

CONTRATO N° 1-02-25300-1221-2013

**CONSULTORÍA PARA REALIZAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS
BÁSICOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA TIBITOC**



PRODUCTO 12
INFORME FINAL Y RESUMEN EJECUTIVO
IN-102-ITE-012-2015-0



BOGOTÁ D.C., JUNIO DE 2015

CONSULTORÍA PARA REALIZAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS BÁSICOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA TIBITOC

PRODUCTO 12 INFORME FINAL Y RESUMEN EJECUTIVO

IN-102-ITE-012-2015-0

TABLA DE CONTENIDO

1.	GENERALIDADES.....	8
1.1	INTRODUCCIÓN	8
1.2	ALCANCE SEGÚN CONTRATO.....	8
1.3	LOCALIZACIÓN GENERAL.....	11
2.	FASE DE DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA PTAP DE TIBITOC.....	13
2.1	PRODUCTO No. 1 COMPORTAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA CRUDA Y SUS EFECTOS EN EL TRATAMIENTO Y EN LA OPERACIÓN DE LA PLANTA.	13
2.1.1	Fuentes abastecedoras.....	13
2.1.2	Disponibilidad de agua.....	19
2.1.3	Capacidad máxima actual de la planta	21
2.1.4	Agua tratada.....	22
2.1.5	Costo de producción por metro cúbico de agua tratada.....	24
2.1.6	Conclusiones	25
2.2	PRODUCTO No. 2 CONDICIONES FÍSICAS EN LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE TIBITOC.	26
2.2.1	Descripción de las condiciones físicas.....	26
2.2.2	Descripción de las condiciones funcionales.....	34
2.2.3	Descripción de las condiciones operativas.....	36
2.2.4	Laboratorios.....	40
2.2.5	Cuellos de botella que limitan el máximo aprovechamiento de la capacidad instalada de los componentes que conforman actualmente la planta.	41
2.2.6	Conclusiones	43
2.3	PRODUCTO No. 3 PROYECCIÓN DE LA CONFIABILIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE TIBITOC, FRENTE A LA TENDENCIA DEL DETERIORO DE LOS PARÁMETROS DE LA CALIDAD DEL AGUA CRUDA Y AJUSTES A LOS PARÁMETROS DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE. 45	
2.3.1	Procesos identificados en la planta para optimización y/o ampliación.....	45
2.3.2	Conclusiones	46
2.4	PRODUCTO No. 4 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y DE RIESGOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE TIBITOC, EN LAS CONDICIONES ACTUALES.	49
2.4.1	Metodología para la realización del análisis de vulnerabilidad y riesgo	49

2.4.2	Descripción de riesgos y escenarios.....	51
2.4.3	Estrategias para la gestión del riesgo	54
2.4.4	Conclusiones	57
3.	FASE DE FORMULACIÓN Y SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE OPTIMIZACIÓN	59
3.1	PRODUCTO No.5 FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE TIBITOC Y SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA MÁS FAVORABLE.....	59
3.1.2	Descripción de las alternativas consideradas para la optimización de la PTAP Tibitoc.....	62
3.1.3	Matriz de alternativas	69
3.1.4	Resultados de la Evaluación Técnica de las Alternativas.....	72
3.1.5	Resultados de la Evaluación de Riesgo Ambiental de las Alternativas	75
3.1.6	Resultados de la Evaluación Financiera y Socioeconómica de las Alternativas	76
3.1.7	Descripción de la metodología para la evaluación de las alternativas seleccionadas.....	77
3.1.8	Resultados de la priorización y selección de la alternativa más favorable	79
3.1.9	Alternativa Seleccionada	80
3.1.10	Conclusiones.....	81
4.	FASE DE DISEÑOS BÁSICOS DE ALTERNATIVA SELECCIONADA.....	83
4.1	PRODUCTO No. 6 VALIDACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE TIBITOC .	83
4.1.1	Análisis de la Información Existente y Determinación de Ensayos de Patología Estructural	84
4.1.2	Estudio de Vulnerabilidad Estructural.....	86
4.1.3	Conclusiones	91
4.2	PRODUCTO No. 7 DISEÑOS BÁSICOS DE LAS OBRAS PARA CONSTRUIR O IMPLEMENTAR LOS SISTEMAS HDRÁULICOS, MECANICOS, ELECTRICOS, ELECTRÓNICOS Y ESTRUCTURALES DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE TIBITOC.....	92
4.2.1	Obras para la optimización del tratamiento	93
4.2.2	Descripción de las obras de optimización de la alternativa seleccionada.....	96
4.2.3	Listado de planos	116
4.2.4	Presupuesto de las Obras requeridas para la Implementación de la alternativa de Optimización Seleccionada y Estimación del porcentaje de AIU	119
4.2.5	Consolidado total de los costos requeridos para las obras de optimización de la Planta ..	120
4.2.6	Plan SISOMA.....	122
4.2.7	Conclusiones	122
4.3	PRODUCTO No. 8.1 CAPACIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE TIBITOC, ANTES Y DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA	123
4.3.1	Compromisos de suministro de agua potable para atender la demanda de agua de la ciudad y municipios vecinos, desde la PTAP	123
4.3.2	Despacho óptimo de plantas proyectado para la operación del sistema.....	124

4.3.3	Capacidad de respaldo y excedencia de la planta en las condiciones actuales y una vez implementada la alternativa de optimización seleccionada, conforme lo establecido en la resolución CRA 608 de 2012.....	124
4.3.4	Determinación de la vida útil de la planta después de implementada la alternativa de optimización seleccionada.....	125
4.3.5	Conclusiones	126
4.5	PRODUCTO No. 8.2 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y DE RIESGOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE TIBITOC, CONSIDERANDO LA ALTERNATIVA DE OPTIMIZACIÓN SELECCIONADA	127
4.5.1	Descripción de la metodología para la realización del análisis de vulnerabilidad y riesgo	127
4.5.2	Matriz de identificación y análisis de amenazas que pueden afectar los nuevos componentes, la operación de la planta y/o la prestación del servicio de agua potable, una vez implementada la alternativa de optimización seleccionada.....	127
4.5.3	Análisis de vulnerabilidad de la planta frente a cada una de las amenazas, una vez implementada la alternativa de optimización seleccionada.....	132
4.5.4	Amenazas y posibles riesgos sobre los procesos.....	133
4.5.5	Escenarios de riesgo factibles en las condiciones actuales y hasta la implementación de la alternativa de optimización de la planta	134
4.5.6	Identificación de riesgos posteriores a la optimización de la Planta.....	134
4.5.7	Mapa de riesgos de la Planta considerando la alternativa de optimización seleccionada.	136
4.5.8	Conclusiones	138
5.	FASE DE ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA	139
5.5	PRODUCTO No. 9.1 ESTADO OPERATIVO, ORGANIZACIONAL Y FUNCIONAL ACTUAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE TIBITOC.....	139
5.5.1	Estrategias para la administración y operación de la planta de Tibitoc durante la devolución del sistema de producción a la EAB-ESP y la implementación del proyecto de optimización.....	139
5.5.2	Determinación de la planta de personal mínima requerida para la dirección, operación, mantenimiento y administración de la planta de tratamiento en las condiciones actuales.....	144
5.5.3	Determinación de la nómina de personal requerida para la operación de la planta con base en la escala salarial de la EAB-ESP	144
5.5.4	Descripción del organigrama de la planta	145
5.5.5	Determinación de la nómina de la planta de personal del área de producción requerida para la operación de la planta con base en la escala salarial de la EAB-ESP	148
5.5.6	Estimación de los costos de operación y mantenimiento de la planta.....	149
5.5.7	Procedimientos y manuales operativos.....	151
5.5.8	Programa de procedimiento ambiental para la disposición de residuos	151
5.5.9	Elaboración y/o actualización de la hoja de vida de cada equipo existente.....	152
5.5.10	Conclusiones.....	152
5.6	PRODUCTO No. 9.2 AJUSTES A LOS ASPECTOS OPERATIVOS ORGANIZACIONALES Y FUNCIONALES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO, CONSIDERANDO LA ALTERNATIVA DE OPTIMIZACIÓN SELECCIONADA.....	153

5.6.1 Descripción del organigrama de la planta considerando la alternativa de optimización seleccionada	153
5.6.2 Cargas de trabajo	156
5.6.3 Determinación de la nómina requerida para la operación de la Planta con base en la escala salarial de la EAB-ESP	156
5.6.4 Actualización y proyección del programa de mantenimiento preventivo de la infraestructura y equipos incluyendo la alternativa de optimización seleccionada, para los próximos 20 años.....	157
5.6.5 Conclusiones	157
5.7 PRODUCTO No. 10 ESTADO TÉCNICO, CONTRACTUAL AMBIENTAL Y FINANCIERO DEL CONTRATO DE CONCESIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE TIBITOC, HASTA EL AÑO 16 DE EJECUCIÓN	158
5.7.1 Obligaciones del Concesionario:	158
5.7.2 Estado técnico	159
5.7.3 ESTADO FINANCIERO.....	159
5.7.4 Estado Contractual.....	160
5.7.5 Suministro de energía.....	161
5.7.6 Laudo Arbitral	162
5.7.7 Conclusiones	163
5.8 PRODUCTO No. 11 TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA LA CONTRATACIÓN DE LA INTERVENTORÍA Y DE LOS DISEÑOS DETALLADOS, CONSTRUCCIÓN, SUMINISTRO, MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE LAS OBRAS Y SISTEMAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE TIBITOC.....	166
5.8.1 Fases de Implementación del Proyecto de Optimización de la PTAP Tibitoc.....	166
5.8.2 Estructura organizacional para la ejecución de las obras de optimización de la PTAP	169
5.8.3 Estructura organizacional para la ejecución de interventoría de las obras de Optimización de la PTAP.....	169
5.8.4 Presupuesto de referencia para ejecución de las obras de optimización y modernización de la PTAP.....	174
5.8.5 Presupuesto de referencia para ejecución de la interventoría sobre las obras de optimización de la Planta	176
5.8.6 Conclusiones	177
6. MODELO DE SIMULACIÓN.....	179

LISTA DE FIGURAS

Figura No. 1. Localización General de la Planta de Tibitoc.....	11
Figura No. 2. Localización General de la Planta de Tibitoc.....	12
Figura No. 3. Localización General de la Planta de Tibitoc.....	12
Figura No 4. Índices de calidad de agua años 2004 a 2014 en los ríos Bogotá y Teusacá.....	16
Figura No. 5. Incremento del CCCF en el sistema Norte en función del aumento de almacenamiento en el embalse Tominé	18

Figura No. 6. Disponibilidad fuentes de abastecimiento –INGETEC Actualización PMA.....	18
Figura No. 7. Río Bogotá - Estación Limnigráfica Tocancipá - Comparación de Curvas de Duración de Caudales Medios Diarios para Año Niña 2011, Niño (1973,1998) Y Registro Completo (1970 - 1980, 1982 - 1984, 1986 - 1988, 1991 -1992, 2008 - 2013).....	21
Figura No 8. Esquema de Alternativas de Optimización Evaluadas por Proceso.....	63
Figura No 9. Calificación Alternativas por Riesgo Ambiental, Operativo y Financiero	79
Figura No. 10. Diagrama de Flujo Alternativa Seleccionada.....	95
Figura No 11 Obras Optimización Planta de Tratamiento (Q= 10,5 m3/s continuo, picos de 12 m3/s) 97	
Figura No 12 Etapas propuestas de Optimización del Sistema de Manejo de Lodos	98
Figura No 13 Obras de Modernización y Rehabilitación de la PTAP	98
Figura No. 14. Organigrama de la Concesionaria Tibitoc.....	147
Figura No. 14. Organigrama propuesto	155
Figura No. 15. Organigrama estructura organizacional proponente para ejecución de diseños detallados, construcción, suministro, montaje, puesta en marcha de obras y sistemas para la optimización de la planta Tibitoc	171
Figura No. 16. Organigrama estructura organizacional proponente para ejecución de diseños detallados, construcción, suministro, montaje, puesta en marcha de obras y sistemas para la optimización de la planta Tibitoc	172
Figura No. 17. Organigrama estructura organizacional proponente para ejecución de la interventoría sobre los diseños detallados, construcción, suministro, montaje, puesta en marcha de obras y sistemas para la optimización de la planta Tibitoc.....	173
Figura No. 18. Rangos de operación Planta Tibitoc.....	180
Figura No. 19. Interfaz Macro de Simulación INAR TIBITOC	180
Figura No. 20. Esquema modelación matemática Fase 2 – Potabilización.....	184

LISTA DE TABLAS

Tabla No 1. Concesiones Fuentes de Abastecimiento.....	13
Tabla No 2. Categorías de vulnerabilidad sobre la operación de la planta con respecto a los parámetros de calidad de agua	14
Tabla No 3. Porcentaje (%) de días de ocurrencia parámetros con relación a las mediciones en 18 años de Operación.....	14
Tabla No 4. Rangos de variación del ICA	15
Tabla No 5. Factores de normalización para calculo de índice de calidad de agua - ICA.....	16
Tabla No 6. Escenarios de Calidad de Agua Cruda de la Planta.....	22
Tabla No 7. Escenarios de Normatividad de Agua Tratada.....	22

Tabla No 8. Escenarios de Calidad de Agua Cruda en la PTAP	46
Tabla No 9. Matriz de amenazas PTAP Tibitoc	49
Tabla No 10. Clasificación de riesgos	51
Tabla No. 11. Modelo de operación de la PTAP de Tibitoc.....	55
Tabla No. 12. Acciones en los Macro procesos de la PTAP Tibitoc.	55
Tabla No. 13. Acciones en los Macro procesos Misionales- Operacionales de la PTAP Tibitoc.	56
Tabla No. 14. Síntesis de las Alternativas de Optimización Evaluadas por Proceso	64
Tabla No. 15. Matriz de Alternativas de Optimización de la Planta de Tratamiento de Tibitoc	70
Tabla No. 16. Resultados mejor calificados por Factor Costo de operación por metro cúbico.....	72
Tabla No. 17. Resultados mejor calificados por Factor Facilidad de implementación por etapas y tiempos de ejecución.....	73
Tabla No. 18. Resultados mejor calificados por Factor Apropiación Tecnológica.....	74
Tabla No. 19. Ponderación final de resultados	75
Tabla No. 20. Síntesis de los Resultados Financieros – Inversión Actual, Nueva y total. (\$ col -2014)	76
Tabla No. 21. Síntesis de los Resultados Financieros –Valor presente, Indicador de costo Efectividad Incremental (CEI), y Efectividad media (CEM) (\$ col -2014).....	77
Tabla No 22. Diagnóstico estructural preliminar de los componentes de la PTAP Tibitoc	84
Tabla No 23. Estudios estructurales realizados a la PTAP Tibitoc	85
Tabla No. 24. Normas de Calidad de Agua Potable	93
Tabla No 25. Capacidad Etapas de Optimización Planta Tibitoc	96
Tabla No. 26. Descripción de las Obras de Optimización de la Planta (Q=10.5m ³ /s).....	99
Tabla No. 27. Descripción de las Obras de Modernización de la Planta	108
Tabla No. 28 Resumen de Costos Total Estimados del Proyecto (millones de \$Col – 2014).....	121
Tabla No. 29 Resumen de Costos Total Estimados del Proyecto – Dos Etapas (millones de \$Col – 2014)	121
Tabla No. 30 Caudales promedio de planta.....	124
Tabla No. 31 Vida útil componentes de la PTAP, por proceso.....	126
Tabla No. 32 Identificación de riesgos posteriores a la optimización de la planta	134
Tabla No. 32 Comparación de la Planta de Personal Requerida para la Operación de la Planta de Tibitoc	144
Tabla No. 32 Determinación de la Nómina para la Operación de la Planta.	145
Tabla No. 32 Costos Anuales de Operación y Mantenimiento de la Concesionaria (millones de \$Col – 2014).....	149

Tabla No. 32 Comparación Costos Anuales de Operación y Mantenimiento de la planta entre la Concesionaria y la EAB-ESP para la Demanda Mínima de 4.5 m ³ /s (\$Col – 2014).....	150
Tabla No. 32 Costos Anuales de Operación y Mantenimiento de la planta Estimados para la EAB-ESP para la Demanda Total de 10.5 m ³ /s (\$Col – 2014).....	150
Tabla No. 33 Resumen cuentas por pagar y cobrar	159
Tabla No. 34 Acta de acuerdo de pago capital a la Concesionaria Tibitoc - 4 de abril de 2014 – laudo arbitral 15 de junio de 2012	160
Tabla No. 35 Consolidado Anual Total de Energía Tibitoc 1998-2014.....	161
Tabla No. 36 Resumen costos Ejecución (\$ COL-2014)	174
Tabla No. 37 Resumen costos Interventoría, Operación y Mantenimiento (\$ COL-2014).....	176

1. GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

La situación técnica, operativa y administrativa de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Tibitoc, generó que la Dirección de Abastecimiento de la EAB-ESP suscribiera con INAR ASOCIADOS S.A, el contrato No. 1-02-25300-1221-2013 con el fin de desarrollar los Estudios y Diseños Básicos para la Optimización de la Planta de Tibitoc, que a partir del análisis de la vulnerabilidad que presenta actualmente la Planta de Tratamiento de Agua de Tibitoc, respecto al comportamiento de las fuentes abastecedoras, tanto en términos de calidad como de cantidad, establezca los posibles escenarios futuros de riesgo y determine las alternativas que permitan mitigar los riesgos y optimizar la Planta de Tratamiento para asegurar el suministro continuo de un caudal confiable correspondiente a 10.5 m³/s, con máximos diarios hasta de 12 m³/s.

Cumpliendo con las condiciones contractuales y con base en la información recopilada en la Empresa, en la Concesionaria y en las demás Entidades relacionadas con el proyecto, se presenta el resumen general, conclusiones y recomendaciones del proyecto, en el documento **PRODUCTO No. 12 INFORME FINAL Y RESUMEN EJECUTIVO** con código **IN-102-ITE-012-2015-0**,

1.2 ALCANCE SEGÚN CONTRATO

Según lo establecido en los Términos de Referencia, el Contrato de Consultoría tiene como objetivo y alcance general el desarrollo de tres actividades principales:

- ✓ Diagnóstico del estado actual de la Planta de Tibitoc en los procesos de captación, almacenamiento, aducción, tratamiento y disposición final de aguas residuales y lodos determinando la vulnerabilidad y el riesgo de afectación de la operación continua de la planta en las condiciones actuales y futuras de calidad de agua cruda, incluyendo cambios en la normatividad de agua potable.
- ✓ Formulación y evaluación de Alternativas de Optimización para garantizar el suministro continuo de un caudal confiable correspondiente a 10,5 m³/s, con máximos diarios de 12,0 m³/s.
- ✓ Diseños Básicos de la Alternativa más viable y preparación de la información requerida para contratar el diseño de ingeniería de detalle y la construcción y puesta en marcha del (o los) sistema(s) de Optimización de la Planta de Tratamiento de Agua de Tibitoc.

En su ejecución, el proyecto de Optimización de la PTAP Tibitoc, fue desarrollado teniendo en cuenta las siguientes fases:

- **Fase 1:** Diagnóstico del estado actual de la Planta de Tibitoc en los procesos de captación, almacenamiento, aducción, tratamiento y disposición final de aguas residuales y lodos determinando la vulnerabilidad y el riesgo de afectación de la operación continua de la planta

en las condiciones actuales y futuras de calidad de agua cruda, incluyendo cambios en la normatividad de agua potable.

- **Fase 2:** Formulación y evaluación de Alternativas de Optimización para garantizar el suministro continuo de un caudal confiable correspondiente a 10.5m³/s, con máximos diarios de 12m³/s.
- **Fase 3 :** Diseños Básicos de la Alternativa más viable y preparación de la información requerida para contratar el diseño de ingeniería de detalle y la construcción y puesta en marcha del (o los) sistema(s) de Optimización de la Planta de Tratamiento de Agua de Tibitoc.

Los productos de la fase de diagnóstico y formulación de alternativas son:

PRODUCTO No. 1	COMPORTAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA CRUDA Y SUS EFECTOS EN EL TRATAMIENTO Y EN LA OPERACIÓN DE LA PLANTA.
PRODUCTO No. 2	CONDICIONES FÍSICAS EN LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE TIBITOC.
PRODUCTO No. 3	PROYECCIÓN DE LA CONFIABILIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE TIBITOC, FRENTE A LA TENDENCIA DEL DETERIORO DE LOS PARÁMETROS DE LA CALIDAD DEL AGUA CRUDA Y AJUSTES A LOS PARÁMETROS DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE.
PRODUCTO No. 4	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y DE RIESGOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE TIBITOC, EN LAS CONDICIONES ACTUALES.

Los productos de la fase de formulación y selección de alternativas son:

PRODUCTO No. 5.1	FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE TIBITOC.
PRODUCTO No. 5.2	SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA MÁS FAVORABLE PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE TIBITOC.

Los productos etapa de diseño de la alternativa seleccionada son:

PRODUCTO No. 6	VALIDACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE TIBITOC
PRODUCTO No. 7	DISEÑOS BÁSICOS DE LAS OBRAS PARA CONSTRUIR O IMPLEMENTAR LOS SISTEMAS HIDRÁULICOS, MECÁNICOS, ELÉCTRICOS, ELECTRÓNICOS Y ESTRUCTURALES DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE TIBITOC.

PRODUCTO No. 8.1 CAPACIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE TIBITOC, ANTES Y DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

PRODUCTO No. 8.2 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y DE RIESGOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE TIBITOC, CONSIDERANDO LA ALTERNATIVA DE OPTIMIZACIÓN SELECCIONADA

Los productos etapa de estrategia de implementación de la alternativa seleccionada son:

PRODUCTO No. 9.1 ESTADO OPERATIVO, ORGANIZACIONAL Y FUNCIONAL ACTUAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE TIBITOC

PRODUCTO No. 9.2 AJUSTES A LOS ASPECTOS OPERATIVOS ORGANIZACIONALES Y FUNCIONALES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO, CONSIDERANDO LA ALTERNATIVA DE OPTIMIZACIÓN SELECCIONADA

PRODUCTO No. 10 ESTADO TÉCNICO, CONTRACTUAL AMBIENTAL Y FINANCIERO DEL CONTRATO DE CONCESIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE TIBITOC, HASTA EL AÑO 16 DE EJECUCIÓN

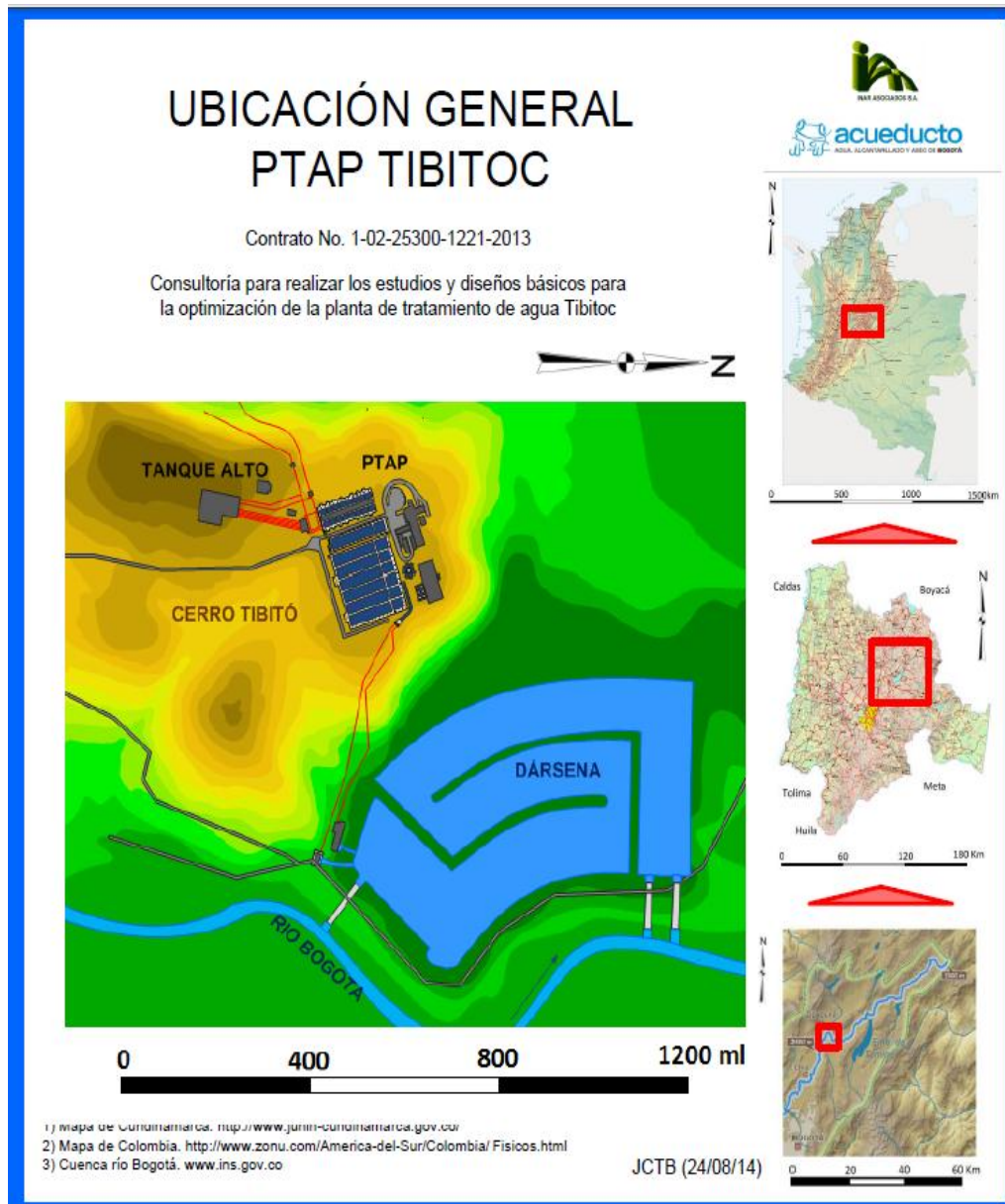
PRODUCTO No. 11 TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA LA CONTRATACIÓN DE LA INTERVENTORÍA Y DE LOS DISEÑOS DETALLADOS, CONSTRUCCIÓN, SUMINISTRO, MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE LAS OBRAS Y SISTEMAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE TIBITOC.

PRODUCTO No. 12 INFORME FINAL Y RESUMEN EJECUTIVO

1.3 LOCALIZACIÓN GENERAL

La Planta de Tratamiento de Tibitoc se encuentra ubicada en el Municipio de Tocancipá, al norte de la ciudad de Bogotá y pertenece al Sistema Agregado Norte del Sistema de Abastecimiento de la ciudad de Bogotá y sus municipios anexos. La **Figura No. 1** la localización general.

Figura No. 1. Localización General de la Planta de Tibitoc

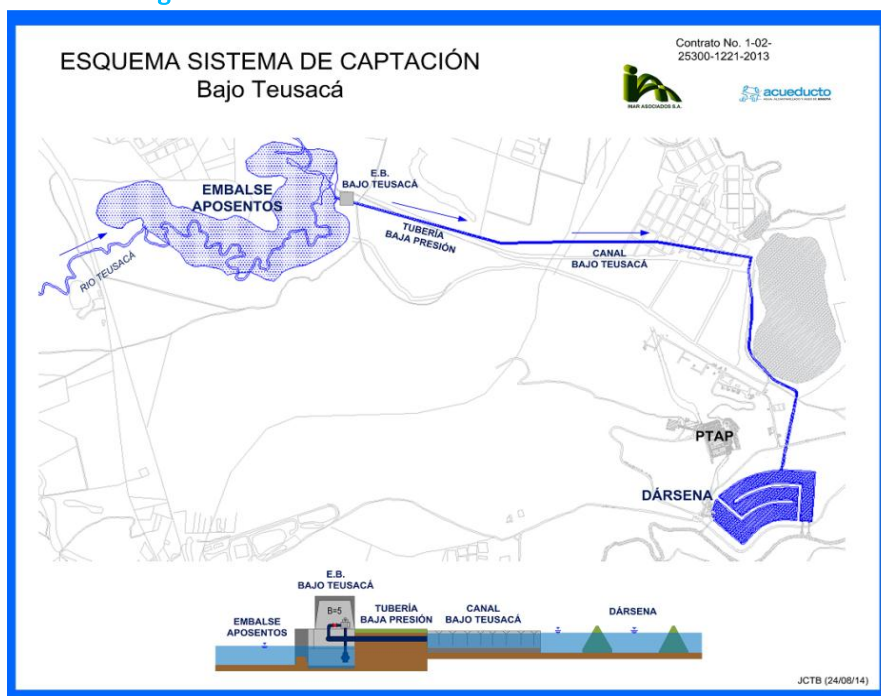


El sistema de captación y aducción de agua cruda de la Planta se presenta en las siguientes figuras;

Figura No. 2. Localización General de la Planta de Tibitoc



Figura No. 3. Localización General de la Planta de Tibitoc



2. FASE DE DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA PTAP DE TIBITOC

2.1 PRODUCTO No. 1 COMPORTAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA CRUDA Y SUS EFECTOS EN EL TRATAMIENTO Y EN LA OPERACIÓN DE LA PLANTA.

