes unidades del tratamiento y mantener cerradas las válvulas de ingreso al tanque de reserva de agua potable.
4. El agua procedente del reservorio de agua cruda es enviada, por medio de una tubería de 1.000 mm de diámetro, a la estructura de ingreso y medición de la planta de tratamiento donde existe un medidor electromagnético y una válvula de mariposa con actuador eléctrico con capacidad para regular el caudal de ingreso.
 5. Inmediatamente a la salida de la estructura de ingreso y medición, la tubería de 1.000 mm de diámetro se bifurca en dos ramales, en cada uno de los cuales se instalará un mezclador estático con dos puntos de aplicación de productos químicos: el primero, donde se inyectará una solución de sulfato de aluminio y el segundo, para inyectar cloro gas para el control de hierro en el agua cruda y 73 metros más adelante, se tiene otro mezclador estático de 700 mm con dos puntos de inyección, el primero donde se inyectará polímero floculante y el segundo para aplicar una suspensión de carbón activado en polvo con agua como medio dispersante, la cual se inyectará solo en caso de que se requiera control de subproductos de cianobacterias o algas.

La descripción de los siguientes pasos de los procesos se refiere a uno de los módulos de tratamiento de 650 l/s, ya que para el otro es exactamente igual.

6. La tubería que ingresa a la PTAP se bifurca en dos ramales: uno lateral, de 700 mm, provisto en el inicio de una válvula de mariposa con actuador eléctrico, para apertura o cierre total, que da acceso al by-pass para filtración directa y, el segundo, que continúa directamente hacia adelante para alimentar a los floculadores, con un reductor a 600 mm, en cuyo extremo menor, irá una válvula de mariposa con actuador eléctrico para las posiciones de apertura y cierre total.
7. El tramo de 600 mm de diámetro, que se desarrolla a lo largo de todos los floculadores, cuenta con seis ramificaciones, cada una de 500 mm de diámetro, equipada con una válvula de mariposa con actuador eléctrico para regular el caudal de ingreso a la primera cámara de cada floculador.
8. Cada floculador está conformado por cuatro cámaras. El agua ingresa a la primera cámara por la parte superior. El agua permanece en esta cámara por un tiempo medio de aproximadamente 7 minutos, antes de pasar a la segunda cámara a través de un orificio de sección cuadrada, ubicado en el fondo del floculador; luego de permanecer en esta cámara por un tiempo medio de aproximadamente 7 minutos, el agua pasa a la tercera cámara a través de un vertedero ahogado. El tiempo medio de retención en la tercera cámara es de aproximadamente 7 minutos antes de pasar a la cuarta y última cámara, a través de un orificio de sección cuadrada. Al igual que en las otras cámaras, en la cuarta cámara el tiempo medio de detención es de aproximadamente 7 minutos antes de salir, por la parte superior hacia el canal de conducción al sedimentador correspondiente.
9. Cada cámara de floculación está equipada con un agitador de dos brazos, cada uno con tres paletas verticales accionado por un motorreductor montado sobre la losa que conforma los andenes y a través de la cual se tiene acceso al mismo para operación y mantenimiento.
10. Para el vaciado de los floculadores se ha dejado un desagüe de 150 mm de diámetro en el fondo de la cuarta cámara, el que estará provisto de una válvula de mariposa con un

actuador eléctrico para las posiciones de apertura y cierre. El agua producto del vaciado del floculador es descargada aun canal que forma parte del sistema de evacuación de aguas de proceso.