Como parte del Producto No. 1, se realizó el análisis histórico del comportamiento de las fuentes abastecedoras en los sitios de captación, determinando los efectos que han generado en la operación de la planta y en los costos de tratamiento, considerando las épocas de invierno y estiaje y eventos climáticos de los fenómenos del Niño y de la Niña, así mismo, se realizó la determinación de la capacidad actual de producción máxima de operación de la planta de acuerdo a las condiciones que esta presenta, estableciendo los límites máximos de tratamiento de los parámetros críticos de calidad de agua cruda que la planta puede tratar, tanto de forma independiente como simultánea, para dar cumplimiento a los parámetros de calidad de agua potable y a la demanda mínima garantizada.

2.1.1 Fuentes abastecedoras

El sistema Tibitoc es abastecido por los cuerpos de agua Río Bogotá, Río Teusacá y el conjunto de embalses Siga, Tominé y Neusa. La fuente de agua principal de la PTAP es el Río Bogotá, se cuenta con una fuente alterna denominada Río Teusacá, captada por bombeo desde el Embalse Aposentos, sin embargo en los últimos años se ha presentado un deterioro continuo de la fuente que ha limitado su utilización, requiriendo en ocasiones mantener la captación del Río Bogotá pese a que las condiciones en este no sean ideales para el tratamiento.

Tabla No 1. Concesiones Fuentes de Abastecimiento

Fuente	Caudal concesionado	Autoridad Ambiental	Acto Administrativo	Vigencia	Observaciones
Río Bogotá	6 m ³ /s	Ministerio de agricultura	Resolución 123 de 22 de octubre de 1954	Ilimitada	Ratificada mediante sentencia de Consejo de Estado de 29 de julio de 2010, mediante la cual declara la nulidad parcial de la Res. de 24 de octubre de 2002, confirmada por la Res. 1409 de diciembre de 2002
	2 m ³ /s	CAR	Resolución 0760 de marzo de 2011	20 años	Ratifica la Resolución 123 de 22 de octubre de 1954 y acata el fallo de nulidad y restablecimiento del derecho No. 2003-00167 proferido por el consejo de estado pero lo limita a uso razonable, establece condiciones de medición de caudal, requiere un aporte de descarga del embalse San Rafael de 2 m ³ /s al río Teusacá entre otras obligaciones.

Fuente	Caudal concesionado	Autoridad Ambiental	Acto Administrativo	Vigencia	Observaciones
Embalse Aposentos/Río Teusacá	1,5 m ³ /s	CAR	Resolución 1972 de 2012		Condiciona la captación a mantenimientos programados en Chingaza, daños de conducciones de RB* o suspensión total o parcial de RB

A. CALIDAD DE AGUA EN LAS FUENTES ABASTECEDORAS

A partir de la base de datos de la Concesionaria, con resultados de análisis físico-químico y microbiológico en las Estaciones: Tocancipá, Bocatoma Norte, Teusacá, Neusa y Agua Cruda Cerro para el periodo comprendido entre 1998 y 2014, se establecieron las categorías de vulnerabilidad y con base en el número de eventos en los que se presenta cada rango, se determinó el porcentaje de ocurrencia de los casos en que cada parámetro se encuentra superando la concentración específica. En la Tabla No 2 y Tabla No 3 se presentan los resultados obtenidos por parámetro.

Tabla No 2. Categorías de vulnerabilidad sobre la operación de la planta con respecto a los parámetros de calidad de agua

PARÁMETRO	Categoría de vulnerabilidad	Rango (mg/L)		Referencia cromática
Manganeso	I	<0,2		Amarillo
	II	0,201	0,3	Naranja
	III	0,301	0,4	Anaranjado, Énfasis 6, Oscuro 25%
	IV	>0,4		Rojo
Oxígeno disuelto	I	1	2	Amarillo
	II	0	0,99	Rojo
Materia Orgánica	I	10	15	Amarillo
	II	15.01	20	Naranja
	III	20.01	22	Naranjado, énfasis 6, oscuro
	IV	>22.01		Rojo
Turbiedad	I	>50	75	Amarillo
	II	75,1	100	Naranja
	III	100,1	125	Anaranjado, Énfasis 6, Oscuro 25%
	IV	>125		Rojo

Nota: El valor "I" se refiere a vulnerabilidad baja. El valor "IV" se refiere a la vulnerabilidad más alta.

Tabla No 3. Porcentaje (%) de días de ocurrencia parámetros con relación a las mediciones en 18 años de Operación

PARÁMETRO/CATEGORÍA		RÍO BOGOTA - TOCANCIPA	RÍO BOGOTA - BT NORTE	RÍO TEUSACA-EMBALSE APOSENTOS	DÁRSENA
MANGANESO	SIN VULNERABILIDAD	81,90%	85,70%	45,40%	
	I	16,80%	13,20%	40,90%	
	II	0,80%	0,60%	7,90%	
	III	0,20%	0,30%	2,80%	
	IV	0,20%	0,20%	3,00%	
	SUB TOTAL CON VULNERABILIDAD	18,10%	14,30%	54,60%	

PARÁMETRO/CATEGORÍA		RÍO BOGOTA - TOCANCIPA	RÍO BOGOTA - BT NORTE	RIO TEUSACA- EMBALSE APOSENTO S	DÁRSEN A
OXIGENO DISUELTTO	TOTAL MEDICIONES	4038	5202	1404	
	SIN VULNERABILIDAD	99,06%	94,90%	63,75%	88,85%
	I	0,67%	4,14%	24,97%	9,60%
	II	0,28%	0,96%	11,28%	1,54%
	CON VULNERABILIDAD	0,94%	5,10%	36,25%	11,15%
MATERIA ORGÁNICA	TOTAL MEDICIONES	4038	4685	4370	5841
	SIN VULNERABILIDAD	82,40%	84,90%	61,80%	88,60%
	I	10,10%	8,80%	27,10%	8,70%
	II	4,10%	3,60%	8,00%	2,30%
	III	1,00%	0,90%	2,20%	0,20%
	IV	2,40%	1,80%	1,00%	0,20%
	CON VULNERABILIDAD	14,16%	12,39%	38,20%	11,40%
	TOTAL MEDICIONES	3269	4423	942	5067
TURBIEDAD	SIN VULNERABILIDAD	86,60%	85,00%	94,70%	88,40%
	I	8,00%	9,70%	3,10%	6,80%
	II	2,30%	2,50%	1,20%	3,30%
	III	1,10%	1,30%	0,40%	1,00%
	IV	1,90%	1,50%	0,60%	0,50%
	CON VULNERABILIDAD	10,34%	12,22%	4,24%	10,08%
	TOTAL MEDICIONES	5840	5842	5707	5842

B. ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)

El índice de calidad de agua – ICA, es la expresión matemática en la cual se combinan factores naturales de tipo morfológico, geográfico y/o climático con las características fisicoquímicas y biológicas del agua, con el fin de evaluar la calidad de agua de un recurso hídrico.

Para la PTAP Tibitoc se desarrolló de un ICA propio, con los parámetros fisicoquímicos más relevantes que afectan la operación de la planta, como el manganeso, materia orgánica, oxígeno disuelto, entre otros.

La relación de los valores de ICA con respecto a la vulnerabilidad de la planta, se presentan a continuación:

Tabla No 4. Rangos de variación del ICA

VALOR ICA	CONVENCIÓN	SIGNIFICADO
$>7,5 \leq 10$	Amarillo	Fuente de abastecimiento con características que no representan vulnerabilidad para la planta.
$>5,0 \leq 7,5$	Naranja	Fuente de abastecimiento con características que representan vulnerabilidad baja para la planta.
$>2,5 \leq 5,0$	Naranja, énfasis 6 oscuro 26%	Fuente de abastecimiento con características que representan vulnerabilidad media para la planta.
$0 \leq 2,5$	Rojo	Fuente de abastecimiento con características que representan vulnerabilidad alta para la planta.

Se estableció un peso de ponderación, asignado a partir del impacto que tiene cada parámetro sobre el proceso de potabilización y por los procesos adicionales que se han tenido que realizar para garantizar el suministro de agua con características óptimas de consumo. La expresión matemática correspondiente al índice de calidad de agua es:

$$ICA = 1,8*(Mn) + 1,8*(MO) + 1,8*(OD) + 0,9*(Turb) + 0,9*(CT) + 0,7*(NH_4*NO_3) + 0,7*(pH) + 0,7*(T^\circ) + 0,7*(Cond)$$

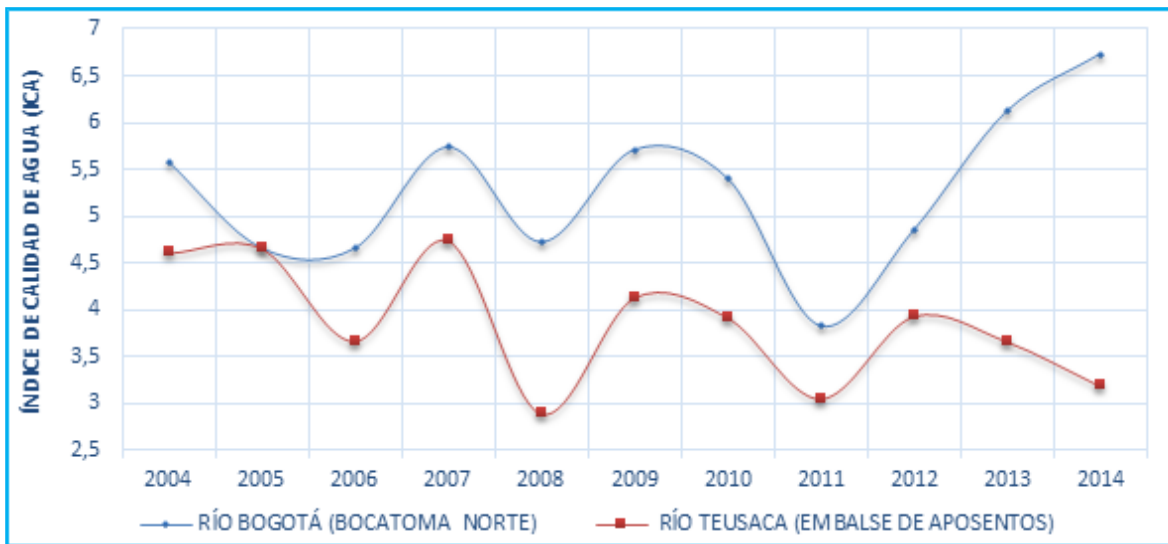
NOTA: Para el uso de la fórmula anterior, es necesario normalizar o indexar los valores de los parámetros dándoles valores entre (0 y 1), con base en los datos de normalización de parámetros es de elaboración propia, que se observan en la Tabla No 5.

Tabla No 5. Factores de normalización para calculo de índice de calidad de agua - ICA

PARAMETRO	FACTOR DE NORMALIZACIÓN										
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
MANGANESO	<0,04	<0,05	<0,06	<0,07	<0,08	<0,09	<0,100	<0,15	<0,200	≤0,300	>0,300
MATERIA ORGÁNICA	<4	<5	<6	<7	<8	<9	<10	<15	<20	≤22	>22
NITROGENO AMONIAICAL	<300	<480	<670	<830	<1000	<1270	<1700	<2100	<3000	≤9000	>9000
OXIGENO DISUELTTO	>6,0	>5,5	>5,0	>4,5	>4,0	>3,5	>3,0	>2,5	>2,0	>1,5	<1,0
NITRATOS	<0,1	<0,2	<0,3	<0,4	<0,5	<0,6	<0,7	<0,8	<0,9	≤1,0	>1,0
pH	<6,0	<6,2	<6,4	<6,6	<6,8	<7,0	<7,2	<7,4	<7,6	≤7,8	>7,8
T°C	>20	>19	>18	>17	>16	>15	>14	>13	>12	>10	<10
TURBIEDAD	<5	<10	<15	<20	<25	<30	<40	<60	<80	≤100	>100
COLIFORMES TOTALES	<2000	<4000	<6000	<8000	<10000	<12000	<14000	<16000	<18000	≤20000	>20000
CONDUCTIVIDAD	<50	<100	<150	<200	<250	<300	<350	<400	<450	≤500	>500

Los resultados obtenidos para los índices de calidad de agua en los años 2004 a 2014 se presentan en la Figura No 4.

Figura No 4. Índices de calidad de agua años 2004 a 2014 en los ríos Bogotá y Teusacá



Para el cálculo del ICA, hay factores que tienen un efecto directo sobre su valor. Es así como al aumentar el oxígeno disuelto y la temperatura, el ICA aumenta, mientras que para los demás parámetros utilizados en el cálculo, si su valor disminuye, el valor ponderado aumenta.

C. CORRELACIONES DE LA CALIDAD DE AGUA CRUDA EN ÉPOCAS DE INVIERNO, ESTIAJE Y FENÓMENOS CLIMÁTICOS DEL NIÑO Y DE LA NIÑA

Para determinar la concordancia de los eventos de máxima precipitación con los eventos extraordinarios de aparición de manganeso y materia orgánica por el río Bogotá, se correlacionaron los caudales con estos parámetros, debido a que los caudales son un parámetro más estable e indican la respuesta de la cuenca a todos los eventos de precipitación que ocurren en ella, incluyendo los episodios de lluvia que ocurran sin importar en que zona de la misma se presente el episodio de lluvia.

Para analizar los caudales se tomó como estación representativa de la zona de proyecto, la Estación Limnigráfica Tocancipá, donde fueron suministrados los datos de caudales medios diarios, a partir de los cuales se generó la curva de duración de caudales medios diarios para todo el periodo de registro. Con base en la curva de duración de caudales se definió que la época húmeda está determinada por caudales superiores al excedido el 30% del tiempo de la misma, mientras que la época seca corresponden a caudales inferiores al caudal que es excedido el 70% del tiempo de la curva de duración de caudales. Esto quiere decir que los caudales mayores a 12 m³/s corresponden a época húmeda, mientras que caudales inferiores a 7.08 m³/s corresponden a la época seca.

A partir del análisis de las mediciones de calidad de agua y registros de caudales conocidos se determina que para el manganeso, la cantidad máxima admisible de este elemento en el agua es de 0.1 mg/L. La aparición de manganeso se presenta en caudales medios o altos, por lo que los procesos de precipitación son los que aumentan en mayor medida las concentraciones de este parámetro en el río Bogotá.

La cantidad máxima admisible en el agua de materia orgánica es de 10 mg/L. Las variaciones de esta tienen una relación directa con el aumento de los caudales en el río Bogotá, es decir, a mayores procesos de precipitación, mayores concentraciones de materia orgánica.

D. UTILIZACIÓN DEL EMBALSE TOMINÉ

INGETEC S.A., en desarrollo del Plan Maestro de Abastecimiento, efectuó el análisis de la utilización del Embalse Tominé para aumentar la confiabilidad y tratabilidad de la planta Tibitoc, respecto a la degradación de la calidad del agua cruda, estimando que para aumentar el caudal confiable continuo del sistema, es necesario aumentar el aprovechamiento de la capacidad de almacenamiento que tiene el embalse Tominé, pues éste es el único con posibilidad de ser adquirido, tiene la mayor capacidad de almacenamiento, y actualmente está siendo subutilizado.

Para determinar el volumen de almacenamiento óptimo requerido en el embalse, la empresa analizó diferentes valores y su utilización en función de la demanda. De esta forma se calculó el CCCF del sistema Norte para almacenamientos en el embalse Tominé, desde 50 hasta 675 hm³. Para diferentes escenarios de incremento del volumen de almacenamiento del embalse Tominé se obtuvo el

comportamiento del CCCF que se muestra en la Figura No. 5. De los resultados se observa que la tasa de crecimiento del CCCF con relación al volumen de almacenamiento disminuye continuamente pasando de 0,13 m³/s/hm³ a 0,02 m³/s/hm³. Se resalta que a partir de un almacenamiento de 350 hm³ la tasa de crecimiento se estabiliza alrededor de 0,02 m³/s/hm³. Considerando las actuales restricciones normativas ambientales del sistema Norte, se establecieron dos alternativas de almacenamiento: i) un almacenamiento de 200 hm³, el cual permite disponer de un SCC de 7,03 m³/s a la altura de la captación de la Planta Tibitoc con un CCCF de 10,53 hm³/s, y ii) un almacenamiento de 400 hm³, el cual permite disponer de un SCC de 8,0 m³/s a la altura de la captación de la Planta Tibitoc con un CCCF de 11,50 hm³/s. No se consideró la utilización plena del embalse (almacenamiento de 675 hm³) porque solo llega a un CCCF de 11,72 m³/s y que de acuerdo con las actuales restricciones, difícilmente este incremento del CCCF se traduciría en un aumento del suministro confiable.

Figura No. 5. Incremento del CCCF en el sistema Norte en función del aumento de almacenamiento en el embalse Tominé

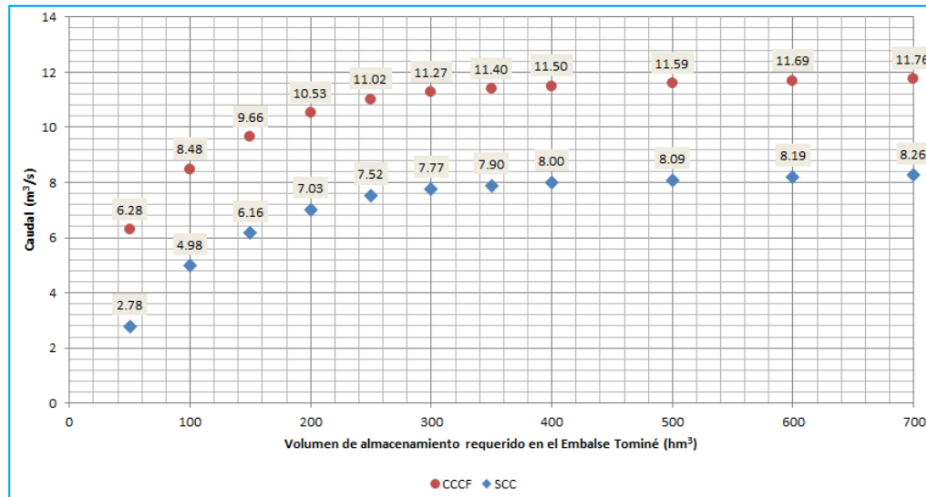
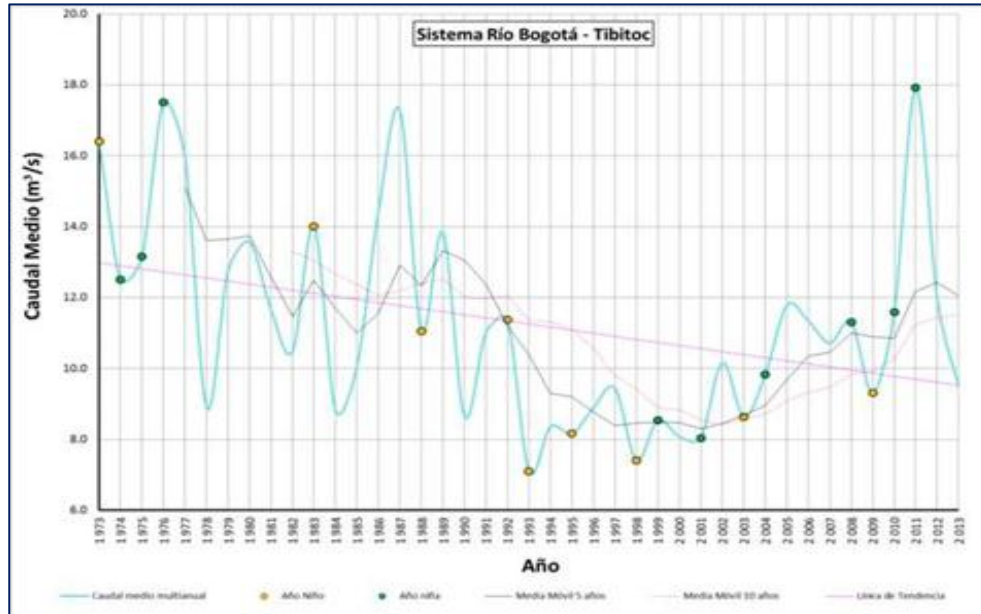


Figura No. 6. Disponibilidad fuentes de abastecimiento –INGETEC Actualización PMA



2.1.2 Disponibilidad de agua

El sistema Agregado Río Bogotá de abastecimiento se conforma del embalse de Neusa con un volumen útil de 117,35 Mm³ el cual es de propiedad de La CAR, el embalse de Tominé con un volumen útil de 665 Mm³, propiedad de La Empresa de Energía de Bogotá y El Embalse Aposentos con un volumen de 0.8Mm³, de propiedad del Acueducto de Bogotá y la planta de tratamiento de Tibitoc.

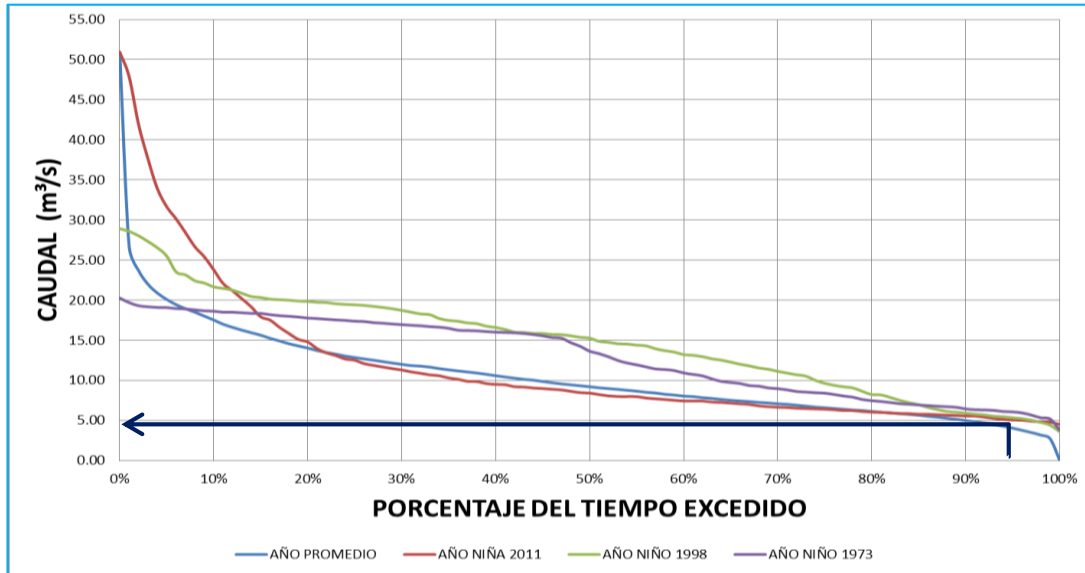
Los caudales que se registran en la estación hidrométrica Tocancipá ya registran la operación que se hace en el embalses del Sisga y Tominé (operación que no tiene en cuenta una regla definida de caudales que deben ser descargados de este embalse que puedan ser requeridos en Tibitoc). Se debe recalcar que en esta estación no es considerado el aporte del Embalse del Neusa pues descarga al río Bogotá, aguas abajo de la Planta de Tibitoc y que no ha vuelto a ser utilizado como fuente de abastecimiento por el deterioro en su calidad de agua después de recibir la afluencia del río Checua.

De esta curva de duración de caudales promedio se puede calcular que un caudal de 10.5 m³/s representa un 40.6 % del tiempo que este caudal sea igualado o excedido; asimismo, un caudal de 12.5 m³/s representa un 27.86 % del tiempo que este caudal sea igualado o excedido. Ambas confiabilidades son inaceptables para la operación de la planta de Tibitoc. Si se analizan años El Niño, la situación se vuelve aún más crítica. La única posibilidad para que se pueda captar un caudal en Tibitoc de 10.5 o 12 m³/s con una confiabilidad alta es que se haga una regla de operación específica con ese fin en el embalse de Tominé. En el Numeral No. 6.2.2.3 de este informe se incluye los resultados de este estudio elaborado por otra firma consultora.

Así mismo se elaboraron las curvas de duración de caudales para periodos típicos de los fenómenos de La Niña y El Niño en esta estación, con el fin de conocer la disponibilidad de agua al frente de la planta para diferentes porcentajes del tiempo en que un caudal es igualado o excedido; sin embargo y de acuerdo a la Figura No.7 , las curvas de duración de caudales medios diarios de los años Niño están por

encima del año promedio y del año Niña 2011, lo cual no es coherente, pues si para los años Niño 1973 y 1998 (años Niño típicos), el caudal que es excedido o igualado en un 100 % es muy similar al del año Niña. Por lo tanto, en lugar de analizar años Niño o Niña, se decidió analizar años secos o húmedos (con valores de caudal anual mayor o menor al promedio multianual).

Figura No. 7. Río Bogotá - Estación Limnigráfica Tocancipá - Comparación de Curvas de Duración de Caudales Medios Diarios para Año Niña 2011, Niño (1973,1998) Y Registro Completo (1970 - 1980, 1982 - 1984, 1986 - 1988, 1991 -1992, 2008 - 2013)



2.1.3 Capacidad máxima actual de la planta

La simultaneidad de parámetros incide notoriamente en la eficiencia de remoción en el proceso de cada uno de los parámetros de control. Es así que para la misma concentración de Manganeseo en el agua (para valores < 0.10 mg/L cuando se aplican bajas dosis de Permanganato) y se presentan niveles altos de Materia Orgánica (>12 mg/l COT), la eficiencia de remoción de Manganeseo disminuye en un orden del 57% (cuando no hay presencia de Materia Orgánica) hasta eficiencias del orden del 13%. Incluso, pueden limitar el caudal de tratamiento (Cuando $Mn > 0.20$ y $MO > 20$ y hasta sacar la planta de operación ($Mn > 0.30$ y $MO > 20$)).

Condiciones extremas de calidad de agua cruda se presentan cuando concentraciones de manganeseo superiores a $0,300$ mg/L, se combinan con valores de materia orgánica entre 15 mg/L y 20 mg/L, e incluso hasta 22 mg/L y la más crítica en la que esta última supera los 22 mg/L, lo que se refleja en una disminución del caudal de tratamiento entre $1,2$ y $3,0$ m³/s; $0,01$ y $1,2$ m³/s, respectivamente hasta llegar al extremo de la salida de operación cuando se cumple con la condición crítica.

Estas condiciones se dan independientemente la fuente abastecedora utilizada para alimentar el proceso de potabilización en la planta de tratamiento de Tibitoc, en cambio, lo que varía es la frecuencia con la que dichas características se presentan tanto en el río Bogotá, como en Teusacá.

Con base en las afirmaciones anteriores y en el análisis correspondiente de los parámetros de calidad de agua, se plantearon los siguientes escenarios medios, extremos y críticos de calidad de agua a los que puede llegar a ser expuesta la planta de potabilización de Tibitoc, resumidos en la siguiente tabla:

Tabla No 6. Escenarios de Calidad de Agua Cruda de la Planta

PARÁMETRO DE CALIDAD DE AGUA	UNIDAD	FUENTES DE ABASTECIMIENTO		ECA 1 Mes crítico anual (20% del tiempo)	ECA 2 Día más crítico	ECA 3 Condiciones normales, promedio anual (80% del tiempo)	Condiciones ideales en las fuentes de abastecimiento
		MÍNIMO	MÁXIMO				
Manganeso	mg/L	0,01	2,22	0,4	0,904	0,071	0,037
Turbiedad	UNT	4	792	223	76	30	9
pH		6,02	9,34	6,97	6,73	6,8	7,06
Conductividad	µS/cm	37	1180	146	187	151	80
Materia Orgánica	mg/L	1,7	32,2	25,7	31,6	10,5	3,98
Oxígeno disuelto	mg/L	0	7,3	2,14	0,14	2,9	4,7
Temperatura	°C	9	20	15,1	17,2	15,5	16,2
ICA'				1,62	1,58	4,05	7

2.1.4 Agua tratada

La medición de los parámetros de calidad de agua tratada se realiza en: la Línea Matriz Usaquéen (Tubería 1.5 m), Línea Matriz Tibitoc-Casablanca (Tubería 2 m) y Línea Municipios (Tubería 16"). Para la medición, la planta dispone de medidores en línea, que son reportados al Centro de Control Principal, mediante los cuales se analizan medidas tales como turbiedad, pH, alcalinidad, oxígeno disuelto, conductividad y cloro residual entre otros.

La siguiente tabla presenta los escenarios de normatividad de agua tratada:

Tabla No 7. Escenarios de Normatividad de Agua Tratada

PARÁMETRO	UNIDAD	RESOLUCIÓN 2115/07	NORMAS EXIGIDAS POR LA EAB SOBRE CALIDAD DE AGUA EN SU PUNTO DE ENTREGA SEGÚN ACTA DE ACUERDO DEL 14 DE NOVIEMBRE ENP-1	SEGÚN LAS NORMAS ESTABLECIDAS POR LA EAB EN LOS TÉRMINOS DE REFERENCIA DEL CONTRATO DE LA CONSULTORÍA ENP-2
		VALOR ADMISIBLE	VALOR PROMEDIO DIARIO	VALOR PROMEDIO DIARIO
Turbiedad	NTU	<=2	Máx. 0.5	Máx. 0.5
Color Aparente	UPC	<=15	Máx. 15	Máx. 15
Olor y Sabor		Aceptable	Inobjetable	Inobjetable
pH		6.5 - 9.0	6.5 - 9.0	6.5 - 9.0
Alcalinidad Total	mg/lCaCO ₃	200	Máx.- 70	Máx.- 70
Aluminio Residual	mg/l	0.2	Máx. 0.1	Máx. 0.1
Oxígeno Disuelto	mg/l		5.0 - 8.0	5.0 - 8.0
Cloro Residual Libre	mg/l	0.3 - 2.0	1.2 - 2.0	1.2 - 2.0
Nitratos	mg/l	10	Máx. 1.0	Máx. 1.0
Nitritos(*)	µg/l	100	Máx. 5.0	Máx. 5.0
Cloruros	mg/l	250	Máx. 50	Máx. 50
Hierro Total	mg/l	0.3	Máx. 0.15	Máx. 0.15
Manganeso Total	mg/l	0.1	Máx. 0.1	< 0.02
Dureza Total	mg/lCaCO ₃	300	Máx. 100	Máx. 100
Carbono Orgánico Total	mg/l	≤ 5	---	≤ 2

(*) microgramos por litro

A. EFECTOS SOBRE EL CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS DE AGUA TRATADA

En la PTAP Tibitoc, los incumplimientos de normatividad de calidad de agua tratada se presentan para manganeso principalmente durante los años 2004 y 2005, y el color durante el año 2006. Los demás parámetros cumplen con los decretos aplicables a cada época (D475/1998, 1575/2007 y la resolución 2115/2007.) al igual que con los límites establecidos por el Acueducto hacia la concesionaria en el Contrato de Concesión.

Con respecto a la correlación del incumplimiento de parámetros de agua tratada con eventos de deterioro de calidad de agua cruda, en el río Bogotá-Tocancipá, se observa que generalmente concentraciones por encima de 0,1 mg/L, en el agua suministrada, están relacionadas de manera directa, con apariciones del mismo en el río.

El Color Verdadero presentó incumplimiento del valor establecido en varios días del año 2006, pues superó las 15 UPC, lo que está relacionado principalmente con concentraciones de Manganeso y Materia Orgánica por encima de 0,1 mg/L y 10 mg/L, respectivamente.

El comportamiento de los parámetros mencionados, ha generado los siguientes efectos operativos:

- ✚ Aumento en el consumo de sulfato de aluminio, cal y cloro.
- ✚ Uso de soda cáustica y permanganato de potasio para la oxidación del manganeso.
- ✚ Uso extensivo de cloruro férrico, peróxido de hidrógeno y hasta dióxido de cloro para facilitar la remoción de la materia orgánica.
- ✚ Mayor consumo energético para aumentar el oxígeno disuelto vía aireación.
- ✚ Alta producción de lodos en los sedimentadores que no alcanza a ser evacuada por los sistemas actuales.
- ✚ Disminución en las carreras de filtración.
- ✚ Incremento en el consumo interno de agua.
- ✚ Incremento de color en el agua suministrada.
- ✚ Deposiciones de residuales de hierro y manganeso sobre las paredes de las tuberías de la red de distribución.
- ✚ Aumento en la demanda de cloro en la red de distribución.
- ✚ Alta materia orgánica en final de proceso.
- ✚ Olor y sabor potencialmente desagradables.
- ✚ Limitación del caudal tratado por la planta.

B. EFECTOS SOBRE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN: FORMACIÓN DE BIOPELÍCULA Y PARÁMETROS DE LIBERACIÓN

El agua filtrada en la planta se lleva a un tanque del que se pueden alimentar directamente dos tuberías de 78 y 60 pulgadas dirigidas hacia la ciudad de Bogotá, con longitudes de 53,2 Km y 38 Km, respectivamente; controladas por tres (3) válvulas de 60". Estas tuberías están conectadas al tanque alto de la planta y controladas por válvulas de 60". Existen cinco principales parámetros químicos en el

agua tratada que pueden ser causantes de formación y/o liberación de biopelícula en las redes de distribución:

- ✚ **Aluminio Residual:** En la planta de Tibitoc el aluminio residual en el agua suministrada en ningún momento superó el valor establecido por la normatividad aplicable en su momento.
- ✚ **Materia Orgánica y Manganeso:** La mayoría del tiempo (promedios anuales) se cumple con la norma.
- ✚ **Cloro residual:** Según la modelación del cloro residual en la Red Matriz de Bogotá, realizada por INAR ASOCIADOS S.A en desarrollo del Contrato de Consultoría para los ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA RED MATRIZ ACUEDUCTO A MUNICIPIOS DEL OCCIDENTE, para el año 2010 se presentaba variación continua de las velocidades en las tuberías entre 0.60 m/s y 1.05 m/s dependiendo del caudal de consumo. Velocidades inferiores a 0.76 m/s favorecen la formación de bio-película y la variación de velocidades favorece el desprendimiento de la misma. En la línea a municipios de 16" es más crítica la situación pues se presentan velocidades menores a 0.60 m/s la mayor parte del tiempo.

2.1.5 Costo de producción por metro cúbico de agua tratada

Para la evaluación del costo de producción del metro cúbico de agua tratada, se utilizó la relación existente entre el costo total de producción diaria y el volumen total de agua suministrada que representa cerca del 96.3% del agua cruda captada y tratada. El restante 3.75% del agua cruda captada y tratada, está representado por el volumen de agua utilizada en el proceso, las pérdidas por evaporación y la carga total de sólidos retirada en el tratamiento.

El costo teórico del metro cúbico parte del costo de producción que tenía la EAB-ESP en la PTAP de Tibitoc al finalizar el año 1993 y se proyecta afectando por el IPC desde \$37 m³ en 1993 hasta \$205 m³ en mayo de 2014. Sin embargo, durante los últimos seis años de la concesión, se ha logrado mantener el costo de producción por metro cúbico, en un promedio de \$176,62 m³.

Para la evaluación del costo de producción del metro cúbico de agua tratada bajo diferentes condiciones de calidad y cantidad del agua cruda, se utilizaron los periodos de presencia de manganeso en concentraciones superiores a 0,1 mg/L y los periodos con presencia de caudales máximos y mínimos identificados como parte de los análisis de calidad del agua. Estos valores fueron incorporados a la base de datos de costos de producción, correlacionados con los costos y separados para su evaluación en forma independiente. Los valores correspondientes al costo de producción por metro cúbico en cada uno de los periodos, fueron traídos a valor presente, tomando el mes de junio de 2014 como base de comparación. A continuación se presentan los siguientes resultados:

- a) Los eventos con presencia combinada de materia orgánica y Manganeso, son los que presentan los mayores costos de producción por metro cúbico con un valor presente de \$242.99 por metro cúbico y variaciones entre \$202.71 y \$305.46. Se identificaron 8 eventos en el periodo comprendido entre noviembre de 2009 y mayo de 2014.
- b) Los eventos con presencia de Manganeso en el agua cruda, presentan un costo de producción por metro cúbico con un valor presente de \$189.79, con variaciones entre \$161,26 y \$223,35. Se registran 25 eventos entre noviembre de 2009 y mayo de 2014.

- c) Los eventos con caudales mínimos en las fuentes de abastecimiento de agua cruda presentan un costo de producción por metro cúbico con un valor presente de \$176.31 con variaciones entre \$146,94 y \$222,50. Se registran 22 eventos entre noviembre de 2009 y mayo de 2014.
- d) Los eventos con presencia de materia orgánica - MO en el agua cruda, presentan un costo de producción por metro cúbico con un valor presente de \$176.39, con variaciones entre \$167,65 y \$185,14. Se registran 2 eventos entre noviembre de 2009 y mayo de 2014.
- e) Los eventos con caudales máximos en las fuentes de abastecimiento de agua cruda presentan un costo de producción por metro cúbico con un valor presente de \$166.92 con variaciones entre \$150,12 y \$185,14. Se registran 5 eventos entre noviembre de 2009 y mayo de 2014.
- f) Los menores costos de producción, están representados por la producción del metro cúbico de agua cruda, libre de eventos de calidad referida a Manganeso, Oxígeno o materia orgánica y sin la presencia de picos de caudales. Ésta condición presenta un costo de producción por metro cúbico de agua tratada en valor presente equivalente \$161.3.

2.1.6 Conclusiones

Cuando las condiciones de calidad de agua son favorables ($4 < ICA < 7$ y ECA-3) la capacidad de producción de la planta se encuentra entre $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$ y $10,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Cuando las condiciones de calidad de agua son críticas ($1,6 < ICA < 4$ y ECA-1) la capacidad de producción de la planta se encuentra entre $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$ y $7 \text{ m}^3/\text{s}$. Cuando las condiciones de calidad de agua son extremas ($ICA < 1,6$ y ECA-2) la planta debe salir de operación.

Con el fin de simular las condiciones operacionales de la Planta de Tratamiento de Tibitoc, tal como lo establecen los Términos de Referencia de la Consultoría, utilizando el lenguaje de programación en Visual Basic de Microsoft de Excel 2010® se elaboró una macro de simulación, denominada "INARTIBITOC v 0.5", la cual se describe en el capítulo 6 del presente documento.

La EAB-ESP, debe lograr la autonomía del manejo de los embalses de Sisga y Tominé, con el fin de poder regular las descargas de estos y mantener un caudal y una calidad de agua cruda que cumpla con lo estipulado en el decreto 3930 de 2010, para procesos de potabilización de tipo convencional como el de Tibitoc (Organización Mundial de la Salud, 2006)

De no adoptar tecnologías específicas de tratamiento para los parámetros que han sido considerados un problema, se debe contemplar el cierre de operación de la planta cuando el agua cruda supere los valores estipulados en el decreto 3930 de 2010, en cuanto a usos del agua y residuos líquidos, a pesar de las afectaciones que pueda tener sobre el abastecimiento, puesto que, las consecuencias que puedan derivarse de quejas referentes a la calidad de agua podrían ser mayores. Es inminente la necesidad de implementación de nuevos procesos específicos de potabilización.

Es necesaria la gestión frente a la autoridad ambiental sobre el tema de vertimientos, abordándolo de una manera holística, y no solo dentro de un análisis independiente a cada uno de sus actores, considerando la afectación que se tiene sobre la totalidad de la cuenca alta del río Bogotá, como área de influencia de la Planta de potabilización de Tibitoc.

Es necesario realizar monitoreo permanente de las fuentes abastecedoras, principalmente del río Bogotá, aguas arriba de la planta, en los que se incluyan mediciones en línea de manganeso, materia orgánica, oxígeno disuelto, conductividad y pH, con el fin de minimizar los tiempos de respuesta cuando aparezcan eventos fuera de lo rutinario.

2.2 PRODUCTO No. 2 CONDICIONES FÍSICAS EN LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE TIBITOC.

Como parte del Producto No. 2, se realiza la recopilación y análisis de la información existente en la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAB-ESP y en la Concesionaria de Tibitoc S.A, con el fin de determinar el estado de la Planta de Tibitoc, en cuanto a los componentes existentes al inicio del contrato e implementados durante la concesión, para establecer la vida útil de la planta en las condiciones actuales.

Posteriormente se lleva a cabo la consolidación y actualización de los planos y especificaciones técnicas de todos los componentes de la planta (desde la captación hasta la entrega del agua tratada a la conducción), con el fin de disponer de la información técnica que permita definir las modificaciones requeridas, para implementar la alternativa de optimización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Tibitoc.

Finalmente, el producto contiene la determinación de los cuellos de botella que limitan el máximo aprovechamiento de la capacidad instalada de los componentes que conforman actualmente la Planta de Tratamiento de Agua de Tibitoc, en los procesos de captación almacenamiento, aducción, tratamiento y manejo y disposición de vertimientos.

2.2.1 Descripción de las condiciones físicas

La construcción de la Planta de Tibitoc se inició en el año 1955 y terminó su primera etapa en 1959. Durante 1966 y 1968, la planta se amplió mediante la construcción de elementos adicionales y el aumento de la capacidad de motores y bombas. En el año 1998 se mejoraron las condiciones de tratamiento, ampliando las condiciones de floculación y mejorando las características hidráulicas.

Actualmente la planta de Tibitoc presenta las siguientes condiciones físicas:

Proceso 1 Captación de Agua Cruda

Subproceso	Descripción de las Condiciones Físicas
1) Captación Bocatoma Norte	El sistema de captación de la Planta en el río Bogotá está compuesto por tres bocatomas laterales, con rejillas y box-coulvert que conducen el agua cruda a la Dársena de Pre sedimentación.
2) Captación Bocatoma Norte Nueva	Las tres bocatomas están ubicadas en la dársena, con una capacidad media de 6 m ³ /seg. Cada bocatoma tiene tres compuertas Las bocatomas sur y norte son las más antiguas. La tercera, Norte Nueva, que se encuentra cerca a los canales de bombeo es de más reciente construcción.
3) Captación Bocatoma Sur	El mecanismo de operación es eléctrico y normalmente permanecen abiertas, excepto cuando se requiere cerrarlas debido a eventos de contaminación o de falta de caudal.

Subproceso	Descripción de las Condiciones Físicas
4) Captación Compuerta El Espino	Los niveles de entrada a la dársena están controlados por dos compuertas radiales de 7.63 x 3.00 m, localizadas transversalmente al río Bogotá 200 m aguas abajo de la desembocadura del río Neusa. La estructura de las compuertas tiene una compuerta central deslizante de 2.44 x 3.0 m, que mantiene la diferencia de aproximadamente 60 centímetros con el nivel del río. Y cuenta con un tablero de control en el que se encuentran instalados el PLC para control de compuertas y el radio modem de comunicaciones. La operación de la compuerta se alimenta eléctricamente con redes que pasan por la fábrica de Bavaria en Tocancipá.
5) Pre sedimentación en la dársena.	La Dársena es la estructura encargada de alimentar la planta y tiene un área de 25 Ha., con un volumen de diseño de 1'500.000 m ³ y una profundidad aproximada de 6 m, que varía según los niveles originales de diseño entre 6.20 y 6.30 m. Las secciones transversales son de forma trapezoidal, con talud H: V =3:1.
6) Captación Embalse Bajo Teusacá por bombeo	El río Teusacá nace en los altos El Verjón y Los Tunos en la Laguna del Verjón a 3.560 m.s.n.m. en el municipio de Choachí. El cauce toma dirección sur - norte y en el extremo norte toma el suroeste para desembocar en el Río Bogotá a 2.552 m.s.n.m. El río se embalsa en Aposentos, con una extensión de 85 Ha, y un volumen total de 930.000 m ³ y volumen efectivo de 750.000 m ³ . Fue puesto en servicio en 1976. El dique del embalse está localizado transversalmente al cauce del río, constituido por una presa vertedero en concreto de 120 m de longitud y un dique en tierra con núcleo de material impermeable. El agua del río Teusacá llega a la Dársena a través de una conducción compuesta por una tubería de 1.200 m de longitud y dos (2) metros de diámetro, denominada tubería de baja presión en RCP y un canal abierto de 4.500 m de longitud, parcialmente revestido en concreto reforzado. La conducción está alimentada por la Estación de Bombeo No. 4, localizada a orillas del Embalse. La Estación de Bombeo está compuesta por: 2 bombas de 3.5 m ³ /s de capacidad. Motores GENERAL ELECTRIC de 1000 HP (746 kW), etiqueta CA-EC-ME-1101/2101.. Un transformador para servicios auxiliares de 30 kVA - 4160/208-120 V.

Proceso 2 Bombeo

El proceso de bombeo considera las estaciones de bombeo que toman el agua cruda captada y la envían al proceso de tratamiento. En estas condiciones, está conformado por Las estaciones 1 y 2 que bombean el agua cruda captada, desde la Dársena hasta el canal de aducción.

Subproceso	Descripción de las Condiciones Físicas
1) Bombeo Estación Uno (Cruda)	Es la estación más antigua, inició su operación en 1959, con una capacidad total de bombeo de 5.38 m ³ /s. Está compuesta por 6 unidades: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bomba KSB con Motor AEG de 1.2 m³/s de capacidad, de dos etapas y eje vertical. ▪ 4 Bombas marca PEERLES con motor GENERAL ELECTRIC de 0.88 m³/s. ▪ Bomba marca PEERLES con motor GENERAL ELECTRIC de 0.66 m³/s. ▪ Una válvula esférica MAIER de accionamiento hidráulico y una válvula de compuerta de accionamiento manual. ▪ Una roto válvula de accionamiento hidráulico y una válvula de compuerta de accionamiento manual En cada una de las descargas de las bombas 2 a 5.

Subproceso	Descripción de las Condiciones Físicas
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Una roto válvula de accionamiento hidráulico y una válvula de compuerta de accionamiento manual en la descarga de la bomba 6. ▪ Salida mediante tubería de impulsión en cada una de las 6 bombas ▪ 3 válvulas de compuerta ▪ un puente grúa de 15 Ton de manejo desde el piso, con un malacate de 5 Ton. ▪ Venturi para medición del caudal ▪ Válvula tipo mariposa de manejo manual de 60" de diámetro. ▪ dos válvulas de alivio MORGAN SMITH de 10" de diámetro tipo aguja. ▪ Cuenta con tubería de salida en 68 y 78 pulgadas.
2) Bombeo Estación Dos (Cruda)	<p>Entró en operación en el año 1971. Tiene una capacidad total de 8.6 m³/s y está compuesta por:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 4 bombas marca KSB con motores AEG de 2.15 m³/s de capacidad. ▪ Una válvula esférica de manejo hidráulico y una válvula de mariposa de manejo manual cada bomba. ▪ Un puente grúa de 25 Ton. ▪ Tubería de salida en 68 y 78 pulgadas.
3) Bombeo Estación Cuatro (Cruda)	<p>Cuenta con 2 unidades de bombeo del tipo vertical identificadas con capacidad de 3.5 m³/s, 17m de TDH y succión y descarga de 60" de diámetro cada una. Cada bomba se encuentra conectada a un motor eléctrico. Cada unidad cuenta igualmente con válvulas de retención tipo Cheque.</p> <p>La estación de bombeo también cuenta con un puente grúa, con capacidad de 10 Ton, cuenta con accionamiento eléctrico. Presenta buen estado exterior y en el último mantenimiento realizado se dejó operando correctamente.</p> <p>Antes de llegar a la conducción en canal abierto, la Estación de bombeo de Teusacá cuenta con una válvula tipo Chapaleta de 60" que controla la descarga de las bombas para el inicio de la conducción en canal abierto.</p>

Proceso 3 Tratamiento

Subproceso	Descripción de las Condiciones Físicas
1) Pre oxidación en Canal de Aducción	<p>El canal de aducción se encuentra ubicado entre la cámara de llegada de las tuberías de impulsión de las estaciones de bombeo 1 y 2 y el sifón que lleva a la estructura de repartición llamada "pulpo", desde donde se reparte a las 7 unidades de floculación y sedimentación en la planta. Trabajaba a una velocidad de 0.42 m/s para un caudal de 3.40 m³/s y de 0.88 m/s para un caudal de 10.66 m³/s.</p> <p>La estructura de repartición (Pulpo), cuenta con 7 brazos o salidas que se conectan con los canales de repartición de los floculadores. Cada brazo consta de 2 canales y cada uno tiene al final un vertedero de control, sin contracciones, con el fin de mantener los flujos uniformes.</p> <p>Debido a los problemas de calidad del agua cruda y particularmente de bajo oxígeno, la Concesionaria implemento un sistema provisional para inyectar aire en el canal de aducción. Se trasladó uno de los sopladores del sistema de lavado con aire de filtros al canal de aducción y con un sistema de tuberías se inyecta aire en el fondo del canal. El motor del soplador es marca FIMET, de 125 KW, 440V.</p> <p>Este sistema se ha ido volviendo permanente y es muy importante en el proceso de tratamiento, cuando el oxígeno disuelto del agua cruda es bajo.</p>
2) Mezcla Rápida: Coagulación	<p>Este subproceso, comprende la dosificación de:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sulfato de Aluminio Granular, con cuatro (4) dosificadores marca Wallace & Ternan, tipo WC-9LMG, gravimétricos con banda pesadora de 9" y capacidad máxima de 2400Kg/h y mínima de 240 Kg/h y fueron fabricados en 1958. El sistema está compuesto por las tolvas, los dosificadores, los tanques de agitación, bombas de inyección y líneas de impulsión. ▪ Cloruro Férrico, con un sistema de dosificación marca BIF tipo ROTODIP modelo 65 de aplicación en solución. Instalados en la última etapa de 1972. Estado aceptable pero se

Subproceso	Descripción de las Condiciones Físicas
	<p>dificulta la consecución de los repuestos ya que muchos de ellos están descontinuados.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Cal, cuenta con 2 dosificadores de Cal marca BIF serie 41 con capacidad aproximada de 740 a 1744 gal/h, alimentados por sus correspondientes dosificadores volumétricos marca BIF serie 37 de capacidad aproximada de 2000 kg/h. Presentaba deterioro considerable. ▪ Carbonato de Sodio. Este dosificador contiene una banda pesadora de 9" y capacidad máxima de 2400 Kg/h y mínima de 240 Kg/h. Está operando desde 1959, es muy similar a los dosificadores de sulfato de aluminio. Su utilización es muy esporádica.
3) Mezcla Lenta Floculación - Sedimentación	<p>La Planta cuenta con 7 floculadores mecánicos, cada uno formado por cuatro (4) cámaras en serie separadas por un tabique en madera. En cada cámara existe un sistema de agitación de eje horizontal con paletas de madera que permite facilitar el contacto entre las partículas del floc. Este sistema es movido por un motor eléctrico, un variador de velocidad y una cadena de transmisión ubicados en una cámara seca. Cada floculador tiene como unidad motriz un equipo LINK BELT y 1 variador VM 3-5, 1 reductor HWB-90-3 y un motor eléctrico ALLIS CHALMERS de 7.5 HP.</p> <p>Los siete Floculadores tienen una capacidad de 3000 m³ y 6 m de profundidad. El agua entra al floculador a través de 4 compuertas RODNEY HUNT y pasa de una sección a otra por la parte inferior de las placas divisoras y a través de una placa divisora pasa al sedimentador. Los Floculadores 1 a 4 fueron instalados en 1959, en 1972 se construyeron los Floculadores 5 y 6 y finalmente en 1975 se construyó el Floculador No. 7. La Planta cuenta con 7 sedimentadores de tipo convencional, con un volumen de 12.000 m³ cada uno y 6 m de profundidad, ubicados con su respectivo floculador, en donde las partículas del FLOC caen al fondo del tanque y desde allí se retiran automáticamente cada 3 horas por los barre lodos, que empujan los lodos hacia unas tolvas ubicadas en el fondo del sedimentador, a la entrada, en donde con la operación de las válvulas telescópicas y las válvulas de lodos, se evacúan hacia el sistema de alcantarillado y posteriormente hacia la laguna de lodos.</p> <p>Por el extremo final del sedimentador se recoge el agua clarificada por medio de canaletas en el primer tercio de su longitud que las que vierten a un canal principal, donde descargan todos los sedimentadores y son llevadas a los filtros.</p> <p>Los barre lodos fueron instalados en las diferentes etapas de construcción y ampliación de la planta. Es un equipo mecánico simple donde sus unidades motrices comprenden un variador modelo VM-3-5, un reductor modelo HWB-90-3 y acoplado a estos, un motor eléctrico marca ALLIS CHALMERS de 7.5 HP. Estos equipos fueron instalados en las diferentes etapas de construcción de la Planta. Las máquinas barre lodos No. 1, 2, 3 y 4 operan desde 1959, son de marca NORD STROM. Las máquinas barre lodos No. 5, 6 y 7 al igual que los sedimentadores, operan desde 1972 y son de marca DEZURIK. Las válvulas del sistema telescópico se accionan automáticamente al paso del barre lodos por el sedimentador.</p>
4) Control del Manganeso	<p>El control de manganeso se realiza mediante la dosificación e permanganato de potasio y soda cáustica.</p> <p>El sistema de dosificación de permanganato de potasio consta de una cámara de preparación, una de agitación, bombas dosificadoras y tuberías de impulsión. El punto de aplicación es en el canal abierto del agua sedimentada.</p> <p>Este sistema se construyó inicialmente para una de las crisis de manganeso y se consideraba provisional. Sin embargo el sistema se ha ido perfeccionando y su utilización hoy en día es frecuente.</p> <p>El sistema de dosificación de soda cáustica consta de dos tanques de concreto de almacenamiento, 5 bombas dosificadoras y tuberías de impulsión al canal abierto de agua sedimentada.</p>
5) Filtración	<p>El sistema de filtración de la Planta, está compuesto por 16 filtros mixtos (grava, arena y antracita) cada uno con 145 m² de superficie y 3.5 m de profundidad total, ubicados en doble fila a lado y lado de la galería central.</p> <p>El agua clarificada entra a través de unas compuertas y después de atravesar el lecho filtrante de 0.60 m de antracita, 0.15 m de arena y 0.34 m de grava, aproximadamente, es recogida por un falso fondo y llevada al tanque de agua filtrada. Con el fin de poder cumplir con el requisito de turbiedad máxima 0.5 NTU, la Concesionaria modificó el lecho</p>

Subproceso	Descripción de las Condiciones Físicas
	<p>filtrante existente en la Planta. Llevó la capa de arena de 35 a 50 cm. y la capa de antracita de 60 a 100 cm. Debido al incremento de peso del lecho filtrante, la Concesionaria debió realizar obras de reforzamiento estructural en las bases de los filtros.</p> <p>Después de la filtración, el agua pasa al tanque de contacto. El tanque tiene una altura de 4.20 metros y un volumen de 20.000 m³. El tiempo de retención en el tanque es de aproximadamente 30 minutos. Siempre se maneja un nivel variable y debe ser constante. Si baja el nivel, el tiempo de retención disminuye, lo que genera problemas de oxidación. Todas las aguas residuales de Planta, como son las de lavado de filtros, drenaje de sedimentadores y domésticas, son conducidas a la laguna de lodos; esta disposición se hace desde el inicio de la operación de Tibitoc. Esta laguna está ubicada al costado occidental entre el Río Bogotá y la Planta, con una extensión de 75 Ha. y una capacidad de 3 millones de m³ aproximadamente.</p>
6) Desinfección y Estabilización	<p>Este subproceso, comprende la dosificación de Cloro.</p> <p>La Planta cuenta con 4 dosificadores de cloro marca WALLACE & TIERNAN serie V800 con capacidad entre 3600 y 8000 lb / día.</p> <p>Existen 4 básculas automáticas, cada una para almacenar 4 tanques de cloro de 900 kg. Igualmente se cuentan con 3 evaporadores marca WALLACE & TIERNAN modelo 50-202, que se encuentran fuera de servicio.</p> <p>Para aplicar el cloro como pre cloro en el canal de aducción y como post cloro en el tanque de filtros, se utilizan cilindros de 2.000 lb que a 70 grados Fahrenheit pueden aplicar cloro gaseoso, a una rata de 360 lb/día.</p>

Proceso 4 Salida de Agua Potable

Subproceso	Descripción de las Condiciones Físicas
1) Estación de rebombeo	<p>Corresponde a la estación de bombeo No 3 que bombea agua tratada desde el tanque de filtros hasta un tanque de almacenamiento ubicado a 32 m de altura respecto al tanque de filtros. También es posible bombear al Tanque de Servicio. Cuenta con un sistema estructural de pórticos en concreto reforzado. Fue construida en 1969 con base en los diseños de Hidroestudios y CEI y sometida a reforzamiento estructural en el año 2007. Bombea el agua tratada del tanque bajo al tanque de almacenamiento en el cerro. Entró en operación en 1970 para el bombeo de agua tratada. Está compuesta por:</p> <p>5 bombas de eje vertical, de dos etapas, marca KSB, Motores General Electric, de 2.6 m³/s de capacidad. Tubería individual de 48" de diámetro en cada unidad de bombeo. Una válvula de mariposa de 1.000 mm de diámetro Una válvula de charnela de D= 48" para prevenir el retorno del flujo por la tubería</p>
2) Tanques de almacenamiento	<p>En la planta existen tres tanques: El tanque de almacenamiento o tanque alto está ubicado a 32 m de altura respecto al tanque de filtros y cuenta con un volumen de almacenamiento de 26.000 m³, un área de 3540 m² y una altura de 7.35 m. Del tanque alto se pasa agua al tanque de servicio de la planta, este tiene una capacidad de 2.800 m³ un área de 500 m² y una altura de 5.6 m. El tanque bajo, tiene una capacidad de 22260 m³ un área de 4706 m² y una altura de 4.73 m.</p>
3) Válvulas de salida	<p>Tres tuberías de distribución de 60", 78" y de 16" de diámetro, para conducción de las líneas Usaquén, Casablanca y Municipios, respectivamente. El paso hacia las tuberías se hace mediante movimiento de las válvulas de salida V1, V2, V3, V4, V5 y la válvula de salida a municipios.</p>

Proceso 5 Suministro de Energía

La Planta Tibitoc cuenta con tres 3 suministros independientes de energía a 34.5 KV.