11. El agua procedente de los floculadores ingresa a los sedimentadores a través de un pozo ubicado al final del canal de alimentación, desde el cual el agua ingresa a un múltiple de repartición, el cual divide al sedimentador en dos zonas de igual tamaño; en el fondo del múltiple, en las paredes laterales, existen 22 orificios a cada lado, conformados por manguitos de PVC de 160 mm de diámetro exterior y 150 mm de diámetro interior, a través de los cuales el agua se distribuye a cada zona, a todo lo largo del sedimentador, bajo las placas de sedimentación para finalmente ser recogida, en cada zona.
12. Cada zona de sedimentación cuenta en el fondo con seis tolvas tronco – piramidales invertidas, con paredes de aproximadamente 55° de inclinación, En el fondo de cada tolva se tiene una tubería de desagüe, la cual se une a una tubería de recolección. Al final de la tubería de recolección se tiene una válvula de mariposa de accionamiento eléctrico, para posiciones de apertura y cierre, la cual descarga, a través de un codo de 90°, a un canal que forma parte del sistema de evacuación de aguas de proceso.
13. En base a consideraciones de producción de lodo y concentración de sólidos en el lodo de los sedimentadores, se ha establecido que se debe purgar el sedimentador. La duración de cada purga se calcula que debe ser de 20 segundos, con un caudal medio de 332 l/s. A fin de no sobrecargar el sistema de canales de evacuación ni el de tratamiento de lodos, se debe programar la purga secuencial de los sedimentadores.
14. El agua sedimentada recogida en los tubos recolectores y descargada en el canal central de cada sedimentador, es enviada al canal común de alimentación de los 4 filtros de cada módulo. El agua ingresa a cada filtro a través de una tubería provista de una válvula de mariposa equipada con actuador eléctrico para posiciones de apertura y cierre. El agua que ingresa a los filtros a través de este sistema, es descargada al canal de recolección de agua de lavado por medio de un codo de 90°.
15. Existen cuatro filtros por módulo, de operación con tasa declinante, pero cada filtro producirá un caudal variable a lo largo del periodo de filtración dependiendo del grado de limpieza. Para conseguir este modo de operación es necesario, durante la puesta en marcha, mediante lavados forzados, establecer un grado de limpieza diferente y progresivo entre los diferentes filtros de la batería. Una vez que se lava el filtro más sucio, este pasa a ser el más limpio y el segundo más sucio pasa a entrar en turno de lavado, el cual se efectuará una vez que la pérdida de carga, reflejada por el aumento de nivel en el canal de alimentación, alcance la altura máxima permitida. Cabe indicar que el sistema de lavado de filtros es secuencial, esto es primero se lava con aire por un tiempo de 3 minutos y luego solamente con agua por un tiempo de 10 minutos.
16. Se estima que se tendrán carreras de filtración de 48 hora. En la primera etapa, en los módulos que se construirán, se contará con un total de 8 filtros, de manera que se programará el lavado de un filtro cada 6 horas, lo cual debe coincidir, aproximadamente, con el alcance de nivel máximo del agua en el canal de alimentación. En la primera etapa, donde se tiene un intervalo bastante largo entre el lavado de dos filtros consecutivos, se considera que es mejor establecer la secuencia de lavado de los filtros y dar la orden de inicio de lavado una vez que el nivel de agua alcance el máximo

- permitido, lo cual se efectuará automáticamente por el envío de la señal respectiva al sistema Scada.
17. La operación de lavado se iniciará con el cierre de la válvula de ingreso de agua sedimentada y, a continuación, con la apertura de la válvula de desagüe, hasta que el nivel de agua en los filtros alcance el nivel del borde de las canaletas de recolección. El agua sobrenadante que es evacuada es enviada al canal que forma parte del sistema de evacuación, desde donde es enviada hacia el sistema de tratamiento de lodos, a cuya entrada será desviada por un by-pass hacia el tanque ecualizador de aguas pluviales. Una vez que el agua alcance el nivel del borde de las canaletas, se cerrará la válvula de salida de agua filtrada y el sistema Scada dará la orden para que arranque uno de los sopladores de lavado auxiliar con aire con un caudal de 425 l/s durante tres minutos. Existen dos sopladores por etapa, y su funcionamiento se hará en forma alternada. Una vez que el soplador suspenda su operación, el sistema Scada dará la orden para que arranquen dos de las tres bombas disponibles para el retrolavado en cada etapa, quedando la tercera en reserva y lista para entrar en operación en el siguiente retrolavado, dejando en reserva una de las que operó en el ciclo anterior. Las dos bombas en conjunto suministrarán un caudal que será controlado por sistemas de variación de velocidad de las bombas, que se ajustará automáticamente con la señal enviada por el medidor de caudal electromagnético del tipo de inserción colocado en la línea de conducción de agua de lavado hasta los filtros.
 18. Las bombas se alimentarán del agua existente en los dos tanques de contacto, uno por módulo, que se construirán en la primera etapa. Para mantenimiento, la cámara de alimentación puede aislarse del respectivo tanque de contacto mediante la operación de una compuerta de acción manual al inicio de cada tramo de tubería.
 19. Una vez terminado el ciclo de lavado, el sistema Scada dará la orden para que se cierre la válvula de desagüe del retrolavado y se abra la válvula de ingreso de agua sedimentada a fin de que se reinicie el ciclo de filtrado. Entonces, se abrirá la válvula auxiliar de desagüe que existe en el ramal lateral de la tubería de salida de agua filtrada, que es operada por un actuador eléctrico para apertura y cierre, y se permitirá que la primera agua del ciclo de filtrado vaya al sistema de drenaje.
 20. El agua producida por la batería de filtros de los dos módulos es enviada a un canal de recolección común por el cual se conduce el agua hacia el tanque de contacto de cada módulo, a los cuales ingresa a través de un vertedero de cresta aguda con descarga libre al tanque de contacto, en el cual se induce flujo pistón mediante paredes que conforman canales donde se propicia un movimiento de ida y vuelta del agua hasta el extremo de salida. Se tendrán dos puntos de aplicación de cloro para desinfección. La salida del agua tratada, se hace a través de un vertedero de pared gruesa que descarga libremente al pozo de carga de la tubería de conducción de agua tratada al tanque de almacenamiento. Las dos tuberías procedentes de los dos módulos se juntan a la salida de los dos tanques de contacto y el acceso al tanque de almacenamiento se controla mediante una válvula de mariposa con actuador eléctrico.
 21. El sistema de evacuación y tratamiento de los efluentes producto de la limpieza de las unidades de potabilización consta de un sistema de canales de recolección y continúan por un canal común hacia las unidades de tratamiento de lodos.