Suministro de energía desde subestación de Codensa El Sol, que llega a la subestación N° 3 o de rebombeo a 34.5 kV tiene una longitud de 2.2 km constituye el principal suministro y siempre está conectado.

Suministro de energía desde la subestación Termo Zipa, aproximadamente de 2.2 km, que llega a la subestación N° 1 a 34.5 kV y está instalada como una alimentación alternativa de reserva en caso de falla del circuito El Sol- Tibitoc. Para alimentar por este circuito se requiere autorización de Codensa.

La subestación normalmente recibe energía por el circuito de interconexión interno a 34.5 KV que viene de la subestación N° y esta a su vez alimenta la subestación N° 2 mediante otra interconexión interna.

El patio de conexiones está compuesto por 3 interruptores de potencia y 3 seccionadores de accionamiento mecánico. Con estos equipos puede escogerse el sistema de alimentación eléctrica de la Planta.

Subproceso	Descripción de las Condiciones Físicas
1) Suministro alumbrado	La concesión realizó inversiones para la rehabilitación en el año 2003 y se encuentra en este momento implementando cambios en este sistema. Las últimas normas para alumbrado público comprendidas en el RETILAB del 2010 se deben aplicar para mejorar la calidad ambiental y obtener economías importantes.
2) Suministro energía Sub estación Uno	Tiene tres transformadores monofásicos de 4MVA y otro en Stand-By. El nivel de cortocircuito que figura en los planos de diseño está en 12.5 kA para las barras de 34.5kV y 35kA para el barraje a 4160V. Existe un transformador de regulación por baja 4160 V, desconectado y fuera de servicio (by-pasado con un seccionador) se usaba cuando se generaba en la estación de bombeo 1. La protección por baja del transformador está en las celdas de la estación de bombeo N° 1 con un interruptor de 2000 A, 40kA de corto circuito.
3) Suministro energía Sub estación Dos	Tiene tres transformadores monofásicos de 4MVA, Fabricados en 1971.La protección por alta (34.5kV) la da un interruptor de 800 A, 750MVA de corto que sirve de protección mediante el relé diferencial.
4) Suministro energía Sub estación Tres	Tiene tres transformadores monofásicos de 4MVA, Fabricados en 1975. Recibe la línea de CODENSA que viene de la Subestación El Sol con un interruptor de 600 A, 16 kA de cortocircuito. También se interconecta con la subestación N°1 mediante un tramo de línea interna a 34.5 kV de unos 500 m de longitud y un interruptor de línea de 800 A, 14 kA de cortocircuito. Esta subestación posee una bahía de línea a 34.5 kV que alimenta la Subestación N°4, o bajo Teusacá a una distancia aproximada de 3.6 a 4 km. Por predios boscosos y ajenos, mediante un interruptor de 800 A, 14 kA de cortocircuito.
5) Suministro energía Sub estación Cuatro	La 4 subestaciones tienen transformadores de potencia de 34.5 KV a 4.16 KV. La subestación No..4 una capacidad de 2 MVA.
6) Suministro energía Sub estación El Cerro	Está conformada por: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tres transformadores (TS1, TS2 y TS3) de 750 KVA a 4160/440 voltios

Subproceso	Descripción de las Condiciones Físicas
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Un transformador 500 KVA a 4160/208-120 voltios (TS3),

Proceso 6 Sistema de Instrumentación y Control

Subproceso	Descripción de las Condiciones Físicas
1) Automatización y Control	<p>La Planta de Tratamiento Tibitoc actualmente cuenta con un nuevo sistema de automatización y control el cual se encuentra totalmente implementado.</p> <p>La implementación del nuevo sistema contemplo el reemplazo de todos los PLC e IHMs de la planta, un nuevo trazado de comunicaciones entre estos por medio de fibra óptica y el cambio del sistema SCADA y equipos relacionados con este.</p> <p>Los equipos que fueron reemplazados por los equipos nuevos se encuentran bajo custodia de la Concesión Tibitoc hasta el momento que esta disponga de ellos.</p> <p>El sistema de automatización y control lo compone los PLCs, IHMs,</p> <p>El sistema SCADA tiene una estación principal de trabajo en el cuarto de control y tres estaciones satélites ubicadas en Estación de Bombeo 1, Filtros y Tratamiento.</p> <p>La estructura del Espino cuenta con 2 compuertas radiales las cuales son controladas de manera manual remota desde el sistema SCADA del centro de control de la PTAP Tibitoc.</p> <p>Las Estaciones de Bombeo son controladas desde la Estación de Bombeo 1</p> <p>Existe el enlace de comunicaciones de Tibitoc con el Centro de comunicaciones de Modelia de propiedad de la EAB-ESP, sin embargo el diagnóstico de éste no se presenta en esta Consultoría, debido a que no se encuentra como parte del alcance del contrato. Se recomienda, por tanto, que en la fase de transición de la entrega del Contrato por parte de la Concesionaria a la EAB-ESP se revise en detalle este sistema de comunicaciones.</p>
2) Medición de Caudal, Nivel y Presión	<p>La Estación de Bombeo del Bajo Teusacá no cuenta con medición de caudal, solo nivel en el embalse y presión en la salida de las bombas.</p> <p>Según Auto de la CAR se requiere la unificación de Medición para establecer cuanto caudal se capta actualmente del río Bogotá.</p> <p>Las Estaciones de Bombeo 1 y 2 cuentan con medición de caudal por venturis.</p> <p>La Estación de Bombeo 3 no tiene equipos de medición de caudal en las tuberías de impulsión.</p> <p>En las tuberías de diámetros de 78", 60" y la salida a municipios de 16" existen macromedidores de baja precisión.</p>
3) Medición de Calidad de Agua	<p>Los parámetros de calidad de agua cruda son medidos en línea o se toman muestras para analizar en el laboratorio en las Estaciones de Tocancipá, Bocatoma Norte, Embalse Aposentos y Estación el Cerro en la cámara de entrada a la Planta.</p> <p>En el Proceso se toman mediciones en el pulpo, el agua clarificada y los filtros.</p> <p>La calidad del agua tratada es medida en las Tuberías de</p>

Subproceso	Descripción de las Condiciones Físicas
	diámetros de 78", 60" y la salida a municipios de 16"

2.2.2 Descripción de las condiciones funcionales

Proceso 1 Captación de Agua Cruda

Subproceso	Descripción de las Condiciones Funcionales
1) Captación Bocatoma Norte	Localizadas en el dique que separa la dársena del Río Bogotá, las tres bocatomas tienen como función captar el agua cruda del río Bogotá, que a su vez tiene un caudal regulado por los embalses de El Sisga, Neusa y Tominé como fuente principal de abastecimiento de la PTAP Tibitoc.
2) Captación Bocatoma Norte Nueva	
3) Captación Bocatoma Sur	
4) Captación Compuerta El Espino	Esta compuerta atraviesa completamente la sección transversal del río Bogotá aguas abajo de la PTAP de Tibitoc y de la desembocadura del río Neusa, cumpliendo la función de contener el caudal del río Bogotá, represándolo para permitir a contraflujo la captación por gravedad en las compuertas de la Dársena, incrementando el nivel del río hasta en 0.6 metros.
5) Pre sedimentación en la dársena.	Utilización de la dársena como estructura de presedimentación del caudal suministrado por gravedad a través de las tres bocatomas del río Bogotá, y por bombeo desde el canal proveniente del embalse de aposentos con aguas del río Teusacá.
6) Captación Embalse Bajo Teusacá por bombeo	Este embalse cumple la función de almacenar el agua que recibe del río Teusacá antes de la desembocadura en el río Bogotá, almacenamiento que se conduce por un canal hasta la base de la dársena de pre sedimentación de la PTAP Tibitoc, a la que se ingresa el agua por bombeo. La estación de bombeo No. 4 tiene como función subir el agua cruda proveniente del río Teusacá, hasta la Dársena de Pre sedimentación.

Proceso 2 Bombeo

Subproceso	Descripción de las Condiciones Funcionales
1) Bombeo Estación Uno (Cruda)	Las estaciones Nos. 1 y 2 de bombeo tienen como función subir el agua desde la Dársena de pre sedimentación hasta el nivel de las instalaciones de tratamiento del agua cruda.
2) Bombeo Estación Dos (Cruda)	

Proceso 3 Tratamiento

Subproceso	Descripción de las Condiciones Funcionales
1) Pre oxidación en Canal de Aducción	La preoxidación que se realiza en el canal de aducción por medio físico con el soplador descrito en el numeral anterior y del dosificador de peróxido de hidrógeno, tiene como función oxidar la materia orgánica para ayudar su floculación en el siguiente sub proceso.
2) Mezcla Rápida: Coagulación	La mezcla rápida incluye los procedimientos de adición de insumos químicos, dosificados de acuerdo con las características del agua cruda y tiene como función lograr la interacción entre los insumos químicos aportados y las sustancias presentes en el agua cruda.
3) Mezcla Lenta	La floculación se realiza en siete (7) floculadores de paletas de eje horizontal,

Subproceso	Descripción de las Condiciones Funcionales
Floculación Sedimentación:	con cuatro secciones, cada una de 3.000 m ³ de capacidad y tiene como función la de hacer la mezcla lenta de los productos químicos suministrados con el agua cruda a fin de lograr la máxima eficiencia en la formación de floculos. La sedimentación se realiza en las condiciones físicas descritas en el numeral anterior y tiene como función permitir que el agua deposite los floculos en el fondo de los tanques de sedimentación, produciéndose el agua clarificada al final del subproceso que sale por los canales de agua clarificada.
4) Control del Manganeseo	El control de manganeseo tiene como función principal retirar el manganeseo presente en el agua clarificada para evitar la formación de bio películas en las tuberías y eliminar la posibilidad de color en el agua potable.
5) Filtración	La filtración tiene como función el retiro de sustancias solidas suspendidas en el agua clarificada, que no fueron eliminadas en los subprocesos de tratamiento previos.
6) Desinfección y Estabilización	La desinfección con cloro tiene como función garantizar las condiciones microbiológicas del agua en la salida y la permanencia de los niveles óptimos de cloro en las redes de distribución.

Proceso 4 Salida

Subproceso	Descripción de las Condiciones Funcionales
1) Estación No 3 de rebombeo	La estación No 3 de bombeo, tiene como función elevar 32 metros de altura el agua potable, desde el tanque de filtración hasta el tanque de almacenamiento en el cerro.
2) Tanques de almacenamiento	El tanque de almacenamiento con capacidad de 26 mil metros cúbicos, tiene como función, como su nombre lo indica, almacenar el agua potabilizada, pero esta operación se efectúa para aumentar la presión en la salida de la PTAP de Tibitoc, cuando la EAB ESP lo solicita.
3) Válvulas de salida	Tienen como función controlar la salida de agua tratada para Bogotá por las tuberías de 60", 78" y la tubería para la salida hacia los municipios vecinos.

Proceso 5 Suministro de Energía

Subproceso	Descripción de las Condiciones Funcionales
1) Suministro energía Sub estación Uno	Tiene como función suministrar la energía requerida por la estación de bombeo No 1
2) Suministro energía Sub estación Dos	Tiene como función suministrar la energía requerida por la estación de bombeo No 2
3) Suministro energía Sub estación Tres	Tiene como función suministrar la energía requerida por la estación de bombeo No 3 y la sub estación eléctrica No. 4 mediante una línea de 34.5KV.
4) Suministro energía Sub estación Cuatro	Tiene como función suministrar la energía requerida por la estación de bombeo No 4
5) Suministro energía Sub estación El Cerro	Tiene como función suministrar energía a los Edificios e instalaciones de dosificación, filtros, máquinas y servicio.

Proceso 6 Sistema de Instrumentación y Control

Subproceso	Descripción de las Condiciones Funcionales
1) Automatización y Control	Controla y reporta el funcionamiento de los procesos de captación, bombeo, tratamiento, salida de agua potable, suministro de energía e instrumentación de toda la planta
2) Medición de Caudal, Nivel y Presión	Sirven para establecer el caudal captado, tratado y suministrado por la planta
3) Medición de Calidad de Agua	Controlan la calidad del agua captada, durante el proceso y suministrada.

2.2.3 Descripción de las condiciones operativas

El Canal de Achury recibe la descarga del Embalse de Tominé y la conduce al río Bogotá. El sistema de captación de la Planta en el río Bogotá consiste en tres bocatomas laterales con rejillas y box-couvert que conducen el agua cruda a la Dársena de Presedimentación.

Las compuertas de El Espino controlan los niveles en el río Bogotá y mediante su operación permiten el ingreso del río Neusa a la Planta de Tibitoc utilizando el cauce del río Bogotá en contraflujo hacia la Bocatoma Norte 2. Por condiciones de calidad de agua el agua del río Neusa no ha sido utilizada en la planta durante los últimos 15 años de operación por parte de la Concesionaria.

El bajo río Teusacá es embalsado en el Embalse de Aposentos desde donde es captado y bombeado hacia el canal de aducción que conduce el agua cruda hacia la Dársena.

Proceso 1 Captación

Descripción de las Condiciones Operativas
<p>La planta de tratamiento de Tibitoc es del tipo convencional y tiene una capacidad instalada de 10.5m³/s. cuenta con dos puntos captación, uno por el río Bogotá que ingresa a la dársena de pre sedimentación por las bocatomas Norte, Norte Nueva y Sur por gravedad con el apoyo de la compuerta de El Espino que permite la contención del flujo del río Bogotá aguas abajo con elevación en el nivel del agua hasta de 0.6 metros, y la captación del río Teusacá por bombeo desde el canal de conducción sube el agua cruda a la dársena por su extremo sur.</p> <p>De acuerdo con el Estudio para la Actualización del Plan Maestro de Abastecimiento de Agua Potable (PMA) para el Mediano y Largo Plazo, EAB-ESP. Marzo 2001 La captación de la PTAP Tibitoc se abastece del sistema de embalses Sisga- Tominé – Neusa con un caudal de 8.10 m³/s, y el caudal propio del río Bogotá 2.5 m³/s. La captación por el río Teusacá, almacenada en el embalse de Aposentos se lleva hasta la PTAP por medio de un canal de conducción y puede suministrar hasta (1.8 m³/s) que se suben a la dársena por bombeo de la estación 4. La Estación de Bombeo está compuesta por 2 bombas de 3.5 m³/s de capacidad, para una capacidad total de 7 m³/s. Esta acción está supeditada a la calidad del agua del río Teusacá y cuando se pone en funcionamiento descarga el agua cruda del río Teusacá sobre la dársena. Los motores de las unidades de bombeo son síncronos y trabajan a 600 rpm con un sistema de arranque por reactancia en serie, la estación cuenta con un transformador para servicios auxiliares</p> <p>La operación de las compuertas en los embalses no está controlada por la EAB ESP, sino que depende de acuerdos inter institucionales que dificultan su operación.</p>

Proceso 2 Bombeo

Subproceso	Descripción de las Condiciones Operativas
1) Bombeo Estación Uno (Cruda)	Esta estación toma el agua de la dársena de presedimentación para elevarla aproximadamente 92 m al cerro en donde se ubica la planta de tratamiento. En la descarga de la bomba No. 1 hay una válvula esférica MAIER de accionamiento hidráulico y una válvula de compuerta de accionamiento manual. En cada una de las descargas de las bombas 2 a 5 existe una rotoválvula de accionamiento hidráulico y una válvula de compuerta de accionamiento manual. En la descarga de la bomba 6 hay una rotoválvula de accionamiento hidráulico y una válvula de compuerta de accionamiento manual. Las seis bombas descargan a la tubería de impulsión la cual forma un anillo en el cual están instaladas 3 válvulas de compuerta que permiten aislar grupos de tres bombas y continuar trabajando con el otro grupo de tres bombas. La estación cuenta con un puente grúa de 15 Ton de manejo desde el piso, con un malacate de 5 Ton. El agua es conducida al canal de aducción de la Planta a 92 m de altura, por una tubería de 1.5 m de diámetro. La tubería de impulsión dispone de un tubo Venturi para medición del caudal, localizado sobre la línea del centro de la estación. Esta tubería entrega en la cámara que inicia el canal de aducción de agua cruda a la PTAP. Al final de la tubería existe una válvula tipo mariposa de manejo manual de 60" de diámetro. La estación de bombeo No. 1 tiene dos válvulas de alivio MORGAN SMITH de 10" de diámetro tipo aguja. Cuenta con tubería de salida en 68 y 78 pulgadas.
2) Bombeo Estación Dos (Cruda)	En la descarga de cada bomba existe una válvula esférica de manejo hidráulico y una válvula de mariposa de manejo manual. Cuenta con un puente grúa de 25 Ton de manejo desde el piso y desde cabina aérea. Considerando que el rendimiento de las bombas estaba alrededor del 30%, dentro de las obras de rehabilitación se incluyó la reposición de algunos equipos de bombeo. La salida cuenta con tuberías en 68 y 78 pulgadas.

Proceso 3 Tratamiento

Subproceso	Descripción de las Condiciones Operativas
1) Pre oxidación en Canal de Aducción	Se realiza en el canal de aducción con la aplicación de peróxido de hidrógeno. Sucede cuando se sobrepasan los límites establecidos de materia orgánica en el agua cruda. De otra parte, cuando existen altos niveles de manganeso en el agua cruda, se pre oxida con la aplicación de cloro en el mismo canal.
2) Mezcla Rápida: Coagulación	Se realiza desde el inicio del canal de aducción hasta el distribuidor de agua hacia los floculadores. En este recorrido se adicionan los productos químicos.
3) Mezcla Lenta Floculación - Sedimentación:	Se realiza en siete (7) floculadores de paletas de eje horizontal, con cuatro secciones, cada una de 3.000 m ³ de capacidad. (Mezcla lenta) Se efectúa en siete (7) sedimentadores de tipo convencional de 12.300 m ³ cada uno. Consta de un sistema de barrelos que dirigen el material sedimentado hacia las tolvas por donde se evacuan los lodos. Al final de los tanques de sedimentación se encuentran las canaletas que permiten el tránsito del agua clarificada. El agua clarificada de los sedimentadores 1 al 6 se vierte en dos canales que la conducen a los filtros. El agua clarificada del sedimentador 7 se conduce a los filtros por un canal independiente y exclusivo.
4) Control del Manganeso	Cuando el agua tiene condiciones de alto manganeso, se realiza la aplicación del permanganato y soda caustica en los canales abierto y cerrado del agua clarificada. El canal del agua clarificada del sedimentador 7 se excluye de la aplicación de éstos productos.
5) Filtración	Esta etapa se realiza mediante 16 filtros de 145 m ² cada uno y 3.5 m de profundidad. El agua pasa por un lecho de antracita, arena y grava. Los filtros se lavan, según los manuales de operación, cada vez que se colmatan con retro lavado y el sistema de aireación.

Subproceso	Descripción de las Condiciones Operativas
6) Desinfección y Estabilización	Esta etapa se lleva a cabo en un tanque de 20.000 m3. Para realizar la desinfección se dosifica cloro, mientras que para la estabilización se aplica cal, ya sea en forma de leche de cal o de agua saturada en cal.

Proceso 4 Salida de agua tratada

Subproceso	Descripción de las Condiciones Operativas
1) Estación de rebombeo	Esta estación tiene cinco unidades de bombeo de agua tratada las que se alimentan desde el tanque de filtros. Tiene como propósito subir el agua tratada hasta el tanque de almacenamiento en el cerro para lo que cada unidad de bombeo impulsa agua a través de una tubería individual de 48" de diámetro, que descarga a un tanque situado a 32 m de altura por encima de las bombas. Cada línea se inicia en la descarga de la bomba con una válvula de mariposa de 1.000 mm de diámetro, accionada con un mecanismo electrohidráulico, para control de operación del sistema de bombeo, y termina en el tanque de almacenamiento con una válvula de charnela de D= 48" para prevenir el retorno del flujo por la tubería. La operación de esta estación había sido mínima, con un promedio de menos de 5 horas por unidad por semana, debido a las restricciones de operación de la conducción de agua tratada a Bogotá, la que había tenido varios fallas por rotura cuando operaba con la presión del tanque de re bombeo. En desarrollo de los estudios de rehabilitación se efectuaron pruebas de operación que reflejaron pérdidas en el caudal y eficiencia en las bombas No. 2, 4 y 5. En las No. 1 y 3 se observaron pérdidas de eficiencia. La bomba No. 4 se encontró en buen estado, pero con alta concentración de incrustaciones de sales de cal y puntos de corrosión por el cloro. Se recomendó seguir el programa de reposiciones mayores y menores, así como limpiar y pintar las bombas.
2) Tanques de almacenamiento	Este tanque tiene una capacidad de 26.000 m3. Del tanque alto se pasa agua al tanque de servicio de la planta que tiene una capacidad de 2.800 m3
3) Válvulas de salida	Tres tuberías de distribución de 60", 78" y de 16" de diámetro, para conducción de las líneas Usaquén, Casablanca y Municipios, respectivamente. El paso hacia las tuberías se hace mediante movimiento de las válvulas de salida V1, V2, V3, V4, V5 y la válvula de salida a municipios.

Proceso 5 Suministro de Energía

Subproceso	Descripción de las Condiciones Operativas
1) Suministro energía Sub estación Uno	La subestaciones No. 1, 2 y 3 alimentan las estaciones de bombeo 1, 2 y 3 respectivamente, a 4.160 V. De la subestación 3 sale una línea de 34.5 KV para alimentar la subestación eléctrica No.4, que alimentaba la estación de bombeo 4 (Bajo Teusacá).
2) Suministro energía Sub estación Dos	
3) Suministro energía Sub estación Tres	
4) Suministro energía Sub estación Cuatro	
5) Suministro energía Sub estación El Cerro	Distribuye la carga eléctrica de los Edificios y las instalaciones de dosificación, filtros, máquinas y servicio.

Proceso 6 Automatización, instrumentación y control

Subproceso	Descripción de las Condiciones Operativas
1) Automatización y Control	Todo el sistema de instrumentación, control y automatización de la planta se encuentra con buen funcionamiento; con mediciones precisas y en tiempo real; la operación de los equipos cuyo mando se envía de manera remota desde el sistema SCADA se realiza de manera óptima. La vida útil de los equipos de automatización y control está garantizada por parte del proveedor a 15 años a partir del 2014,

Subproceso	Descripción de las Condiciones Operativas
	incluyendo en caso de avería la consecución de repuestos, piezas o partes de ser necesario.
2) Medición de Caudal, Nivel y Presión	<p>Un medidor de nivel del embalse en la Estación de Bombeo No 4 va a ser reemplazado por uno nuevo de similares características por parte de la Concesión Tibitoc, a estructura de El Espino. En la descarga de cada una de las bombas se realiza medición de presión.</p> <p>La medición de nivel de la Dársena de presedimentación se realiza con un instrumento ultrasónico.</p> <p>En la tubería de descarga de la Estación de Bombeo 1 se encuentran instalados los instrumentos para la medición de: Caudal en el Vénturi, turbiedad y presión de descarga.</p> <p>La medición de nivel en el canal de aducción se realiza con el instrumento ultrasónico. La medición de caudal dosificado de PAC, Cloruro Férrico y Sulfato Líquido se realiza por medio de tres medidores de caudal de tipo magnético (uno por cada químico).</p> <p>Medición en tanque de filtros: nivel del tanque de agua filtrada por medio de un medidor de tipo ultrasónico.</p> <p>Medición de caudal tubería bombeo a tanque de servicios 16" por medio de un medidor de caudal ultrasónico; medición de caudal tubería de lavado por medio de un medidor de caudal ultrasónico. Adicional se realiza medición de nivel en tanque de servicios y en tanque alto.</p> <p>En la dosificación de tratamiento para medición de caudal dosificado de PAC, Cloruro Férrico y Sulfato Líquido se realiza por medio de tres medidores de caudal de tipo magnético (uno por cada químico).</p>
3) Medición de Calidad de Agua	<p>En la Estación de Bombeo No 4 se encuentran instalados 1 Turbidímetro, 1 pH metro, 1 Analizador de alcalinidad, Para la medición de calidad de agua.</p> <p>Para la medición de calidad de agua en la Bocatoma Norte se encuentran instalados 1 Turbidímetro, 1 pH metro, 1 Analizador de alcalinidad y Potencial Redox, 1 Analizador de conductividad y Oxígeno Disuelto.</p> <p>En la Dársena de presedimentación se encuentran instalados 1 Turbidímetro, 1 pH metro, 1 Analizador de alcalinidad.</p> <p>Para la medición de calidad de agua en el Pulpo de Distribución se encuentra instalado un medidor multiparamétrico para: pH, Redox, Oxígeno Disuelto.</p> <p>Los parámetros de medición de calidad de agua en el canal de agua clarificada son: turbiedad y pH.</p> <p>Medición en tanque de filtros: Cloro Residual, pH.</p>

Como se indicó en el informe del Producto No. 2 Condiciones Actuales de la Infraestructura Existente, todas las señales y parámetros requeridos por la EAB-ESP para el monitoreo de los procesos de la Planta, son entregados en el puerto de comunicaciones de la RTU de comunicaciones de la EAB-ESP el cual está ubicado en el cuarto de control de la Planta de tratamiento de Tibitoc. Desde este punto hasta el Centro de Control Modelia, se tiene conocimiento, que existe un sistema de comunicaciones implementado y funcional, además que el sistema SCADA se encuentra actualizado con esta información. La Evaluación y/o Diagnóstico de los elementos y enlaces del sistema de comunicaciones por encontrarse ubicados por fuera de la Planta de Tratamiento de Tibitoc no hacen parte del presente contrato de Consultoría.

2.2.4 Laboratorios

La Planta cuenta con 2 laboratorios. El laboratorio central es el laboratorio principal en el que se hacen análisis microbiológicos y físico-químicos diarios a las aguas crudas y a las aguas tratadas. Del laboratorio central se reportan los datos de calidad de agua oficiales para la EAB-ESP.

Las instalaciones físicas del laboratorio son óptimas, los espacios se encuentran separados y debidamente identificados. La iluminación y la ventilación son buenas, existen locker, para que el personal guarde sus elementos.

Cuenta con oficinas debidamente separadas y demarcadas, para garantizar el bienestar del personal.

Áreas de trabajo separadas las cuales evitan la contaminación cruzada y permiten que la técnica este aislada de otros factores que puedan intervenir. Entre estas se encuentran:

- ✓ Área de análisis Microbiológico
- ✓ Área de pruebas de Jarras
- ✓ Área de pesaje (cuenta con una balanza analítica y una de platillo externo)
- ✓ Área de Colorimetría - espectrofotometría
- ✓ Área de digestiones. Cuenta con cabinas de extracción
- ✓ Área de COT. Carbón Orgánico Total, y DQO. Demanda Química de Oxígeno, en la cual está ubicado el termo reactor.
- ✓ Área de destilación y lavado
- ✓ Área de análisis físico- químicos
- ✓ Área de almacenamiento de reactivos.

El laboratorio presenta documentados los procedimientos utilizados y se identifica que cada análisis tiene un registro de forma que las mediciones que se realizan son trazables.

Considerando que los análisis realizados en el Laboratorio son exclusivamente utilizados para el control del proceso de tratamiento de la Planta de Tibitoc, que no presta servicios ni recibe retribución alguna por análisis para entidades externas y que en el Contrato de Concesión **NO SE ENCUENTRA ESTABLECIDA ESTA RESPONSABILIDAD**, las técnicas analíticas no están validadas.

La Consultoría sugiere que cuando la EAB-ESP reasuma la operación de la planta, durante la construcción de las obras de optimización, realice acreditación del laboratorio, (en caso de ser solicitado por las Entidades de Control) bajo los lineamientos, de la norma NTC:ISO:IEC:17025:2005 "Requerimientos Generales para la Competencia de Laboratorios de Calibración y Ensayo". El alcance de las validaciones debe ser para todos los parámetros que se reportan por parte del laboratorio.

Para realizar la validación de los métodos analíticos se determinan únicamente aquellos atributos que sean necesarios para demostrar la confiabilidad del método, de acuerdo a las normas nacionales e internacionales.

De acuerdo con el protocolo de Estandarización de Métodos Analíticos de Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, en total se deben correr un mínimo de 7 ensayos en días diferentes que pueden ser continuos o alternos, con una diferencia máxima de 3 días entre un ensayo y otro (viernes - lunes).

El laboratorio cuenta con equipos para la medición de pH, Turbiedad, conductividad, espectrofotómetro, Cabina de extracción, balanza analítica, balanza de platillo externo, destiladores de agua, incubadoras, bombas de vacío, vórtice, titulador de Karl Fischer, Termo reactor, Baño de maría, equipos de jarras, titulador, medidor de oxígeno, nevera de almacenamiento de muestras.

El material de vidrio es certificado por lote, se encuentra en buen estado, hay suficiente material de laboratorio, se tienen pipetas, probetas, buretas, Erlenmeyer y vasos de precipitado de diferentes volúmenes, desecadores. El material se encuentra almacenado de forma correcta.

A pesar de que el laboratorio participa en el PICCAP, en este programa no existe el parámetro de manganeso, metal crítico en la operación de la planta de Tibitoc, por lo cual se recomienda que el laboratorio participe en la inter-calibración que realiza el Instituto de Meteorología, Hidrología y Estudios Ambientales IDEAM, y presente las pruebas correspondientes para asegurar así la confiabilidad para la determinación de dicho metal.

2.2.5 Cuellos de botella que limitan el máximo aprovechamiento de la capacidad instalada de los componentes que conforman actualmente la planta.

- a) **Fuentes de abastecimiento:** Como se observa en el numeral 2.1.1, las fuentes de abastecimiento constituyen el principal cuello de botella de la Planta, tanto por disponibilidad de agua como por calidad.
- b) **Captación:** La operación normal de la Planta, implica captar el caudal requerido utilizando la antigua y la nueva bocatoma norte. Lo que quiere decir que en condiciones normales de operación se puede captar por las dos bocatomas norte hasta 12 m³/s y excepcionalmente podrían captarse 6 m³/s adicionales por la bocatoma sur. Puede apreciarse que la captación no es un cuello de botella en la Planta.
- c) **Bombeo de agua cruda:** El bombeo de agua cruda hacia el Cerro, se hace por la Estación de Bombas 1 y 2. La Estación de Bombas 1 puede impulsar 6.2 m³/s y la Estación de Bombas 2, tiene una capacidad total de 8.4 m³/s. En estas condiciones, con las dos Estaciones a máxima capacidad, podría bombearse hacia el Cerro aproximadamente 14.6 m³/s y por tanto, el bombeo de agua cruda, no sería un cuello de botella en la Planta.
- d) **Sistema de dosificación de productos químicos:** En términos generales, los sistemas de dosificación de productos químicos, no son un cuello de botella. Sin embargo, aunque el sistema de dosificación de cal en condiciones normales puede cumplir con la dosificación requerida, para condiciones extremas, altas dosificaciones y caudal de 10.5 m³/s, sería conveniente revisar la capacidad de los tanques de apagado. Por otro lado, el sistema de

dosificación de cloro también es suficiente, pero en condiciones extremas, altas dosificaciones y 10.5 m³/s, podrían generar problemas de almacenamiento de tanques de cloro.

- e) **Aireación:** El sistema de aireación instalado provisionalmente en la planta, no es eficiente para garantizar el nivel de oxígeno disuelto requerido en la clarificación y la reducción de materia orgánica de 5 mg/L, por lo cual, este sistema se considera como uno de los procesos a mejorar o reemplazar.
- f) **Clarificación:** El sistema de mezcla rápida presenta gradientes muy bajos y variaciones bruscas de los mismos por lo cual se requiere su optimización. El sistema de floculación se ha comportado adecuadamente aún en las crisis más graves vividas en la Planta, por lo que los floculadores no se consideran un cuello de botella para la máxima producción de la Planta.

Los sedimentadores, por otro lado, son el principal cuello de botella de la Planta, por variedad de razones, dentro de las cuales se encuentran:

Siempre ha existido un problema de levantamiento de floc al final de los sedimentadores y en condiciones extremas de alta producción de lodos los barrelos son insuficientes.

El problema principal radica en la tasa de sedimentación. Para caudales mayores a 5.0 m³/s que corresponden a tasas de sedimentación mayores a 30 m³/m²/d, se acentúa el fenómeno de inversión térmica y genera incertidumbre sobre la eficiencia del proceso de sedimentación.

El cambio en la temperatura exterior es solo uno de los factores que afectan la calidad del agua clarificada después del proceso de sedimentación, aparentemente la exposición a la radiación solar incrementa hasta en 2.0 NTU los valores de turbiedad en operación normal, y a más de 5 en condiciones desfavorables. Sin embargo, la consultoría aclara que no se debe cometer el error de analizar cada uno de los factores influyentes en el proceso de potabilización por separado y plantear soluciones individuales, sino como un conjunto de situaciones que deben ser afrontadas en forma integral. Los datos presentados, evidencian el potencial de afectación de una situación en la que se presentan varios factores incluyendo el diferencial térmico en el tanque de sedimentación, cuya influencia puede potenciar otros procesos químicos y físicos en el sedimentador, tales como: el cambio en la densidad del agua que afecta la velocidad de caída de los flocs formados o la influencia de la temperatura del agua en las reacciones químicas necesarias para la formación de flocs.

- g) **Filtración:** Si bien es cierto que los filtros mantienen la misma estructura y área disponible desde el inicio de la operación de la Planta, el proceso de filtración ha sido sometido a varios procesos de optimización y mejora, como es el caso del cambio del lecho filtrante y el sistema de lavado con aire. En las condiciones actuales, siempre que los filtros reciban el agua sedimentada en las condiciones requeridas, no presentan problemas en su operación. No se considera los filtros uno de los cuellos de botella de la Planta.
- h) **Proceso de interoxidación - tiempo de contacto:** El proceso de interoxidación con Permanganato de Potasio y ajuste de pH con Soda para remoción de hierro, manganeso y materia orgánica, actualmente se desarrolla en el canal de agua sedimentada proveniente de

los módulos de clarificación Nos. 4, 5, 6 y 50% del 3, y con capacidad para aplicarse sobre un caudal máximo de $3,77 \text{ m}^3/\text{s}$ (35% de la capacidad total de la planta) con un tiempo de contacto del orden de 3 minutos, el cual es insuficiente considerando que el proceso de ajuste de pH puede requerir del orden de 30 minutos para cumplir con la eficiencia requerida. Las condiciones hidráulicas operativas de la galería de filtros y del bombeo de agua filtrada limitan la lámina del agua del tanque de contacto hasta un valor de 2.8 m por lo cual el tiempo de retención se disminuye significativamente de 25 a 7.45 minutos para un caudal de $10.5 \text{ m}^3/\text{s}$. Por lo tanto este proceso se considera como otro de los cuellos de botella de la planta.

- i) **Laguna de lodos:** Para un promedio de producción de $4.8 \text{ m}^3/\text{s}$ de la planta, se producen $0.18 \text{ m}^3/\text{s}$ de lodos líquidos, teniendo una producción en los filtros de $0.11 \text{ m}^3/\text{s}$ y de los sedimentadores de $0.07 \text{ m}^3/\text{s}$ si se considera que solo un 40% del lodo sedimentable producido en la planta llega a la descarga final (río Bogotá) y que el resto del lodo se ha venido almacenando en la laguna de lodos. Según los datos de la EAB-ESP esta laguna tendría un volumen útil de $1'500.000 \text{ m}^3$ para el año 2007, por cada año transcurrido desde entonces en la laguna de lodos se han acumulado un promedio aproximado de 160.000 m^3 de lodo sedimentable, para un total en los últimos 6 años (2007-2013) de 960.000 m^3 , teniendo como resultado que la laguna puede tener entre 4 y 6 años de vida útil sin que se generen rebosamientos en épocas de invierno por la sedimentación de la misma, por lo cual es necesario generar soluciones para el tratamiento de los lodos producidos en la planta Tibitoc en el corto plazo, dado que la estructura que actualmente se utiliza para dicho fin tiene una vida útil muy limitada. En caso de que se trate en la Planta un caudal continuo de $10,5 \text{ m}^3/\text{s}$ la laguna de lodos tendría capacidad máxima del orden de un (1) año, por lo tanto la laguna de lodos es otro de los cuellos de botella identificados en desarrollo del diagnóstico.

2.2.6 Conclusiones

Las estructuras principales de la Planta de Tibitoc, localizadas en la parte alta, se encuentran en un perfil de suelos muy densos o roca muy blanda que clasifica como tipo C de la Norma NSR-010. Debido a que la planta se encuentra localizada en una zona alta de ladera, se espera que en esta zona se generen efectos locales de amplificación de ondas, que no son contemplados dentro de la norma; para su análisis y zonificación se requerirían estudios de amenaza sísmica local, siguiendo los requerimientos del numeral A.2.10.2.4 de la Norma NSR-010.

Debido al tipo de materiales que componen los taludes (rocas de arenisca, lodolitas y liditas) no es posible realizar una recuperación vegetal de los mismos, por lo tanto se recomienda implementar un sistema de estabilización física, mediante la implementación de concreto lanzado de hasta 7 cm de espesor con malla electro-soldada Q5 y pernos de anclaje en acero de $5/8''$ y con longitud de hasta 8 m de longitud; adicional se recomienda reconformar la canal de coronación en concreto que se encuentra fallada en la parte alta del talud en roca 2 y extenderla hasta el talud en roca 1 de manera tal que se disponga a unos 7 m por detrás de la corona del talud.

Con el fin de brindar la estabilidad necesaria a esta zona se recomienda conformar un muro en gaviones en la parte baja del flujo con una altura de hasta 3 m que rodee parcialmente la zona de generadores en el costado derecho; adicional al confinamiento con muro de gavión es de vital importancia ejercer

un control estricto sobre el agua superficial y sub- superficial del flujo mediante la implementación de filtros cuneta sobre el área del mismo.

En las unidades de tratamiento se observa deterioro del recubrimiento en concreto del acero de refuerzo donde se evidencia la presencia de juntas frías en los muros por los pase de vigas, fisuras que permiten la salida del agua y pérdida de finos que se evidencia con el agregado grueso expuesto que disminuye la vida útil de la estructura por lo que se propone su rehabilitación con productos impermeabilizantes y de curado del concreto. Por otro lado, en las diferentes edificaciones se observaron, tanto en columnas como en vigas, elementos con suficiente sección, en función de las luces y longitudes que se tienen y de las cargas que deben soportar, se observó adecuado comportamiento de estos elementos, no se presentaban fisuras, ni en columnas, ni en vigas, ni en placas, de igual forma en los elementos no estructurales no se detectaron daños. Como en estas edificaciones no se va a cambiar el uso ni las cargas bajo las cuales siguen trabajando, se espera que sigan funcionando, adecuadamente, solo se recomienda la impermeabilización de cubiertas y paredes en los sitios donde se evidencia humedad.

Los equipos que se encuentran instalados actualmente se encuentran en buen estado exterior y operativo, se han realizado las actividades de mantenimiento indicadas en el programa de Mantenimiento SIMO, en el cual se encuentran los cuatro tipos de mantenimiento realizados a los equipos, a saber, Mantenimiento predictivo, preventivo, correctivo y contractual. Está establecido que a cada máquina y equipo instalado se le debe realizar mínimo un mantenimiento preventivo al año, dependiendo del nivel de importancia en el proceso hasta una vez semanal, lo cual se ve reflejado en el estado actual de los equipos.

Se recomienda seguir realizando las actividades de mantenimiento incluidas en el programa de mantenimiento SIMO, analizar la alternativa de electroactuar las compuertas manuales instaladas en las bocatomas de las estaciones de bombeo de agua cruda No. 1 y No. 2, y realizar un análisis de los parámetros de operación actual de las bombas instaladas en las cuatro estaciones de bombeo para evaluar la alternativa del cambio de las mismas.

Todo el sistema de instrumentación, control y automatización de la planta se encuentra en perfecto estado y buen funcionamiento; con mediciones precisa y en tiempo real; la operación de los equipos cuyo mando se envía de manera remota desde el sistema SCADA se realiza de manera óptima. Los equipos instalados antes de la actualización del sistema de automatización y control que fueron reemplazados por equipos nuevos, se encuentran bajo custodia de la Concesión Tibitoc hasta el momento que esta disponga de ellos.

Las pérdidas en la bocatoma son de gran importancia en el cálculo de las estaciones de bombeo, debido a que un aumento en las pérdidas de las bocatoma origina aumento en igual magnitud de la cabeza de bombeo, que a su vez, es directamente proporcional al consumo de energía. Según el análisis de energía a lo largo de la estructura del canal de aducción, este tiene capacidad de transportar el caudal de 12m³/s con un borde libre de 1.3 9m hasta el nivel superior del canal o 0.79 hasta la parte inferior de las vigas de soporte. Las velocidades de flujo, en ningún punto superan los 1.2m/s incluso en caudal crítico.

2.3 PRODUCTO No. 3 PROYECCIÓN DE LA CONFIABILIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE TIBITOC, FRENTE A LA TENDENCIA DEL DETERIORO DE LOS PARÁMETROS DE LA CALIDAD DEL AGUA CRUDA Y AJUSTES A LOS PARÁMETROS DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE.

En este producto se realiza la proyección de los escenarios futuros del comportamiento de la cantidad y calidad del agua cruda en los sitios de toma de las fuentes abastecedoras (río Bogotá y río Teusacá) y considerando el aprovechamiento de las descargas de los embalses del sistema agregado Norte (embalses de Sisga, Neusa y Tominé). Los escenarios planteados garantizarán un caudal continuo confiable de 10.5 m³/s con máximos diarios de 12m³/s de agua tratada y el cumplimiento de los parámetros de calidad del agua potable, tanto vigentes como en proceso de ajuste por parte de las autoridades competentes.

2.3.1 Procesos identificados en la planta para optimización y/o ampliación

Para garantizar que el proceso de producción de agua en la Planta de Tibitoc tenga una confiabilidad continua del 99% para las condiciones desfavorables más probables de la calidad esperada del agua captada y para cumplir los Escenarios de Normatividad de Agua potable se requeriría la optimización y/o ampliación de los siguientes procesos:

- ✚ Implantación del Sistema de Monitoreo de Agua Cruda en los cuerpos de agua abastecedores con el fin de definir anticipadamente el protocolo de operación de la planta y de producción de agua tratada, dependiendo de la calidad del agua cruda en el sitio de las bocatomas.
- ✚ Cambiar el sistema de aireación provisional por un sistema de aireación permanente para instalar en cámaras de admisión del canal de aducción, con el fin de mantener niveles de oxígeno disuelto mínimo de 5 mg/l en el agua sedimentada, facilitando la oxidación de materia orgánica, hierro y manganeso.
- ✚ Optimización de los Sistemas de Coagulación, Floculación, Sedimentación.
- ✚ Optimización y/o ampliación del sistema de Interoxidación.
- ✚ Implementación de sistemas de remoción de Manganeso
- ✚ Rehabilitación y/o renovación de equipos o componentes electromecánicos.
- ✚ Implementación de Sistemas de Manejo de las Aguas Residuales Industriales y Domésticas

Los componentes existentes tienen la capacidad de recibir y transportar adecuadamente caudales continuos de 10,5 m³/s y picos de 12,0 m³/s, siendo identificada la necesidad de optimizar los sedimentadores que presentan altas tasas hidráulicas que no garantizan una adecuada sedimentación y por ende perjudican la operación de los filtros disminuyendo la carrera de operación y aumentando los periodos de lavado que inciden en el Programa de Uso eficiente del Agua.

Al incluir en la Normatividad los parámetros más exigentes, (Escenario de Normatividad de Agua Potable ENP-2) especialmente de Manganeso ≤ 0.02 mg/L y COT ≤ 2.0 Mg/L los requerimientos técnicos de eficiencia para la optimización del sistema de sedimentación, interoxidación y remoción de Manganeso serán también más rigurosos y por ende aumentaría su costo de inversión y operación.

Tabla No 8. Escenarios de Calidad de Agua Cruda en la PTAP

NOMBRE	ESCAMENARIO DE CALIDAD DE AGUA CRUDA			PORCENTAJES DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES EN EL AGUA TRATADA (%)		RANGO DE PRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE (l/s)		PLANTA ACTUAL OPERANDO CON Q= 10,5 m ³ /s		OBSERVACIONES
	CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS		PORCENTAJE DE OCURRENCIA (%)	Mn	COT	Bajo ENP1	Bajo ENP2	Bajo ENP1	Bajo ENP2	
	Mn (mg/l)	COT (mg/l)	(%)							
ECA 3	Mn < 0,1	COT < 10	19,2	21,3	88,3	5,5 ≤ Q ≤ 7,5	????	Cumple Remoción de Turbiedad, Manganeso y MO	NO CUMPLE MN<0,02	Deberá establecerse un valor de COT, a partir del cual debe disminuirse la producción de la PTAP, bajo ENP2, para poder cumplir con calidad de agua potable bajo criterios más estrictos de control de subproductos.
ECA 1	0,1 < Mn < 0,2	10 < COT < 15	39	67,2	87,2	4,5 ≤ Q ≤ 5,5	3,0 ≤ Q ≤ 4,5	NO CUMPLE REMOCIÓN DE TURBIEDAD, NI MANGANESO NI MATERIA ORGÁNICA		Bajo ENP1 Escenarios también riesgosos porque el criterio es Potabilización Convencional sin tener en cuenta la formación de sub productos con MO deficientemente removida y sin evidencias de control de laboratorio para registro de sub productos.
	0,2 < Mn < 0,3		38,2	80	87	3,0 ≤ Q ≤ 4,5	1,2 ≤ Q ≤ 3,0			
			15 < COT < 20	3,4			1,2 ≤ Q ≤ 3,0			
	20 < COT < 22			No se presentan registros		0,01 ≤ Q ≤ 1,2				
ECA 2	Mn > 0,3	COT > 22	0,2	Salida de operación		Q = 0		SALIDA DE OPERACIÓN		Bajo ENP1 Escenario menos riesgoso desde el punto de vista de la Calidad del agua, simplemente porque no hay producción.
Sumatoria de Porcentajes de Ocurrencia			100							

Nota 1: Tomado directamente del informe Producto 3, sección 8.2, página 74: "Disminución en las eficiencias de remoción de algunos compuestos en los procesos de potabilización cuando se presenta simultaneidad de parámetros críticos.

Nota 2: La remoción del Manganeso es baja (Menor al 67%, si se mantienen caudales de producción entre 4,5 y 7,5 M³/S. La remoción de Materia Orgánica se ha mantenido del orden del 87 y 88%. El porcentaje de remoción faltante, podría estar ocasionando la formación de subproductos de la desinfección y aumentando la demanda de cloro en las redes de distribución, aumentando el riesgo de contaminación.

La evaluación de los parámetros operativos de la planta bajo los diferentes escenarios de calidad de agua cruda y potable, arrojados por el modelo de simulación elaborado por la Consultoría descrito en el capítulo 6, se presentan en el Anexo No. 1.

2.3.2 Conclusiones

La Planta de Tibitoc lleva más de cincuenta años en operación y cuenta con registros instantáneos, diarios, promedios mensuales y anuales de caudales tratados y parámetros de calidad del agua cruda y tratada, por lo tanto es considerada como una planta piloto que permite tomar definiciones reales y no supuestas para establecer la confiabilidad de la planta bajo diferentes escenarios de proyección y que hace innecesaria la realización de pruebas de laboratorio adicionales para predecir el comportamiento futuro de la disponibilidad y calidad de agua de las fuentes de abastecimiento, así como evaluar la eficiencia del tratamiento actual

Luego de pasar por la zona urbana e industrial del municipio de Tocancipá, el río Bogotá recibe descargas significativas de materia orgánica, lo que se ve reflejado en los análisis de frecuencia de aparición de esta, en donde es mayor en el punto de monitoreo río Bogotá-BT, que en el punto del mismo en Tocancipá.

La capacidad de producción de la planta de Tibitoc oscila entre 5,5 y 7,5 m³/s, con manganeso y materia orgánica por debajo de 0,1 mg/L y 10 mg/L respectivamente. Esto significa que condiciones de agua

cruda, con concentraciones mayores y periodos largos de aparición de estos mismos, propician una situación crítica para cumplir con cualquier exigencia de normatividad aplicable de agua potable.

Los determinantes de calidad del agua a medir en línea son temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, pH, sólidos disueltos totales TDS, carbono orgánico total y manganeso.

En el Decreto 1575 de 2007 y sus resoluciones reglamentarias 2115 de 2007, 0811 de 2008, se incluyeron análisis adicionales que no se venían realizando en el agua de consumo humano, como son el Carbono Orgánico Total, Giardia y Crlyptosporidium, principalmente, con los cuales se sigue la tendencia mundial a ser más restrictivos y ejercer un mayor control de parámetros, que no se tenían en cuenta anteriormente.

En el decreto 2115 y la resolución 1575 de 2007 se eliminó el control sobre sustancias como el boro, cloroformo, fenoles totales y plata, y para el antimonio disminuyó la concentración permitida en un 100% pasando de 0.005 mg/l a 0.02 mg/L.

Debe garantizarse la permanencia y/o inclusión de los parámetros manganeso y COT dentro del mapa de riesgo aplicable y ser considerados como factores de riesgo alteradores de la calidad del agua teniendo en cuenta la revisión y actualización de la que son objeto y que debe llevarse a cabo a más tardar el 30 de septiembre de cada año, partiendo del primer mapa de riesgo elaborado.

Con condiciones de agua cruda críticas los caudales de tratamiento disminuyen, sin ninguna proporcionalidad, y la planta de potabilización de Tibitoc no presenta la infraestructura necesaria para soportar dichas condiciones y los procesos adicionales que se han implementado no tienen la rigidez técnica que garantice su permanencia en el tiempo.

Adicionalmente a la normatividad aplicable hay otro criterio para tener en cuenta y que se relaciona con la concentración de manganeso y el valor de pH, óptimo para evitar la formación de biopelícula en las tuberías de conducción del agua suministrada. Se ha determinado que valores semejantes con estos dos parámetros están relacionados con este fenómeno y por tanto es importante tenerlo en cuenta a la hora de establecer por la EAB, el valor permitido para estos a salida de la planta de potabilización de Tibitoc.

Para la selección de los equipos de medición en campo de determinantes de calidad hídrica se deben tener en cuenta las especificaciones técnicas para la medición en línea. Es importante considerar que los equipos trabajarán en condiciones extremas de calidad del agua, ya que las características del río Bogotá se comparan con aguas residuales domésticas.

En lo que se refiere a los requisitos de calidad de agua tratada en Tibitoc, es recomendable establecer un valor más restrictivo para manganeso e incluir el carbono orgánico total, para garantizar que las características fisicoquímicas del agua suministrada cumplan con la normatividad aplicable y de igual manera se reduzca la probabilidad de formación de biopelícula en las tuberías de distribución.

Con base en el análisis de las tendencias de disponibilidad y calidad de agua en las fuentes de abastecimiento, así como en la evolución normativa de calidad de agua potable se generaron los

posibles Escenarios de Disponibilidad de Agua, de Calidad de agua y relacionados con la normatividad a cumplir para garantizar el suministro continuo y confiable de 10,5 m³/s. y se efectuó el respectivo análisis de los efectos en la operación de la planta.

Del análisis cuantitativo de los escenarios de disponibilidad de agua ED1 y ED2 propuestos por la Consultoría y relacionados con la disponibilidad de agua en las fuentes para garantizar un suministro confiable continuo de 10,5 m³/s implican la implementación de acciones interinstitucionales complejas y demoradas EAB-EMGESA- CAR, así como altos costos de pre- inversión (Estudios, Diseños), inversión, operación y mantenimiento, lo más recomendable sería que la Planta de Tibitoc continúe operando con los caudales medios entre 4.00 y 6,0 m³/s para condiciones hidrológicas normales (Caudal continuo concesionado por la CAR) y de 8 m³/s en situaciones de contingencia del sistema Wiesner. (Caudal continuo concesionado por la CAR más caudales de emergencia).

Con base en la caracterización promedio y el análisis de frecuencia de los parámetros críticos pueden establecerse tres escenarios relacionados con el deterioro de la calidad de agua cruda o períodos donde se presenta simultaneidad de parámetros, independientemente del caudal requerido de producción de la planta: día crítico, mes crítico y calidad promedio anual.

Con el fin de determinar los efectos en la operación de la planta frente a la tendencia en el deterioro de la calidad de agua, se desarrolló un modelo matemático que correlaciona los diferentes parámetros de calidad de agua cruda con la capacidad de producción de la Planta con base en los reportes de operación de la planta desde el año 2008 hasta el 2011, periodo que se considera representativo porque en él ocurrieron los tres escenarios de calidad de agua cruda.

Considerando la capacidad operativa de la Infraestructura existente y los diferentes Escenarios de Calidad de agua cruda y tratada, se efectuó la propuesta de los procesos a optimizar, ampliar ó implementar para garantizar que el proceso de producción de agua en la Planta de Tibitoc tenga una confiabilidad continua del 99% para las condiciones desfavorables más probables de la calidad esperada del agua captada y para cumplir los Escenarios de Normatividad de Agua potable.

En este producto, se identifican las amenazas físicas, naturales, ambientales, operacionales, interinstitucionales y de infraestructura externa para determinar el grado de vulnerabilidad de la infraestructura y componentes existentes en la planta, cuantificar y valorar los riesgos que pueden afectar la operación de la misma, en las condiciones actuales hasta la implementación de la alternativa de optimización.