22. El sistema de tratamiento de lodos producto del lavado de los filtros y la purga de los sedimentadores consta de un tanque ecualizador – sedimentador y un equipo de espesamiento mediante flotación por aire disuelto DAF.

El agua procedente del lavado de un filtro se dejará en el tanque ecualizador – sedimentador durante una hora y luego irá para evacuación del sobrenadante y se permitirá que el agua alcance el nivel superior de las tolvas. El agua sobrenadante evacuada es enviada al sistema de drenaje que conduce al tanque ecualizador de aguas pluviales.

Una vez que se alcanza el nivel superior de las tolvas un sensor indicará al sistema Scada para que dé la orden de inicio de operación de las dos bombas de extracción del lodo retenido en las tolvas y los lodos se enviarán al espesador por flotación DAF.

El lodo espesado a una concentración de sólidos del orden del 5% o más, será enviado mediante bombeo al sistema de deshidratación consistente en dos tornillos prensa. Los equipos complementarios del sistema de deshidratación, como dosificador de polímero, banda o tornillo transportador y equipo mecánico para carga del lodo deshidratado, son componentes del sistema de deshidratación que deben ser provistos y puestos en marcha por el proveedor de este equipo.

5.26 VOLUMENES DE OBRA

Como respaldo para la elaboración del presupuesto de la Planta de Tratamiento de Calderón, se partió de las cantidades y volúmenes de obra producto de los diseños definitivos de todas los componentes de la planta, así como de los precios unitarios de los rubros que dispone la EPMAPS y precios unitarios nuevos realizados por la Consultora.

Los análisis de precios unitarios nuevos se basaron en rendimientos de la experiencia de la Consultora, y costos de equipos y materiales obtenidos de proformas de proveedores locales.

Los materiales a ser desalojados, se lo realizará hacia la escombrera El Semillero ubicada en el sector de Cocotog en la quebrada Gualapata (788288 m E / 9984138 m S) a una distancia de 21.4 km del sitio del proyecto.

Los volúmenes hormigones, hierros y encofrados se los determinó de los planos estructurales de las diferentes unidades.

Las cantidades de tuberías, equipos y accesorios, se los obtuvo de las listas correspondientes, registradas en los diferentes planos de detalles.

Las cantidades de obra civil de las estructuras, se las obtuvo conjuntamente con la lista de acabados de los planos arquitectónicos de las edificaciones.

De los diseños de las redes de agua potable y alcantarillado se obtuvo las cantidades de tuberías y los volúmenes de excavaciones y rellenos.

El detalle del cálculo de los volúmenes se encuentra en el Anexo Volúmenes y Cantidades de Obra.

5.27 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

5.27.1 Generalidades

Las especificaciones constructivas para la ejecución de las diferentes obras que involucran la construcción de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Calderón (PTAP-C), han sido elaboradas de acuerdo a cada uno de los rubros que conforman el presupuesto de obras civiles y a los planos elaborados en los diseños definitivos del proyecto.

Estas especificaciones serán de mucha utilidad para la preparación de las ofertas para la construcción de obras civiles del proyecto y para la ejecución y fiscalización del proyecto.

5.27.2 Alcance

Las especificaciones constructivas definen el tipo, la calidad y los requerimientos de los materiales y equipos que forman parte de cada rubro de construcción, los cuales deberá observar y proporcionar el Contratista para la ejecución de las obras civiles del proyecto.

En el caso de que las especificaciones correspondientes a un rubro cualquiera, no cubran el alcance requerido para su ejecución, el Contratista con la aprobación de Fiscalización deberá ejecutarlas de acuerdo a las técnicas y prácticas aceptadas por los organismos profesionales de la ingeniería y del ramo de la construcción en el país.

5.28 PLANOS

Se prepararon planos para la construcción y operación de la planta.

5.29 VIDEO

Se presenta un video de la estructuración de la PTAP en el que se muestra el detalle de la misma. El video puede ser de gran aporte para la etapa de construcción de la PTAP.