Se diseña el modelo mediante el cual se relaciona la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos sociales, económicos y ambientales y sus probabilidades. Así mismo se estima el valor de los daños y las pérdidas potenciales, y se comparan con los criterios de seguridad establecidos, con el propósito de definir los tipos de intervención y el alcance de la reducción del riesgo y preparación para la respuesta y recuperación.

Se determinan también, las estrategias de gestión del riesgo, que incluyan los aspectos administrativos, técnicos, operativos y financieros, así como los programas, acciones de monitoreo y planes de

contingencia y emergencia que debe desarrollar o adoptar la EAB- ESP hasta la implementación de la alternativa de optimización de la PTAP de Tibitoc.

2.4 PRODUCTO No. 4 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y DE RIESGOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE TIBITOC, EN LAS CONDICIONES ACTUALES.

En este producto se realiza el análisis de vulnerabilidad y de riesgos de la planta, se diseña el modelo mediante el cual se relaciona la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos sociales, económicos y ambientales y sus probabilidades.

Se determinan las estrategias de gestión del riesgo, que incluyan los aspectos administrativos, técnicos, operativos y financieros, así como los programas, acciones de monitoreo y planes de contingencia y emergencia que debe desarrollar o adoptar la EAB- ESP hasta la implementación de la alternativa de optimización de la PTAP de Tibitoc.

2.4.1 Metodología para la realización del análisis de vulnerabilidad y riesgo

Para estimar los daños potenciales de la infraestructura, los equipos y elementos que constituyen los procesos de la PTAP, se realiza el análisis individual de la susceptibilidad a daños que puede producir cada una de las amenazas identificadas, medidas mediante los criterios de vulnerabilidad física y vulnerabilidad funcional, establecidos en el RAS.

Los escenarios de riesgo factible son producto de la conjugación de los riesgos identificados, la probabilidad de ocurrencia y la información levantada en los tres primeros productos. Sobre cada uno de los riesgos visualizados y analizados, se determina y pondera el impacto, mediante la evaluación de sus consecuencias sobre la economía de la PTAP y la prestación del servicio en caso de que se configure el riesgo.

A partir de la consolidación anteriormente mencionada, se creó un formulario con los posibles tipos de amenazas, el cual fue diligenciado por cada experto de la Consultoría en las diferentes disciplinas, para identificar las amenazas. En la tabla siguiente, se resumen los criterios obtenidos por categoría.

Tabla No 9. Matriz de amenazas PTAP Tibitoc

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	AMENAZA	DESCRIPCIÓN
Fenómenos físicos naturales	Hidrológicos	Sequía	Limita la oferta de agua cruda disponible
		Erosión	Identificada como fuente de deterioro de calidad de agua.
	Sísmicos	Sismos	Se pueden presentar efectos locales de amplificación de ondas por sismos, con efectos sobre toda la PTAP Tibitoc y algunos efectos locales de amplificación de ondas sobre tuberías y diques, desprendimientos superficiales y fallas masivas potenciales en la Sub Estación eléctrica de El Cerro.
		Licuefacción	Posibles daños potenciales en el dique por licuación de arenas ante ocurrencia de sismo moderado. Aceleración horizontal en superficie mayor a 0.1g. El fenómeno afectaría al componente de captación, específicamente se localizaría en los diques de la dársena.

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	AMENAZA	DESCRIPCIÓN
	Geológico-hidrológicos	Deslizamientos	Efectos sobre la subestación eléctrica de El Cerro, en donde se registraron dos eventos en los últimos años
Fenómenos ambientales	Producen contaminación progresiva	Contaminación de las fuentes de agua y aporte accidental de sustancias al agua	Alteración de las condiciones fisicoquímicas que reducen la calidad del agua cruda disponible para la PTAP, desde niveles que afectan los costos hasta niveles que impiden el uso de esta agua.
	Reducen el caudal disponible	Amenaza por demanda en las fuentes de abastecimiento:	Conflictos de uso del agua generados por la falta de manejo ambientalmente sostenible de la cuenca, situación que conduce a la reducción o imposibilidad de captar los caudales requeridos para la producción de la PTAP. Se identifica como una amenaza en la captación.
Operacionales	Acción del agua sobre las estructuras		Pérdida superficial de la pasta del concreto en las estructuras que contienen agua, debido a las erosiones producidas por el agua tratada. Afecta principalmente los componentes de filtración y tanque de retención de cloro.
	Estructuración de nuevos tratamientos:		Esta amenaza afecta principalmente la coagulación, la floculación, la filtración, el control manganoso y la cloración.
	Frecuencia insuficiente en el monitoreo de la calidad del agua:		El monitoreo que actualmente se realiza sobre la calidad de agua del río Bogotá, no es suficiente para detectar eventos de contaminación. Esta amenaza afecta principalmente la coagulación, la floculación, la filtración, el control manganoso y la cloración.
Amenazas por acciones institucionales y de los particulares	Acciones institucionales	Amenaza por el dominio de los intereses particulares sobre el uso de la cuenca:	Generada por las políticas y regulaciones en materia del modelo de ocupación de territorio, los usos del suelo y de los recursos naturales. Refleja falta de interés de las entidades territoriales, ambientales y de los servicios de acueducto en los municipios del área de influencia, para cumplir en forma cabal con las competencias y funciones que tienen asignadas en materia de la preservación de las cuencas hidrográficas y la satisfacción de las necesidades de agua potable de la población.
		Amenaza por dependencia sobre la disponibilidad de agua:	Hace referencia a la dependencia que tiene la PTAP, con respecto a otras entidades para la entrega de agua de los embalses del Sisga y Tominé, factor que limita la cantidad de agua disponible para diluir las concentraciones de contaminantes del agua del río.
		Amenaza por falta de gestión:	Falta de gestión de todas las entidades con competencias en el desarrollo sostenible de la cuenca y limitado ejercicio de las medidas de monitoreo, control y vigilancia, para garantizar las condiciones de calidad y cantidad de agua requerida para la PTAP.
		Interferencia externa industrial:	La zona se está desarrollando como sector industrial y esto requiere más energía disponible o mayor demanda sobre las fuentes existentes.
	1) Acciones de los particulares	Amenaza por Interferencia externa Industrial	Las áreas industriales de los municipios ubicados aguas arriba de la planta, amenazan la cantidad y calidad del agua cruda disponible para la PTAP. La zona se está desarrollando como sector industrial y esto requiere más energía disponible o mayor demanda sobre las fuentes existentes.
		Interferencia externa Agropecuaria:	Las zonas agropecuarias contribuyen a reducir la oferta y la calidad del agua disponible para la PTAP. Afecta los procesos del tratamiento en la planta
		Amenaza por Interferencia	Vertimiento aguas residuales domésticas en cantidades incontroladas La zona también parece estar

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	AMENAZA	DESCRIPCIÓN
		externa urbana;	desarrollándose como área urbana lo cual traería mayor exigencia sobre las fuentes existentes de energía

La evaluación de amenazas se realizó en forma individual, considerando criterios como la importancia, control, tiempo de configuración, nivel de adaptación de la amenaza y sus variables respectivas. A partir de ello, se observó que la contaminación es la principal amenaza en todos los componentes.

En el análisis de vulnerabilidad se determinaron las afectaciones originadas por las amenazas de probable ocurrencia y de las que pueden ser objeto algunos equipos y elementos de la producción de agua potable, que sean determinantes en el flujo de operación en cada uno de los procesos. Con base en la magnitud de las amenazas que afectan cada proceso y el grado de vulnerabilidad de éste, se determinan e identifican los posibles riesgos que pueden configurarse por la combinación de las dos situaciones descritas.

Como resultado, es posible afirmar que la totalidad de los tratamientos, la estación de re bombeo, y las válvulas en el grupo de salida y toda la infraestructura para el suministro de energía presentan vulnerabilidad física alta, la Captación, el bombeo y los tanques de almacenamiento en las estructuras de salida presentan una vulnerabilidad física media. Con respecto a la vulnerabilidad funcional, el bombeo y los tratamientos presentan vulnerabilidad media y la captación baja.

2.4.2 Descripción de riesgos y escenarios

Del análisis de vulnerabilidad, se tiene que los riesgos posibles identificados son los siguientes:

Tabla No 10. Clasificación de riesgos

CLASIFICACIÓN	RIESGO
Riesgos agudos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Riesgo de perder el Río Teusacá como fuente de abastecimiento de la PTAP. 2. Riesgo que la concentración máxima de contaminantes en el Teusacá se presente conjuntamente con la fuente del río Bogotá. 3. Riesgo económico para la PTAP por pérdida de capacidad de producción e incremento de costos de producción en niveles no rentables. 4. Riesgo de parada de la PTAP por incapacidad de procesamiento de mayores cargas contaminantes. 5. Riesgo que la baja calidad en todas las fuentes que abastecen la PTAP se sostenga en el tiempo obligando al cierre de la PTAP o cambio tecnológico.
Riesgos altos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Riesgo de afectar a tal punto la calidad y cantidad del agua que pueden sacar de funcionamiento la PTAP de Tibitoc en un periodo de tiempo relativamente corto por el deterioro de la calidad del agua.. Produce impacto por corte temporal del servicio. 2. Riesgo de que se incrementen los procesos en el tratamiento sin disponer de áreas adecuadas para implementarlos con los tiempos de retención requeridos. Produce impacto para la oferta al sistema de acueducto de Bogotá. 3. Riesgo de daños en las tuberías de bombeo y salida que produce la parada

CLASIFICACIÓN	RIESGO
	<p>temporal de la PTAP, ocasionado por Sismos. Produce impacto por corte temporal del servicio.</p> <p>4. Riesgo de desestabilización en torres y postes de energía y las canalizaciones que transportan los circuitos de suplencia a 4160 para las diferentes estaciones, es ocasionado por sismos y produce impacto por corte temporal el servicio.</p>
Riesgos medios	<ol style="list-style-type: none"> 1. Riesgo que se afecte la estructura de terraplén de la dársena impidiendo la pre sedimentación y la captación para la PTAP ocasionada por sismo y que produce impacto por corte de servicio. 2. Riesgo de Ruptura de tuberías con parada temporal de la producción de agua potable ocasionada por sismo y produce impacto por corte de servicio. 3. Riesgo de no poder captar por un periodo corto, agua de aquella fuente donde se haya producido el derrame, originado por derrames y produce impacto por corte temporal del servicio. 4. Riesgo por pérdida de resistencia de la obra civil por acción del agua sobre las estructuras. Produce impacto por corte temporal del servicio. 5. Riesgo que se presente de improviso como condiciones de calidad para las que la concesionaria no está preparada originando por el modelo de monitoreo y control de calidad de agua insuficiente y produciendo impacto por corte temporal del servicio.
Riesgos bajos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Riesgo por no contar con el caudal requerido ante eventos de contaminación, sequía o exigencias de la demanda, originado por la dependencia sobre la disponibilidad de agua cruda en los embalses ocasiona impacto a nivel de la operación pero que no necesariamente afecta el servicio. 2. Riesgo de no poder atender la demanda en condiciones normales del sistema, cuando el sistema Chingaza está por fuera de operación y se requiere la totalidad del caudal de diseño de Tibitoc. Se ocasiona principalmente en épocas de sequía y produce impacto a nivel de la operación pero no necesariamente afecta el servicio. 3. Riesgo de no poder atender la demanda, en periodos de sequía (años Niño principalmente). Es ocasionado por sequía y produce impacto a nivel de la operación pero no necesariamente afecta el servicio. 4. Riesgo de disminución de fuente y caudales disponibles para la captación en la PTAP Tibitoc . Se produce por la falta de gestión institucional . Produce impacto a nivel de la operación pero no necesariamente afecta el servicio. 5. Riesgo de dejar el proceso de tratamiento obsoleto ante el cambio drástico que está presentando la calidad del agua disponible. Falta de gestión que produce impacto a nivel de la operación pero no necesariamente afecta el servicio. 6. Riesgo de no captar más de 4.5 m³/s. Conflictos uso del agua (sobredemanda). Produce impacto a nivel de la operación pero no necesariamente afecta el servicio. 7. Riesgo que la infraestructura física de la PTAP quede sobre dimensionada frente a la oferta de agua e incluso que se pierdan las nuevas inversiones si no hay un control y manejo de las fuentes con criterio sostenible y respetando la política

CLASIFICACIÓN	RIESGO
	del agua riego ocasionado por los conflictos en el uso del agua y la sobredemanda. Produce impacto a nivel de la operación pero no necesariamente afecta el servicio

Para todos los riesgos calificados en la categoría de agudos, se propone como acción necesaria la gestión de la política del agua y ejercicio de inspección y control de la autoridad ambiental sobre POMCAH y la Investigación en Mejoramiento de los procesos cuya responsabilidad recae sobre la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR, pero que debe ser liderada por la EAB ESP.

Para los riesgos en la zona de riesgo alto se propone adelantar gestión de la EAB con municipios, Ministerio de ambiente, ANLA y CAR, y aplicación del procedimiento PrC13 del Plan de prevención y Emergencias en los casos de sismo.

Para atender los riesgos identificados bajos se deben adelantar gestiones de coordinación interinstitucional en: Gestión de la política del agua, desarrollo de estrategias dirigidas al control de embalses, Vigilancia y Control protección rondas, control vertimientos, Manejo de cuencas, Manejo embalses, Control y vigilancia, Autoridad Ambiental, Gestión institucional de EAB con municipios MADS, ANLA y CAR, Gestión institucional de EAB con municipios MADS, ANLA y CAR.

Debido a su origen, el desarrollo de las estrategias que se propongan para la gestión de estos riesgos, no depende exclusivamente de la EAB - ESP, pues debido a su naturaleza, la prevención o reducción de buena parte de ellos, está condicionada al cumplimiento de las competencias y funciones asignadas a agentes externos, en materia de la administración de los recursos naturales y el ambiente, la planificación y el ordenamiento de los usos del suelo y las acciones de asistencia técnica, monitoreo vigilancia y control en ese campo.

Entre estos agentes externos cabe mencionar: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Procuraduría General de la Nación, Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, corporaciones autónomas regionales, autoridades sanitarias del orden departamental, distrital y municipal y entidades territoriales con jurisdicción en el área de influencia de las fuentes de abastecimiento de agua cruda de la PTAP de Tibitoc.

De otra parte, la PTAP de Tibitoc debe realizar gestión para reducir once riesgos que pueden afectar la continuidad en la prestación del servicio que están bajo su control directo, según se especifican a continuación:

- Dos en el proceso de captación,
- Cinco en el proceso de tratamiento,
- Uno en el proceso de bombeo,
- Uno en el proceso de la salida,
- Uno en el suministro de energía
- Uno que afecta todos los procesos de la PTAP

Del total de 21 riesgos que se identificaron como susceptibles de afectar los procesos de operación de la PTAP, la reducción de 11 de ellos está bajo su injerencia directa y la reducción de los restantes depende de la gestión de agentes externos, a quienes debe comprometer y movilizar la EAB -ESP con ese propósito.

Los escenarios de riesgo hasta la optimización de la PTAP se proyectan dos años, asumiendo que este es el tiempo que tome la contratación e implementación de la alternativa de optimización. En esa perspectiva, se plantean los siguientes escenarios factibles:

- 1. Por contaminación:** Aunque perder el Río Teusacá como fuente de abastecimiento de la PTAP Tibitoc, reduce la importancia estratégica de la PTAP Tibitoc para el sistema de agua potable de Bogotá, pues la disponibilidad de varias fuentes de abastecimiento representa una ventaja frente a las demás PTAP y confiere estabilidad y confiabilidad a la producción de la planta, en este escenario se asume que solo se cuenta con la captación del río Bogotá con los embalses de Tominé y Sisga.
- 2. Por sismos y licuefacción:** En el evento de un sismo de las características moderadas que se identificaron en las amenazas, la PTAP cuenta con su Plan de Prevención y Emergencias, el que dispone de los procedimientos para el manejo general de la emergencia y posibles crisis. No obstante en consideración al riesgo de afectación de las estructuras, el escenario probable significaría la parada temporal de la PTAP por daño en la estructura de terraplén de la dársena, daños en estaciones de bombeo 1 y 2 con afectación de tuberías de succión y salida de agua cruda hacia el tratamiento, daño en tubería y válvulas de la estación de re bombeo y caída de estructuras eléctricas como postes, cables y alumbrado y daño en las canalizaciones que transportan los circuitos de suplencia a 4160 V para las diferentes estaciones.
- 3. Sequía:** Es posible que en el tiempo requerido hasta la optimización de la PTAP se presenten eventos de sequía, para los que la PTAP de Tibitoc cuenta con ventajas comparativas por disponer de varias fuentes de abastecimiento del recurso.
- 4. Por el crecimiento de la actividad industrial y urbana de los municipios aguas arriba:** El crecimiento urbano e industrial en los próximos dos años puede representar un factor desestabilizador para la PTAP Tibitoc, tanto en la degradación de la calidad del agua con incrementos de evento de Mn y MO como por el incremento en la demanda urbana de agua y las captaciones legales con concesión de la CAR e ilegales sin concesión.

2.4.3 Estrategias para la gestión del riesgo

Las estrategias para la gestión del riesgo en la PTAP de Tibitoc están dirigidas a orientar las acciones que debe desarrollar o adoptar la EAB – ESP, con el fin de mejorar el conocimiento de los riesgos originados por cualquier perturbación que afecte las condiciones de calidad y caudal de los afluentes y la continuidad en la prestación del servicio, promoviendo una cultura de la prevención y manejo del riesgo, en la perspectiva de reducirlo o controlarlo cuando se materialice y de responder a las situaciones de desastre que se presenten, hasta la implementación de la alternativa de optimización de la Planta de Tratamiento de Agua Tibitoc.

La normativa vigente sobre la gestión del riesgo y los *Lineamientos de Política de Gestión del Riesgo de Desastres en la Prestación de los Servicios Públicos de Acueducto, Alcantarillado y Aseo*, establecidos por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, señalan que la gestión del riesgo debe considerar los siguientes procesos:

- 1) Conocimiento del riesgo
- 2) Reducción del riesgo
- 3) Manejo de desastres

En la tabla siguiente se presenta el modelo que permite esta relación de estos procesos en el Sistema Integrado de Gestión de la Planta Tibitoc.

Tabla No. 11. Modelo de operación de la PTAP de Tibitoc.

Modelo de Operación PTAP Tibitoc Macroprocesos	Procesos del Sistema de Gestión del Riesgo
Estratégicos	Planificación
	Asignación de recursos
	Monitoreo, evaluación y control de la gestión del riesgo.
Misionales - Operacionales	Conocimiento del riesgo
	Reducción del riesgo
	Manejo de desastres
De apoyo	Administración del talento humano
	Administración de los recursos financieros
	Administración de los recursos tecnológicos

El modelo además permite la mejora continua en la gestión del riesgo, pues se inscribe en el Ciclo de Mejora Continua PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar), pues garantiza una directa relación y armonía entre las etapas del ciclo de mejoramiento continuo y la naturaleza de los procesos que se desarrollan.

Para cumplir con los propósitos descritos anteriormente, la gestión del riesgo en la PTAP Tibitoc contempla las siguientes estrategias:

Tabla No. 12. Acciones en los Macro procesos de la PTAP Tibitoc.

Procesos de Gestión del Riesgo	Estrategia	Acciones de la EAB -ESP
Planificación	1. Fortalecimiento de la capacidad de gestión	Garantizar la formulación y/o actualización del Plan de Gestión del Riesgo, el Plan Operacional de Emergencia o Plan de Contingencia y el Plan de Acción Específico para la Atención de la Emergencia.
Asignación de recursos		Asignar los recursos necesarios para ejecución de los planes y de las medidas de reducción de riesgo que se requiera adelantar.
		Identificar y realizar gestión con fuentes y mecanismos complementarios, para obtener recursos que permitan

Procesos de Gestión del Riesgo	Estrategia	Acciones de la EAB -ESP
		adelantar las acciones requeridas para mejorar el conocimiento y reducir los riesgos de la PTAP Tibitoc
Monitoreo, evaluación y control de la gestión del riesgo.	2. Fortalecimiento del ejercicio de las funciones de vigilancia y control	Realizar gestión ante las entidades rectoras sectoriales de ambiente, salud y desarrollo territorial, las corporaciones autónomas regionales, las entidades territoriales y los organismos de control, y vigilancia, para que se cumplan las funciones de vigilancia y control, en relación con el uso del suelo y la protección y administración de los recursos naturales y el ambiente. Realizar gestión ante las autoridades ambientales, sanitarias y los organismos de control, para que se ejerzan con mayor rigor las facultades sancionatorias que tienen asignadas, en materia del uso del suelo, la protección y desarrollo sostenible de los recursos naturales.
Comunicaciones	3. Profundización del conocimiento de amenazas y riesgos	Comunicar el riesgo a las entidades públicas y privadas y a la población, con fines de información pública, percepción y toma de conciencia. Utilizar el conocimiento y la educación para crear una cultura de seguridad

Tabla No. 13. Acciones en los Macro procesos Misionales- Operacionales de la PTAP Tibitoc.

Procesos de Gestión del Riesgo	Estrategia	Acciones de la EAB -ESP
Conocimiento del riesgo	3. Profundización del conocimiento de amenazas y riesgos	Identificar los escenarios de riesgo y su priorización, para realizar estudios más detallados.
		Mantener actualizada la información sobre los factores del riesgo: amenazas, exposición y vulnerabilidad, así como los factores subyacentes, sus orígenes, causas y transformación en el tiempo.
		Analizar y evaluar periódicamente el riesgo, manteniendo actualizada la estimación de sus posibles consecuencias.
		Realizar monitoreo y seguimiento del riesgo y sus componentes y mejorar el sistema de alertas tempranas.
Reducción del riesgo	1. Fortalecimiento de la capacidad de gestión	Realizar intervenciones prospectivas, mediante el desarrollo de actividades de prevención que eviten la generación de nuevas condiciones de riesgo. Realizar intervención correctiva, mediante acciones de mitigación de las condiciones de riesgo existente, especialmente en lo relacionado con el mantenimiento de las estructuras y equipos.
	4. Desarrollo y actualización de instrumentos para la reducción del riesgo	Elaborar protocolos y procedimientos para realizar el monitoreo y seguimiento del riesgo.
		Elaborar o actualizar procedimientos para la reducción del riesgo.
		Elaborar o actualizar protocolos y procedimientos para la atención del riesgo y el restablecimiento del servicio.
		Desarrollar herramientas de intercambio de información.

Procesos de Gestión del Riesgo	Estrategia	Acciones de la EAB -ESP
Manejo de desastres	5.Fortalecimiento de los mecanismos para el manejo de desastres	Organizar o mejorar los sistemas de alerta, capacitación, equipamiento y entrenamiento, entre otros.
		Poner en marcha las acciones previstas en el Plan Operacional de Emergencia o Plan de Contingencia y el Plan de Acción Específico para la Atención de la Emergencia.

2.4.4 Conclusiones

Del total de 21 riesgos que se identificaron como susceptibles de afectar los procesos de operación de la PTAP, la reducción de 11 de ellos está bajo su injerencia directa y la reducción de los restantes depende de la gestión de agentes externos, a quienes debe comprometer y movilizar la EAB -ESP con ese propósito. Este aspecto reviste particular importancia en los riesgos clasificados como agudos y altos, que son las dos categorías de riesgo con mayores consecuencias sociales, pues implican suspensión del suministro de agua, una en forma indefinida y la otra de manera temporal, por lo que se deben atender en forma inmediata, de conformidad con la estructura de gestión del riesgo propuesta.

Es importante resaltar que del total de riesgos identificados, los riesgos que requieren manejo interno desde la planta de Tibitoc en su mayoría corresponden a riesgos relacionados con la contaminación en las fuentes y la dependencia sobre las fuentes de agua, siendo tan solo tres riesgos ajenos a esta problemática y relacionados con fenómenos naturales impredecibles.

Respecto a los riesgos internos para la operación de la PTAP Tibitoc que afectan la cantidad de agua disponible se establecieron cuatro (4):

- Disminución de fuente y caudales disponibles para la captación en la PTAP Tibitoc
- No captar más de 4.5 m³/s
- Que la infraestructura física de la PTAP quede sobre dimensionada frente a la oferta de agua e incluso que se pierdan las nuevas inversiones si no hay un control y manejo de las fuentes con criterio sostenible y respetando la política del agua.
- Por pérdida de resistencia de la obra civil

Todos ellos relacionados con la dependencia de terceros sobre el manejo de las fuentes en el control de suministro de agua de los embalses, el manejo de la cuenca con otros intereses, que está relacionado con las autorizaciones para el desarrollo de suelo industrial y urbano y las concesiones de agua que se otorgan para estas actividades y para el desarrollo agropecuario de los municipios aguas arriba y por último con las condiciones de obsolescencia de la infraestructura y equipos de la PTAP.

Los riesgos relacionados con la calidad son cinco y todos tienen que ver con la contaminación que afecta particularmente los procesos de tratamiento del agua en la PTAP:

- De parada de la PTAP por incapacidad de procesamiento de mayores cargas contaminantes.

- Dejar el proceso de tratamiento obsoleto ante el cambio drástico que está presentando la calidad del agua disponible.
- Presencia de imprevisto de condiciones de calidad para las que el concesionario no está preparado
- Incremento de los procesos en el tratamiento sin disponer de áreas adecuadas para implementarlos con los tiempos de retención requeridos.
- Pérdida de capacidad de producción e incremento de costos de producción en niveles no rentables.

Las causas que originan estos riesgos obedecen a la Pérdida de calidad del agua cruda por contaminación en las fuentes, El atraso tecnológico de la PTAP que no permite su uso para obtener los estándares de calidad exigidos por la norma, la dependencia de terceros sobre el manejo de las fuentes que impide el manejo integral y expedito para cubrir los requerimientos ante los diferentes eventos que se presentan en la operación y el manejo de la cuenca con otros intereses que no respetan la condición de privilegio que tiene el uso del agua por parte de acueducto para cubrir un servicio de interés público.

En conclusión y considerando que la gestión institucional necesaria para reducir el riesgo, es un aspecto prioritario que la EAB ESP debe liderar para garantizar el mejoramiento de la oferta de la cuenca en calidad y cantidad, sin que éste sea un aspecto sobre el que se pueda establecer metas confiables, para garantizar el suministro de agua potable en cantidad suficiente y en las condiciones de calidad que exigen las normas, es necesario que la EAB ESP, adelante un proceso de mejoramiento de la infraestructura y equipos de la PTAP dirigido a eliminar la vulnerabilidad funcional por presencia de infraestructura y equipos que ya cumplieron su vida útil y por lo tanto, mientras no se renueven, mantendrán las condiciones de la PTAP vulnerables. Los procesos de optimización, previstos por la EAB ESP, contribuyen a reducir los riesgos sobre el suministro de agua para la ciudad de Bogotá, pero no pueden ser la única inversión sobre la PTAP.

3. FASE DE FORMULACIÓN Y SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE OPTIMIZACIÓN

3.1 PRODUCTO No.5 FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE TIBITOC Y SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA MÁS FAVORABLE

El producto No. 5 tiene como alcance la formulación de las alternativas tecnológicas que permitan reducir la vulnerabilidad de la planta y minimizar los riesgos de afectación de la continuidad y oportunidad de su operación, para cada uno de los escenarios de riesgo planteados en el Producto No. 4, para cada uno de los procesos (oxidación, aireación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección) y de manera conjunta,

Se evalúa el sistema de medición de agua tratada existente en la planta y se proponen las alternativas de mejora y modernización, que permiten garantizar un mayor grado de exactitud y precisión de la macro medición en las líneas matrices de distribución de agua tratada de diámetros de 78", 60" y 16".

Se realiza la evaluación técnica, económica (inversión, operación y mantenimiento), de riesgo ambiental, y financiera (incluyendo como criterio de análisis el costo por m³ de agua tratada) de las alternativas formuladas.

Con base en los resultados obtenidos en la fase de Formulación y Evaluación Técnica, Económica, Financiera, Ambiental y Multicriterio de Alternativas, e establece, para cada uno de los procesos, la o las alternativas más favorables y se efectúa la recomendación de la que la Consultoría considera adecuada para lograr la optimización de la Planta de Tibitoc a corto plazo.

Así mismo se realizan los análisis técnicos y económicos que permiten cuantificar los costos en que incurriría la EAB-ESP, para eliminar las restricciones que limitan el máximo aprovechamiento de la capacidad instalada (10,5 m³/s) de los componentes de la Planta de Tratamiento.

3.1.1 Requisitos para la formulación de alternativas de Optimización solicitadas por la EAB-ESP en los términos de referencia de la consultoría

Cada una de las Alternativas propuestas y evaluadas por la Consultoría, para la optimización de la planta, garantizan un caudal continuo confiable de agua tratada de 10.5 m³/s, con máximos diarios de 12 m³/s, además de cumplir con las siguientes condiciones:

- ✓ Concentración de manganeso en el agua tratada a la salida de la planta menor o igual a 0.02 mg/L.
- ✓ Concentración de COT en el agua tratada a la salida de la planta menor o igual a 2 mg/L.

- ✓ Condiciones de agua tratada estable¹.
- ✓ No modificar la geometría estructural, ni el perfil hidráulico de la planta (los nuevos componentes deben adecuarse a la geometría de la infraestructura existente).
- ✓ Garantizar la continuidad de la prestación del servicio de agua potable, asegurando el suministro de la demanda mínima garantizada del contrato de concesión, durante la implementación, puesta en marcha y operación de la alternativa de optimización.
- ✓ Que el lavado de filtros se realice con agua clorada y no agua filtrada.
- ✓ Que se dé cumplimiento a los parámetros de calidad del agua potable vigentes y en ajuste por las autoridades competentes.
- ✓ Que se realice el manejo, tratamiento y disposición final de forma separada, las aguas residuales industriales y de las aguas residuales domésticas generadas en la infraestructura existente en la planta.
- ✓ Que se dé cumplimiento a las normas de vertimiento de aguas residuales y manejo de lodos.
- ✓ Que se garantice la protección de la infraestructura, equipos y conducciones de agua tratada, así como redes hidráulicas y eléctricas de la planta, durante la implementación, puesta en marcha y operación de la alternativa de optimización.
- ✓ Que se cumpla con el Plan de Ahorro y Uso Eficiente del Agua, mediante el aprovechamiento de las aguas residuales industriales tratadas.
- ✓ Que se cumpla con el Plan de Ahorro y Uso de Eficiente de Energía, mediante la adopción de estrategias de eficiencia energética.
- ✓ Que el proceso de producción de agua potable en la Planta de Tibitoc, tenga una confiabilidad continua del 99%, para las condiciones desfavorables más probables de la calidad esperada del agua captada, para los próximos 20 años.
- ✓ Que los costos de producción de agua potable no superen el 20% del valor actual de la producción por metro cúbico, para condiciones normales de calidad del agua captada, y el 50% para condiciones extraordinarias.

A. EVALUACIÓN DE LA ALTERNATIVA PROPUESTA POR LA EAB-ESP DE INSTALACIÓN DE FILTROS EN LAS TUBERÍAS DE SALIDA DE LA PLANTA

En el transcurso de este año se inició la instalación de filtros en la tubería de salida de la Planta hacia municipios de 16" en paralelo.

Con relación a la alternativa de implementar este tipo de filtros o equipos sobre las tuberías de 72" y 60" la Consultoría presenta las siguientes consideraciones:

1. Históricamente se han presentado más casos de formación de biopelícula en la tubería a municipios que en las tuberías de 72" y 60".
2. Se requiere una obra civil y mecánica de gran magnitud y costo para instalación de estos sistemas en paralelo en cada una de las tuberías.
3. El objetivo fundamental de la optimización de la Planta de Tibitoc es disminuir la probabilidad de presencia de elementos que puedan relacionarse con inconvenientes de color en la conducción, especialmente al optimizar los sedimentadores y el proceso de interoxidación, por lo cual se

¹ No corrosiva ni agresiva (incrustante).

considera innecesaria la implementación de equipos adicionales en las redes matrices cercanas a la Planta.

4. Los filtros y membranas utilizados en estos sistemas presentan mallas con orificios de paso muy finos que aumentan considerablemente la pérdida de carga la cual es directamente proporcional al caudal de paso. Las tuberías de 60" y 72" pueden conducir caudales medios entre 3,0 y 6 m³/s cada una, dependiendo de los requerimientos de agua tratada de Tibitoc por parte de red matriz.
5. Al aumentar la pérdida de carga se disminuye el plano de presiones de suministro del Sistema Matriz por lo cual se debería aumentar el tiempo de funcionamiento de la Estación de Bombeo No. 3 al tanque alto y por ende aumenta el costo de energía de bombeo.

Si para la tubería de 60" se instalan dos ramales de 24" con su respectivo filtro, la pérdida de carga propuesta por estos filtros es de 4 mca, sin contar con los demás accesorios de paso, como se muestra en la siguiente gráfica: Se tiene conocimiento que la Dirección de Red Matriz de la EAB-ESP adelanta en la actualidad un Estudio sobre el manejo de la biopelícula en las redes matrices de Bogotá. Se recomienda que se realice un análisis técnico y económico detallado de esta alternativa incluyendo las anteriores consideraciones para que la EAB-ESP cuente con suficientes criterios de decisión sobre la implementación de los filtros en las tuberías de 72" y 60".

B. LAVADO DE FILTROS CON AGUA CLORADA Y VÁLVULA DE AISLAMIENTO SALIDA DE FILTROS

Se ha propuesto por parte de la EAB-ESP y la Concesionaria la instalación de una válvula de 60" a la salida de filtros que permitiría aislar las dos alas de filtros para el mantenimiento de las compuertas perimetrales sin tener que sacar de funcionamiento la planta de tratamiento. La Consultoría considera recomendable la instalación de esta válvula que flexibiliza la operación y facilita el mantenimiento de las compuertas perimetrales de filtros.

C. PLAN DE AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA MEDIANTE EL APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES TRATADAS.

Cuando se optimice el sistema de potabilización con las mejoras en los procesos de aireación, sedimentación e interoxidación, el consumo de agua podrá llegar a reducirse en promedio anual hasta el 3,4 %, lo cual representa un ahorro del 0.6% del caudal de producción de la planta.

Para la Alternativa de optimización de la laguna de lodos podría ser aprovechado para reúso, un caudal un poco mayor (3%) debido al alto tiempo de retención que permite una mejor clarificación de las aguas residuales industriales y el sistema de reúso consiste en estructuras de vertederos y descarga y una tubería por gravedad. El costo de las obras asciende a 1150 millones de \$.

D. PLAN DE AHORRO Y USO EFICIENTE DE ENERGÍA MEDIANTE LA ADOPCIÓN DE ESTRATEGIAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.

El plan de ahorro y uso eficiente de energía se cumple mediante el uso de tecnología de punta en los equipos eléctricos que se han propuesto en las diferentes alternativas de optimización. En la Consultoría, se evaluaron las siguientes alternativas de optimización de los equipos electromecánicos principales que corresponden a las Estaciones de Bombeo:

Alternativa 1: Mantenimiento de las Unidades de Bombeo Existentes

Alternativa 2: Cambio de los Equipos de Bombeo con motores asíncronos

Alternativa 3: Cambio de los Equipos de Bombeo con motores síncronos.

La alternativa que presenta menor consumo energético y por consiguiente ayuda en el Programa de Ahorro y Uso Eficiente de Energía es la Alternativa 3: Cambio de las unidades de bombeo con motores síncronos, sin embargo, efectuando la comparación en valor presente considerando costos de inversión y mantenimiento, la Alternativa que se llevó a diseño corresponde a la Alternativa 2 de Cambio de las unidades de bombeo con motores asíncronos.

E. SISTEMAS DE MEDICIÓN DE AGUA TRATADA EXISTENTE EN LA PLANTA

Actualmente en las tuberías de 16", 60" y 72", existen macromedidores ultrasónicos de caudal de un solo camino, los cuales no cumplen con la precisión establecida. Se propone su reemplazo por medidores de caudal electromagnético.

La Consultoría considera que el tipo de medición electromagnética cumple con los requisitos de la EAB siempre y cuando se mantenga el caudal y las velocidades dentro de los límites y recomendaciones de los diferentes fabricantes los cuales se encuentran dentro de los valores normales de operación en las tres tuberías de salida de la planta de tratamiento de agua potable Tibitoc en condiciones actuales y condiciones futuras del suministro de agua potable desde la planta de tratamiento.

3.1.2 Descripción de las alternativas consideradas para la optimización de la PTAP Tibitoc.

En la Figura No. 8 se esquematiza las alternativas evaluadas en cada proceso de tratamiento y en la tabla No. 14 se presenta la síntesis de cada una de ellas.

Figura No 8. Esquema de Alternativas de Optimización Evaluadas por Proceso

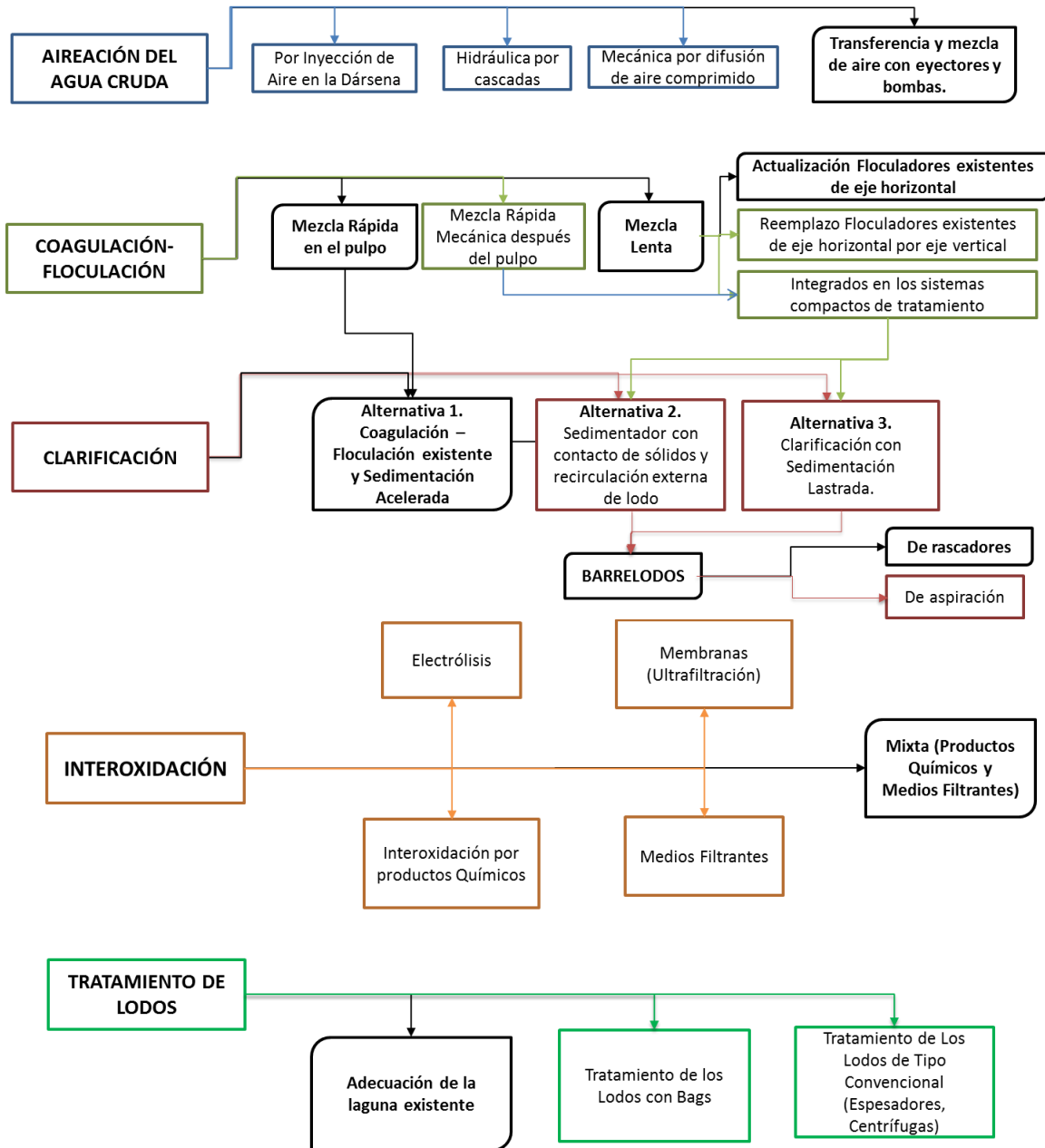
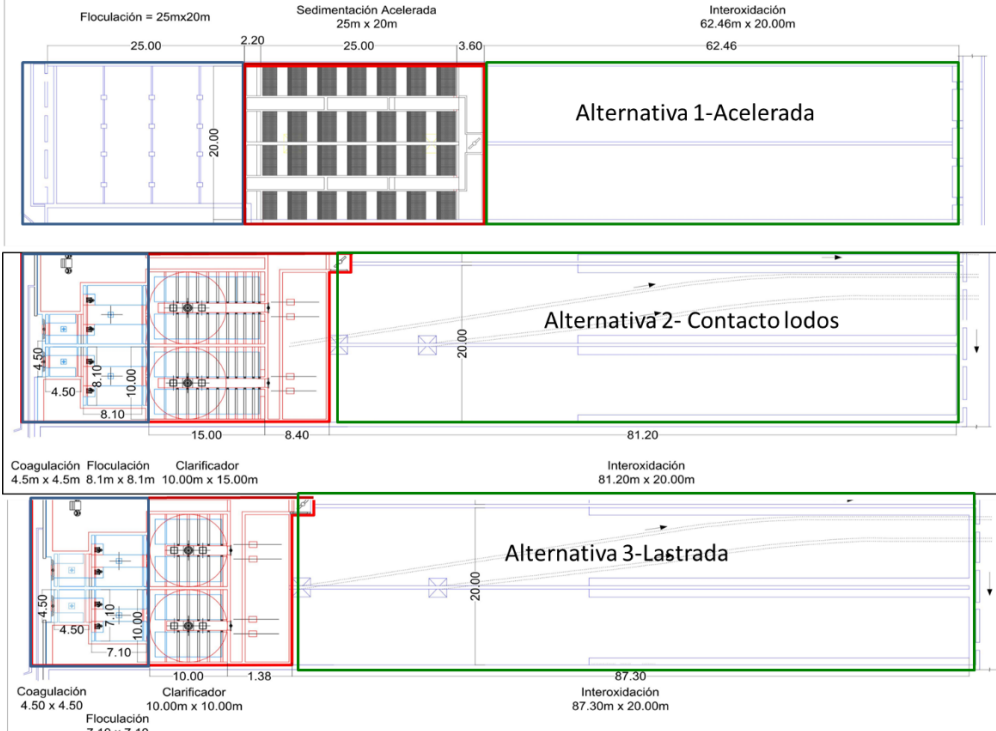


Tabla No. 14. Síntesis de las Alternativas de Optimización Evaluadas por Proceso

PROCESO	OPCIONES TECNOLÓGICAS	CARACTERÍSTICAS DE IMPLEMENTACIÓN EN LA PLANTA
AIREACIÓN DEL AGUA CRUDA	Aireación hidráulica por cascadas	Construcción de obras civiles de grandes dimensiones, Modificación del perfil hidráulico de la planta y el aumento en los costos de bombeo.
	Aireación por Inyección de Aire con aireadores flotantes en la Dársena de Presedimentación	Posible introducción de mezcla de aire y lodos en los equipos de bombeo aumentando la probabilidad de desgaste de los impulsores Si la aireación fuera ubicada más lejos de los bombeos, se disminuiría el tiempo de retención en la Dársena y el oxígeno inyectado se consumiría por la materia orgánica sedimentada, requiriendo mayor potencia de los equipos y consumo energético para garantizar el nivel de Oxígeno disuelto requerido en el agua cruda afluente a la Planta.
	Aireación Mecánica por difusión de aire comprimido	La transferencia de oxígeno depende del déficit del mismo, debido a que cuanto mayor es el déficit, mayor será la fuerza de "conducción" y viceversa, lo anterior debido a que el suministro de oxígeno para llegar a los niveles de OD cerca de la saturación es mucho más alto (en este caso 10 veces más alto para 8 mg /l) que para niveles bajos (2 mg / l). La implementación se realizaría en la superficie de suelo disponible del canal de aducción, por lo cual, la implementación de las piezas de aireación se traducirá en un porcentaje de cobertura específica del canal.
	Aireación por transferencia y mezcla de aire con eyectores y bombas.	Este sistema corresponde a la alternativa propuesta por la Concesionaria y fue diseñado para airear un flujo de 10,5 m ³ /s de agua cruda en la cámara de llegada, compuesto de dos conjuntos de aireadores de agua tipo eyectores mono direccionales de agua y aire, posicionados en el fondo del Tanque al inicio del Canal de Recepción de Agua Cruda bombeada de la Dársena. Incluye una bomba de conducción para cada conjunto de eyectores (y una en stand by) que es responsable por la aireación del sistema a través del aire aspirado para el interior de esta cámara. La instalación garantiza la mayor eficiencia de oxígeno disuelto; y cuando no es necesaria la adición del oxígeno, se puede cerrar la entrada de aire a través de una válvula y mantener solamente las bombas en operación para la recirculación del agua y la mezcla o suspender todo el sistema. Con este sistema se considera un incremento de 3 mg/l de oxígeno disuelto en el agua cruda, garantizando una concentración máxima de hierro soluble (Fe++) de 50 µg/l a la llegada de los filtros.
CLARIFICACIÓN	Alternativa 1. Coagulación – Floculación existente y Sedimentación Acelerada	Utilización integral de los Floculadores existentes y acelerar los sedimentadores con la utilización de módulos de placas inclinadas. Los equipos barrelosos existentes no podrían continuarse utilizando por la disposición de los puentes- grúa, se plantea la opción de actualizar los equipos, mediante la instalación de equipos barrelosos.
XI DA	Alternativa 2. Sedimentador con	Uso de siete 7 floculadores/sedimentadores existentes, reformándolos para la capacidad total de 10,5 m ³ /s, con picos diarios de 12,0 m ³ /s.

PROCESO	OPCIONES TECNOLÓGICAS	CARACTERÍSTICAS DE IMPLEMENTACIÓN EN LA PLANTA
	contacto de sólidos y recirculación externa de lodo	Los fabricantes recomiendan para esta tecnología, profundidades entre 7 y 8 m, sin embargo se tiene una profundidad disponible de 6,08 m, por lo que se efectúa un predimensionamiento (Figura siguiente) Bajo esta alternativa se utilizaría una longitud mayor de los floculadores existentes. La longitud de los sedimentadores que quedaría disponible para realizar el proceso de interoxidación sería de 64 metros, aproximadamente. Con esta alternativa salen de servicio los equipos de floculación mecánicos de paletas y los equipos barrelosos existentes.
	<p>Alternativa 3. Clarificación con Sedimentación Lastrada.</p>	La sedimentación lastrada introduce microarena en los flóculos formados para acelerar y mejorar el proceso de clarificación. Esta alternativa ocupa un (1) Módulo de Floculación Existente, para el Caudal Nominal de 1,5 m ³ /s y fue la presentada por la Concesionaria. Con esta alternativa también salen de servicio los equipos de floculación mecánicos de paletas y los equipos barrelosos existentes. El "Hydrociclone" posicionado sobre el Tanque de Floculación recupera el micro arena y separa el lodo sedimentado. La proporción de 3 g/m ³ tratado de pérdida de micro arena para el lodo y el efluente clarificado, representa, de forma aproximada, la necesidad de reposición diaria correspondiente a 1/30 del total inicial (4,5 kg/m ³).
		 <p>Alternativa 1-Acelerada Floculación = 25mx20m Sedimentación Acelerada 25m x 20m Interoxidación 62.46m x 20.00m</p> <p>Alternativa 2- Contacto lodos Coagulación 4.5m x 4.5m Floculación 8.1m x 8.1m Clarificador 10.00m x 15.00m Interoxidación 81.20m x 20.00m</p> <p>Alternativa 3-Lastrada Coagulación 4.50 x 4.50 Floculación 7.10 x 7.10 Clarificador 10.00m x 10.00m Interoxidación 87.30m x 20.00m</p>

PROCESO	OPCIONES TECNOLÓGICAS	CARACTERÍSTICAS DE IMPLEMENTACIÓN EN LA PLANTA
REMOCIÓN DE MANGANESO Y MATERIA ORGÁNICA	Interoxidación por productos Químicos	<p>La Interoxidación puede llevarse a cabo con tres productos químicos típicamente utilizados en tratamiento de aguas: Cloro gaseoso, Ozono y Permanganato de Potasio.</p> <p>Dado que en la PTAP Tibitoc existen los sistemas de dosificación de cloro y de Permanganato de Potasio y las grandes inversiones requeridas para la producción de Ozono en planta, solo se evaluó técnica y económicamente la utilización de Cloro y Permanganato para el proceso de Interoxidación con productos químicos.</p> <p>La aplicación del Cloro como pre-oxidante, que es utilizado ocasionalmente en la planta, puede continuar implementándose. Sin embargo, la formación de productos organoclorados deberá continuar siendo el parámetro de control limitante.</p> <p>La oxidación del manganeso debe completarse antes de que el proceso de coagulación haya terminado (se haya optimizado). Puesto que el tiempo para conseguir la reacción de oxidación de Mn^{++} puede ser mayor que el tiempo en el que tiene lugar la coagulación (dependerá también del tiempo de retención del agua en la planta), habrá que aumentar, posiblemente, la dosis de permanganato para incrementar de esta forma la tasa de oxidación, a la vez que se satisface la demanda de oxidante de la materia orgánica presente, que compite en su demanda con el propio Mn^{++}.</p>
	Medios Filtrantes	<p>En el mercado existen dos tipos de Medios filtrantes adsorbentes:</p> <ol style="list-style-type: none"> Medios filtrantes recubiertos naturalmente con óxidos (mineral procesado) tipo "arenas verdes o similares" Medios filtrantes específicos elaborados a partir de manganeso refinado con actividad catalítica de oxidación y adsorción <p>En los medios filtrantes tipo b) se realizan los mismos procesos de intercambio iónico y adsorción con la diferencia de no requieren regeneración continua con Permanganato de Potasio garantizando que su vida útil es del orden de 8 años.</p> <p>En la Propuesta de la Concesionaria de Tibitoc, se propone el uso un medio filtrante, para utilizarse en los diez y seis 16 filtros de la Planta de Tibitoc. El cual tiene las siguientes características principales:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✚ Capa granular de Soporte: (existente) ✚ Medio filtrante: 500 mm de altura, con tamaño efectivo de 0,8 mm; ✚ Antracita: (existente) ✚ Tasa para Filtración: 15 hasta 20 $m^3/h/m^2$; ✚ Tasa para el Contralavado: 45 hasta 60 m/h, con 25% de expansión. ✚ Coeficiente de Uniformidad menor que 1,6 con densidad entre 2,0 y 2,4 g/cm^3 y Dureza entre 6 hasta 7 Mohs.

PROCESO	OPCIONES TECNOLÓGICAS	CARACTERÍSTICAS DE IMPLEMENTACIÓN EN LA PLANTA
REMOCION DE MANGANESO Y MATERIA ORGÁNICA	Electrólisis	Dentro de estas tecnologías se considera la electrólisis. En este proceso se utiliza el Hierro y Aluminio. El Hierro al reaccionar, produce una coloración amarilla (Fe3+) o verde (Fe2+), según el número de iones, de tal modo que permite diferir al Aluminio como el electrodo sugerido. Puede ser considerada como una opción para los filtros existentes, sin embargo, desde el punto de vista económico (primordialmente el costo de energía), las incertidumbres en su eficiencia por la dependencia de Estudios Piloto no existentes y la falta de un Fabricante que pueda ofertarla, clasifica este proceso como inviable.
	Membranas (Ultrafiltración)	Así como en el proceso de electrólisis, este tiene ventajas enormes al no utilizar productos químicos. Sin embargo, su utilización como alternativa para adecuar la producción de agua potable en Tibitoc, también depende de estudios pilotos. Por tanto, el uso de membranas para la Ultrafiltración no se estudió como alternativa en esta Consultoría.
MANEJO DE AGUAS LLUVIAS, DOMÉSTICAS E INDUSTRIALES	Tratamiento De Aguas Residuales Domésticas.	<p>Una de las premisas del planteamiento de alternativas establecido en los Térmicos de Referencia consiste en que se realice el manejo, tratamiento y disposición final de forma separada de las aguas residuales industriales y de las aguas residuales domésticas generadas en la infraestructura existente en la planta, por lo tanto a continuación se formulan las posibles alternativas para el tratamiento de las aguas residuales domésticas e industriales de manera independiente.</p> <p>✚ Tratamiento anaerobio con UASB: Los reactores UASB son anaerobios de manto de lodos de flujo ascendente. Soporta cargas orgánicas intermitentes, bajo costo de y alcanza remociones en términos de sólidos suspendidos entre el 65 y 70% y en DBO entre el 75y el 80%.</p> <p>✚ Tratamiento Filtro Anaerobio: Compuesto por un reactor de flujo ascendente o descendente, con relleno plástico o piedras de 3 a 5 cm de diámetro promedio. Su operación puede llegar a ser bastante sencilla y de bajo costo. No utiliza recirculación ni calentamiento y produce una cantidad mínima de lodos. Para aguas residuales domésticas se pueden alcanzar remociones de DBO del 70% y de DQO hasta el 88%, funcionando en las condiciones adecuadas.</p> <p>✚ Plantas compactas de tipo aerobio: En el cual las bacterias aerobias presentes en las aguas residuales oxidan la materia orgánica, requiriendo un medio adecuado que les proporcione oxígeno para cumplir dicha función. Existen dos modelos de este tipo, plantas compactas Modelo V y plantas compactas modelo CY. Se alcanzan eficiencias de remoción en términos de DBO de hasta un 85% o superiores si se mantienen las condiciones de operación ideales.</p>

PROCESO	OPCIONES TECNOLÓGICAS	CARACTERÍSTICAS DE IMPLEMENTACIÓN EN LA PLANTA
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES.	Tratamiento de Los Lodos de Tipo Convencional	<p>Sistema de deshidratación mecánica, es decir, un acondicionamiento mecánico con los siguientes procesos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✚ Tanque de recepción con mezcladores para el agua proveniente de los sedimentadores y del retro lavado de filtros; ✚ Bombeo o alimentación a gravedad (controlado por válvulas de flujo) al espesador de placas, calculado para 12 m³/m²-h, con aplicación de polímeros y coagulante; ✚ Recepción del lodo espesado (>3%) en tanques exclusivos para alimentar a las centrifugas. ✚ Bombeo a la centrifugación, también con aplicación de polímero; ✚ Disposición del lodo en relleno sanitario; ✚ El flujo de agua proveniente de la centrifugación y el sobrenadante del espesador serían reenviados para el reúso directamente a al canal de agua cruda junto a la aireación y en caso de poseer concentraciones de materia orgánica, manganeso u otros componentes que hagan inviable dicha operación el agua seria dispuesta en la laguna de lodos. <p>La cuantificación de lodos producidos es propuesta de acuerdo a la formulación presentada por la Concesionaria Tibitoc</p>
	Tratamiento de los Lodos con Bags.	<p>Tratamiento de lodos por medio de Bolsas de deshidratación (BAGS) consiste en la implementación en un área determinada (puede ser incluso en un área de la laguna de lodos, separada por medio de un dique debidamente impermeabilizada para la contención de las aguas producto de la deshidratación) de bolsas de geotextil, que funcionan como filtros. El lodo se va a acumulando en la bolsa, mientras que el agua va saliendo sin permitir su reingreso, la cual igualmente puede ser reutilizada en el proceso de tratamiento, siempre y cuando sus condiciones fisicoquímicas lo permitan. El lodo que va quedando en las bolsas se va compactando y dependiendo del tamaño de la bolsa, estos pueden ser retirados en determinado tiempo, con un porcentaje de concentración por encima del 40%.</p>
	Tratamiento de los lodos con el Sistema Actual.	<p>Uso de la actual laguna de contención de lodos, realizando un dragado y conformación de sus orillas y el manejo ambiental correspondiente, de esta manera se puede seguir contando con este sistema por el tiempo que se precise. Esta opción tiene la ventaja de usar infraestructura existente.</p> <p>Debe adecuarse el fondo de la laguna para volverla impermeable y que los posibles contaminantes no pasen al subsuelo llevando por infiltración sustancias no deseadas a la cuenca del río Bogotá, adicionalmente sería necesario traer material externo para la reconformación técnica de los diques y que estos tengan la resistencia necesaria para soportar eventos asociados a grandes inviernos pues a esta laguna llegan caudales de escorrentía que pueden hacer que llegue al límite de su capacidad.</p>

3.1.3 Matriz de alternativas

Con base en la formulación de general de alternativas tecnológicas viables para la optimización de los diferentes procesos en la planta, se planteó una matriz de alternativas que en conjunto permitirán garantizar un caudal continuo confiable de agua tratada de 10.5 m³/s, con máximos diarios de 12 m³/s, Ver la Tabla No. 15.

Las subalternativas de utilización de la laguna existente llevan implícitamente problemas ambientales. Pero, para atender el límite de 0,02 mg Mn/L en el Agua Tratada como lo exigen los Términos de referencia de la Consultoría, es necesaria la utilización de Medios Filtrantes Especiales introducidos en los Filtros Existentes, como complemento al uso de tan solamente Productos Químicos hasta la Interoxidación.

Los grupos de alternativas evaluadas, corresponden a:

- ✚ **Alternativa 0:** Una de las alternativas a considerar es la alternativa de NO PROYECTO, es decir, dejar la Planta con la Infraestructura existente y evaluar los efectos que se tendrían sobre la calidad de agua potable, el costo de tratar 10,5 m³/s y el cumplimiento de los requisitos técnicos y ambientales.
- ✚ **Grupo de Alternativas No. 1:** Estas alternativas consisten en las diferentes combinaciones de optimización de los procesos de aireación, interoxidación y manejo de lodos con la opción tecnológica de implementación de Sedimentación Acelerada.
- ✚ **Grupo de Alternativas No. 2:** Estas alternativas consisten en las diferentes combinaciones de optimización de los procesos de aireación, interoxidación y manejo de lodos con la opción tecnológica de implementación de Sedimentación con contacto de sólidos y recirculación de lodos
- ✚ **Grupo de Alternativas No. 3:** Estas alternativas consisten en las diferentes combinaciones de optimización de los procesos de aireación, interoxidación y manejo de lodos con la opción tecnológica de implementación de Sedimentación Lastrada.

Dentro de estas alternativas, las Alternativas 3G y 3H corresponden a la Alternativa de Optimización propuesta por la Concesionaria Tibitoc S.A.

Tabla No. 15. Matriz de Alternativas de Optimización de la Planta de Tratamiento de Tibitoc

NOMENCLATURA		PROCESOS			
		AIREACIÓN	OPTIMIZACIÓN CLARIFICACIÓN	INTEROXIDACIÓN	MANEJO DE LODOS
ALTERNATIVA 0		Provisional con soplador de filtros	Sedimentación de Flujo Horizontal	Con productos químicos	Sistema existente
ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 1A	Mecánica por difusión de aire comprimido	Sedimentación acelerada	Solamente con productos químicos	Sistema existente optimizado con BAG's
	ALTERNATIVA 1B	Mecánica por difusión de aire comprimido	Sedimentación acelerada	Solamente con productos químicos	Sistema convencional
	ALTERNATIVA 1C	Mecánica por difusión de aire comprimido	Sedimentación acelerada	Mixto, con productos químicos y medios filtrantes	Sistema existente optimizado con BAG's
	ALTERNATIVA 1D	Mecánica por difusión de aire comprimido	Sedimentación acelerada	Mixto, con productos químicos y medios filtrantes	Sistema convencional
	ALTERNATIVA 1E	Transferencia y mezcla de aire con eyectores y bombas	Sedimentación acelerada	Solamente con productos químicos	Sistema existente optimizado con BAG's
	ALTERNATIVA 1F	Transferencia y mezcla de aire con eyectores y bombas	Sedimentación acelerada	Solamente con productos químicos	Sistema convencional
	ALTERNATIVA 1G	Transferencia y mezcla de aire con eyectores y bombas	Sedimentación acelerada	Mixto, con productos químicos y medios filtrantes	Sistema existente optimizado con BAG's
	ALTERNATIVA 1H	Transferencia y mezcla de aire con eyectores y bombas	Sedimentación acelerada	Mixto, con productos químicos y medios filtrantes	Sistema convencional
ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 2A	Mecánica por difusión de aire comprimido	Sedimentador con contacto de sólidos y recirculación externa de Lodo	Solamente con productos químicos	Sistema existente optimizado con BAG's
	ALTERNATIVA 2B	Mecánica por difusión de aire comprimido	Sedimentador con contacto de sólidos y recirculación externa de Lodo	Solamente con productos químicos	Sistema convencional
	ALTERNATIVA 2C	Mecánica por difusión de aire comprimido	Sedimentador con contacto de sólidos y recirculación externa de Lodo	Mixto, con productos químicos y medios filtrantes	Sistema existente optimizado con BAG's
	ALTERNATIVA 2D	Mecánica por difusión de aire comprimido	Sedimentador con contacto de sólidos y recirculación externa de Lodo	Mixto, con productos químicos y medios filtrantes	Sistema convencional
	ALTERNATIVA 2E	Transferencia y mezcla de aire con eyectores y bombas	Sedimentador con contacto de sólidos y recirculación externa de Lodo	Solamente con productos químicos	Sistema existente optimizado con BAG's
	ALTERNATIVA 2F	Transferencia y mezcla de aire con eyectores y bombas	Sedimentador con contacto de sólidos y recirculación externa de Lodo	Solamente con productos químicos	Sistema convencional
	ALTERNATIVA 2G	Transferencia y mezcla de aire con eyectores y bombas	Sedimentador con contacto de sólidos y recirculación externa de Lodo	Mixto, con productos químicos y medios filtrantes	Sistema existente optimizado con BAG's
	ALTERNATIVA 2H	Transferencia y mezcla de aire con eyectores y bombas	Sedimentador con contacto de sólidos y recirculación externa de Lodo	Mixto, con productos químicos y medios filtrantes	Sistema convencional

NOMENCLATURA		PROCESOS			
		AIREACIÓN	OPTIMIZACIÓN CLARIFICACIÓN	INTEROXIDACIÓN	MANEJO DE LODOS
ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA 3A	Mecánica por difusión de aire comprimido	Sedimentación lastrada	Solamente con productos químicos	Sistema existente optimizado con BAG's
	ALTERNATIVA 3B	Mecánica por difusión de aire comprimido	Sedimentación lastrada	Solamente con productos químicos	Sistema convencional
	ALTERNATIVA 3C	Mecánica por difusión de aire comprimido	Sedimentación lastrada	Mixto, con productos químicos y medios filtrantes	Sistema existente optimizado con BAG's
	ALTERNATIVA 3D	Mecánica por difusión de aire comprimido	Sedimentación lastrada	Mixto, con productos químicos y medios filtrantes	Sistema convencional
	ALTERNATIVA 3E	Transferencia y mezcla de aire con eyectores y bombas	Sedimentación lastrada	Solamente con productos químicos	Sistema existente optimizado con BAG's
	ALTERNATIVA 3F	Transferencia y mezcla de aire con eyectores y bombas	Sedimentación lastrada	Solamente con productos químicos	Sistema convencional
	ALTERNATIVA 3G	Transferencia y mezcla de aire con eyectores y bombas	Sedimentación lastrada	Mixto, con productos químicos y medios filtrantes	Sistema existente optimizado con BAG's
	ALTERNATIVA 3H	Transferencia y mezcla de aire con eyectores y bombas	Sedimentación lastrada	Mixto, con productos químicos y medios filtrantes	Sistema convencional

3.1.4 Resultados de la Evaluación Técnica de las Alternativas

En el análisis macro con sus 25 alternativas, con base en factores como costo de operación por metro cúbico de agua tratada, facilidad de implementación por etapas y tiempos de ejecución, tiempo y apropiación tecnológica, se seleccionaron los mejores resultados de las alternativas, los cuales son presentados en las Tablas No. 16 a No. 18.

Los resultados mejor calificados por el factor de generación de subproductos corresponden a todas las alternativas a excepción de la alternativa Cero, pues todas las nuevas alternativas propuestas, orientadas a la optimización del proceso de remoción de materia orgánica, producen resultados equivalentes en este sentido, por lo cual desde el punto de vista de este factor, producen resultados similares, por lo cual también su calificación es similar y por lo tanto óptima.

Las alternativas mejor calificadas por el factor de tiempo de contacto requerido para la implementación de la Interoxidación corresponden a todas las alternativas a excepción de la alternativa Cero, principalmente porque cualquiera de las alternativas que se están proponiendo para optimizar el proceso de sedimentación, suministran el área y el tiempo requerido para una adecuada interoxidación y la infraestructura existente, prácticamente no suministra los espacios y áreas que den lugar a una adecuada interoxidación, cuando esta se requiera para efectos de oxidación de la materia orgánica y del Manganeseo, dado que la mayor área del sistema de tratamiento está siendo ocupada por la sedimentación convencional, que adicionalmente presenta problemas de levantamiento del flujo por inversión térmica y otros factores.

Los resultados mejor calificados por el factor de Soporte Técnico Local corresponden a todas las alternativas, dado que dada la época actual de globalización y de comunicación en línea con cualquier proveedor internacional y su proveedor local asociado, se asume que las diferencias de soporte local, se han allanado significativamente y por lo tanto, en términos generales no representan ningún inconveniente para las 25 alternativas en estudio.

Tabla No. 16. Resultados mejor calificados por Factor Costo de operación por metro cúbico

IDENTIFICACIÓN DE LA ALTERNATIVA		ASINGACIÓN DE CRITERIOS A CADA PROCESO SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALTERNATIVA (B= Bueno, R=Regular)						CALIFICACIÓN (De 0 a 5)(La de menor Valor es la óptima)		
Según Memoria Técnica INAR	Según Cuadro de Calificación	AIREACIÓN		CLARIFICACIÓN	INTEROXIDACIÓN		MANEJO DE LODOS			
1D	5	Mecánica por difusión de Aire comprimido	B	Acelerada o de Alta Tasa	B	Medio Filtrante complementada con Productos Químicos	B	Deshidratación Mecánica (Convencional)	B	2
2D	13	Mecánica por difusión de Aire comprimido	B	Sedimentador con contacto de sólidos y recirculación externa de lodos	B	Con solo productos químicos	B	Deshidratación Mecánica (Convencional)	B	2

IDENTIFICACIÓN DE LA ALTERNATIVA		ASINGACIÓN DE CRITERIOS A CADA PROCESO SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALTERNATIVA (B= Bueno, R=Regular)								CALIFICACIÓN (De 0 a 5)(La de menor Valor es la óptima)
Según Memoria Técnica INAR	Según Cuadro de Calificación	AIREACIÓN		CLARIFICACIÓN		INTEROXIDACIÓN		MANEJO DE LODOS		
3D	21	B	Sedimentación Lastrada	B	Medio Filtrante complementada con Productos Químicos	B	Deshidratación Mecánica (Convencional)	B	2	

Tabla No. 17. Resultados mejor calificados por Factor Facilidad de implementación por etapas y tiempos de ejecución

IDENTIFICACIÓN DE LA ALTERNATIVA		ASINGACIÓN DE CRITERIOS A CADA PROCESO SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALTERNATIVA (B= Bueno, R=Regular)								CALIFICACIÓN (De 0 a 5)(La de menor Valor es la óptima)
Según Memoria Técnica INAR	Según Cuadro de Calificación	AIREACIÓN		CLARIFICACIÓN		INTEROXIDACIÓN		MANEJO DE LODOS		
Cero (0)	1	Provisional con aire proveniente de soplador de filtros	NA=B	Sedimentación Convencional de flujo horizontal	NA=B	Con solo productos químicos	NA=B	Sistema Existente (Lagunas)	NA=B	2
1A	2	Mecánica por difusión de Aire comprimido	B	Acelerada o de Alta Tasa	B	Con solo productos químicos	B	Optimización Laguna Existente	B	2
1B	3		B		B		Deshidratación Mecánica (Convencional)	B	2	
1C	4		B		B	Medio Filtrante complementada a con Productos Químicos		B	Optimización Laguna Existente	B
1D	5		B		B		B	Deshidratación Mecánica (Convencional)	B	2

IDENTIFICACIÓN DE LA ALTERNATIVA		ASINGACIÓN DE CRITERIOS A CADA PROCESO SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALTERNATIVA (B= Bueno, R=Regular)							CALIFICACIÓN (De 0 a 5)(La de menor Valor es la óptima)
Según Memoria Técnica INAR	Según Cuadro de Calificación	AIREACIÓN	CLARIFICACIÓN	INTEROXIDACIÓN	MANEJO DE LODOS				
1E	6					Transferencia y mezcla de aire con eyectores y bombas	B	B	Con solo productos químicos
1F	7	B	B	B	Deshidratación Mecánica (Convencional)		B	2	
1G	8	B	B	Medio Filtrante complementada a con Productos Químicos	B		Sistema existente, optimizado con BAG's(Lagunas)	B	2
1H	9	B	B		B		Deshidratación Mecánica (Convencional)	B	2

Tabla No. 18. Resultados mejor calificados por Factor Apropriación Tecnológica

IDENTIFICACIÓN DE LA ALTERNATIVA		ASINGACIÓN DE CRITERIOS A CADA PROCESO SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALTERNATIVA (B= Bueno, R=Regular)						CALIFICACIÓN (De 0 a 5)(La de menor Valor es la óptima)		
Según Memoria Técnica INAR	Según Cuadro de Calificación	AIREACIÓN	CLARIFICACIÓN	INTEROXIDACIÓN	MANEJO DE LODOS					
Cero (0)	1	Provisional con aire proveniente de soplador de filtros	B	Sedimentación Convencional de flujo horizontal	B	Con solo productos químicos	B	Sistema Existente (Lagunas)	B	2
1A	2	Mecánica por difusión de Aire comprimido	B	Acelerada o de Alta Tasa	B	Con solo productos químicos	B	Optimización Laguna Existente	B	2
1B	3		B		B		B	Deshidratación Mecánica (Convencional)	B	2

IDENTIFICACIÓN DE LA ALTERNATIVA		ASINGACIÓN DE CRITERIOS A CADA PROCESO SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALTERNATIVA (B= Bueno, R=Regular)						CALIFICACIÓN (De 0 a 5)(La de menor Valor es la óptima)	
Según Memoria Técnica INAR	Según Cuadro de Calificación	AIREACIÓN	CLARIFICACIÓN	INTEROXIDACIÓN	MANEJO DE LODOS				
1C	4		B	B	Medio Filtrante complementada con Productos Químicos	B	Optimización Laguna Existente	B	2
1D	5		B	B		B	Deshidratación Mecánica (Convencional)	B	2
1E	6	Transferencia y mezcla de aire con eyectores y bombas	B	B	Con solo productos químicos	B	Optimización Laguna Existente	B	2
1F	7		B	B		B	Deshidratación Mecánica (Convencional)	B	2
1G	8		B	B	Medio Filtrante complementada con Productos Químicos	B	Optimización Laguna Existente	B	2
1H	9		B	B		B	Deshidratación Mecánica (Convencional)	B	2

3.1.5 Resultados de la Evaluación de Riesgo Ambiental de las Alternativas

Dentro de la normalización de resultados se evidencia que la Alternativa con sus subgrupos 2D y 2H es la que presenta las mejores condiciones para la optimización de la planta de tratamiento. Los resultados de la ponderación se presentan en la Tabla siguiente.

Tabla No. 19. Ponderación final de resultados

Criterio	Valor de Ponderación	Alternativa			
		0	1	2	3
Volumen de lodos (clarificación)	0,4	0	0,8	1,2	0,4
Interoxidación	0,6	0	1,2	1,2	1,2
Total	1	0	2	2,4	1,6

La alternativa de mayor viabilidad corresponde a la Numero 2, sin embargo se evidencia una incertidumbre en la evaluación entre las subalternativas 2D y 2H la cual debe ser resuelta tomando en consideración aspectos técnicos y económicos, principalmente relacionados con el proceso de aireación.

3.1.6 Resultados de la Evaluación Financiera y Socioeconómica de las Alternativas

Para el análisis económico se ha tomado como base del valor de cada una de las alternativas, el valor depreciado de los activos que actualmente forman parte de los procesos de producción de la PTAP, al que se le adiciona el valor de las nuevas inversiones requeridas, entendiéndose que éstos activos seguirán formando parte de los procesos de la PTAP una vez se implemente la alternativa seleccionada para la optimización de la Planta.

El cálculo del presupuesto se realizó con base en los ítems representativos de cada una de las alternativas, de tal manera que la posterior comparación y evaluación económica de las mismas se hiciera de una manera acertada y eficaz. A su vez, se calculó el valor correspondiente al depreciado de todos los procesos de la PTAP, el cual será el valor base y por tanto el valor de la alternativa cero, al cual se le adicionaron los costos de inversión de las demás alternativas.

Los precios de moneda colombiana con respecto al Dólar y al Euro que se tomaron para el cálculo correspondiente, fueron \$2060 y \$2628.26, respectivamente.

Los 161 mil millones que aparecen en todas las alternativas, corresponden al valor depreciado de todos los procesos de la PTAP. Este valor se toma como el valor de la inversión de la alternativa cero, y para las demás alternativas, se suma al valor de las nuevas inversiones.

A continuación se presenta la síntesis de las alternativas mejor calificadas sobre la evaluación Financiera y Socioeconómica.

Tabla No. 20. Síntesis de los Resultados Financieros – Inversión Actual, Nueva y total. (\$ col -2014)

NOMENCLATURA ALTERNATIVA	PROCESOS				INVERSION		
	AIREACIÓN	CLARIFICACIÓN	INTEROXIDACIÓN	MANEJO Y DISPOSICIÓN DE LODOS	ACTUAL	NUEVA	TOTAL
1G	Transferencia y mezcla de aire con eyectores y bombas	Sedimentación acelerada	Mixta, con productos químicos y medios filtrantes	Optimización Sistema existente	\$ 161.243	\$ 102.708	\$ 263.951
1H	Transferencia y mezcla de aire con eyectores y bombas	Sedimentación acelerada	Mixta, con productos químicos y medios filtrantes	Sistema convencional (Espesadores y centrifugas)	\$ 161.243	\$ 85.953	\$ 247.196
2G	Transferencia y mezcla de aire con eyectores y bombas	Sedimentador con contacto de sólidos y recirculación externa de Lodo	Mixta, con productos químicos y medios filtrantes	Optimización Sistema existente	\$ 161.243	\$ 114.217	\$ 275.460
2H	Transferencia y mezcla de aire con eyectores y bombas	Sedimentador con contacto de sólidos y recirculación externa de Lodo	Mixta, con productos químicos y medios filtrantes	Sistema convencional (Espesadores y centrifugas)	\$ 161.243	\$ 96.327	\$ 257.570
3G	Transferencia y mezcla de aire con eyectores y bombas	Sedimentación lastrada	Mixta, con productos químicos y medios filtrantes	Optimización Sistema existente	\$ 161.243	\$ 103.384	\$ 264.627
3H	Transferencia y mezcla de aire con eyectores y bombas	Sedimentación lastrada	Mixta, con productos químicos y medios filtrantes	Sistema convencional (Espesadores y centrifugas)	\$ 161.243	\$ 86.630	\$ 247.873

Tabla No. 21. Síntesis de los Resultados Financieros –Valor presente, Indicador de costo Efectividad Incremental (CEI), y Efectividad media (CEM) (\$ col -2014)

NOMENCLATURA ALTERNATIVA	PROCESOS				VALOR PRESENTE	CEI \$/Incremento M3	CEM \$/M3
	AIREACIÓN	CLARIFICACIÓN	INTEROXIDACIÓN	MANEJO Y DISPOSICIÓN DE LODOS			
1G	Transferencia y mezcla de aire con eyectores y bombas	Sedimentación acelerada	Mixta, con productos químicos y medios filtrantes	Optimización Sistema existente	\$ 2.170.717	\$ 191,78	\$ 327,78
1H	Transferencia y mezcla de aire con eyectores y bombas	Sedimentación acelerada	Mixta, con productos químicos y medios filtrantes	Sistema convencional (Espesadores y centrifugas)	\$ 2.205.359	\$ 201,36	\$ 333,01
2G	Transferencia y mezcla de aire con eyectores y bombas	Sedimentador con contacto de sólidos y recirculación externa de Lodo	Mixta, con productos químicos y medios filtrantes	Optimización Sistema existente	\$ 2.218.394	\$ 204,97	\$ 334,98
2H	Transferencia y mezcla de aire con eyectores y bombas	Sedimentador con contacto de sólidos y recirculación externa de Lodo	Mixta, con productos químicos y medios filtrantes	Sistema convencional (Espesadores y centrifugas)	\$ 2.241.236	\$ 211,29	\$ 338,42
3G	Transferencia y mezcla de aire con eyectores y bombas	Sedimentación lastrada	Mixta, con productos químicos y medios filtrantes	Optimización Sistema existente	\$ 2.185.866	\$ 195,97	\$ 330,06
3H	Transferencia y mezcla de aire con eyectores y bombas	Sedimentación lastrada	Mixta, con productos químicos y medios filtrantes	Sistema convencional (Espesadores y centrifugas)	\$ 2.210.291	\$ 202,73	\$ 333,75

Como se observa, las alternativas relacionadas con la sedimentación acelerada y el Sistema de disposición de lodos en la laguna optimizada son las que presentan el menor costo efectivo medio. Aunque la alternativa cero tiene el menor valor, este valor solo es referencial para la evaluación y representa el costo que tendría el metro cúbico si se solucionara el problema por otra vía distinta a la optimización de los tratamientos.

No obstante la diferencia en el indicador costo efectividad media entre la Sedimentación Acelerada y Lastrada es mínima (\$ 2/m3) por lo cual se consideran económicamente viables.

Corroborando los resultados del indicador anterior, las alternativas de sedimentación acelerada representan las mejores opciones económicas, en donde la **1G**, presenta el menor indicador de Costo Efectividad Incremental representado por un incremento de **\$191.98** pesos sobre el costo actual del metro cúbico, frente a un incremento en el valor actual del metro cúbico de **\$211,29** que tendría la opción más costosa representada por la alternativa **2H**.

3.1.7 Descripción de la metodología para la evaluación de las alternativas seleccionadas

La metodología propuesta fue adaptada para este proyecto de la desarrollada por INAR ASOCIADOS S.A para el Contrato de Consultoría N° 1-02-25400-0865-2011 Estudios de Factibilidad para la Ampliación del Sistema Red Matriz Acueducto a Municipios del Occidente. Memorandos Técnicos 1,2 y 3 Metodologías para Evaluación Socio-Ambiental, Multicriterio y Económica de Alternativas aprobados por la EAB-ESP-2011. Esta metodología, consta de las siguientes etapas:

- A. Etapa 1. Definición de alternativas:** corresponde a la definición de las alternativas a evaluar y comparar, para seleccionar la más óptima a partir de la evaluación de múltiples criterios.
- B. Etapa 2. Definición de criterios de evaluación:** se definen los criterios mediante los cuales se va a evaluar cada una de las alternativas. Esto permitirá realizar la comparación entre las mismas. El Nivel 0 corresponde al nodo principal, y agrupa los Sistemas definidos en el Nivel 1. En este nivel se obtiene la calificación total de cada alternativa.
- ❖ **Definición de Sistemas – Nivel 1:** Riesgo Ambiental, Técnico – Operativo y Económico-Financiero. Los Sistemas de Riesgo Ambiental y Económico-Financiero tienen un sistema de evaluación independiente
 - ❖ **Definición de Criterios – Nivel 2:** permiten profundizar el nivel de evaluación. Solo el Sistema Técnico – Operativo continúa al Nivel 2 de evaluación. De esta manera este Sistema se divide en 5 Criterios que corresponden las especialidades de ingeniería que van a evaluar las alternativas: Eléctrica, Electrónica, Estructuras, Geología- Geotecnia, Hidráulica y de Proceso y Mecánica.
 - ❖ **Definición de Factores – Nivel 3:** permiten valorar cada alternativa según las especialidades definidas. Son determinados, justificados y evaluados por cada especialidad de manera independiente.
- C. Etapa 3. Definición de pesos:** Los niveles 0 a 3 corresponden a Nodos de evaluación. De acuerdo a la metodología de PATTERN, que se refiere a una metodología para la asignación de Pesos, cada Nodo deberá sumar uno (1) entre los pesos de sus ramas. Esta consiste en la evaluación de cada una de las ramas de un nodo utilizando una escala de 0 a 5, donde 0 corresponde a Menor Importancia y 5 a Mayor Importancia. Este método permite evaluar la importancia de un Sistema, Criterio, Sub-criterio o Factor con relación al contexto total del estudio y no mediante comparación aislada de cada uno.
- D. Etapa 4. Evaluación de factores para cada alternativa:** A partir del presente ítem se comienza la evaluación. Cada especialista evalúa cada alternativa con respecto a los Factores de evaluación.
- E. Etapa 5. Normalización de evaluaciones en escala [0,1]:** Para cada alternativa, las diferentes evaluaciones deberán ser normalizadas en una escala entre 0 y 1, donde 0 es la peor calificación y 1 la mejor. Esto permitirá la comparación directa entre las alternativas y la selección de la mejor.
- F. Etapa 6. Sumatoria del producto entre el peso y cada factor para calificar un criterio:** Los valores normalizados por factor se multiplican por sus respectivos pesos obteniendo la evaluación del criterio correspondiente. Se realiza el mismo procedimiento con las evaluaciones de los Nodos correspondientes a cada Nivel, obteniendo una calificación para cada Nodo y finalmente la calificación total de cada Sistema.
- G. Etapa 7. Selección de la mejor alternativa de acuerdo a la mejor calificación:** Se calcula el Índice de Pertinencia, sumando los tres Sistemas multiplicados por sus respectivos pesos. Se obtiene una calificación única entre 0 y 1 para cada alternativa. Se selecciona la alternativa mejor calificada.

H. Etapa 8. Análisis para validación de los resultados: Como parte del análisis multicriterio se realizan los análisis de sensibilidad y robustez que permiten corroborar los resultados obtenidos.

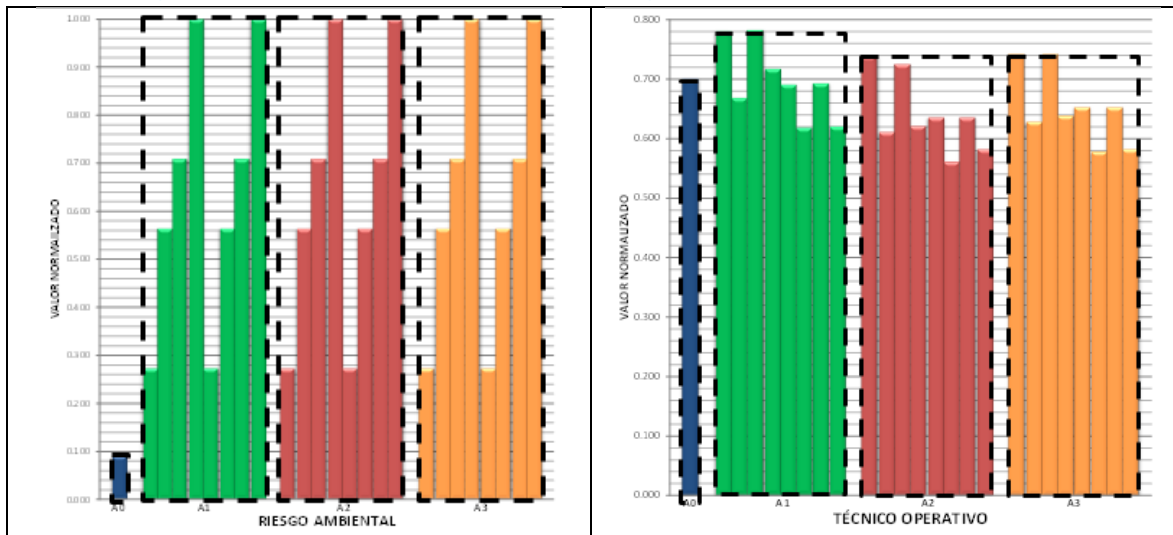
3.1.8 Resultados de la priorización y selección de la alternativa más favorable

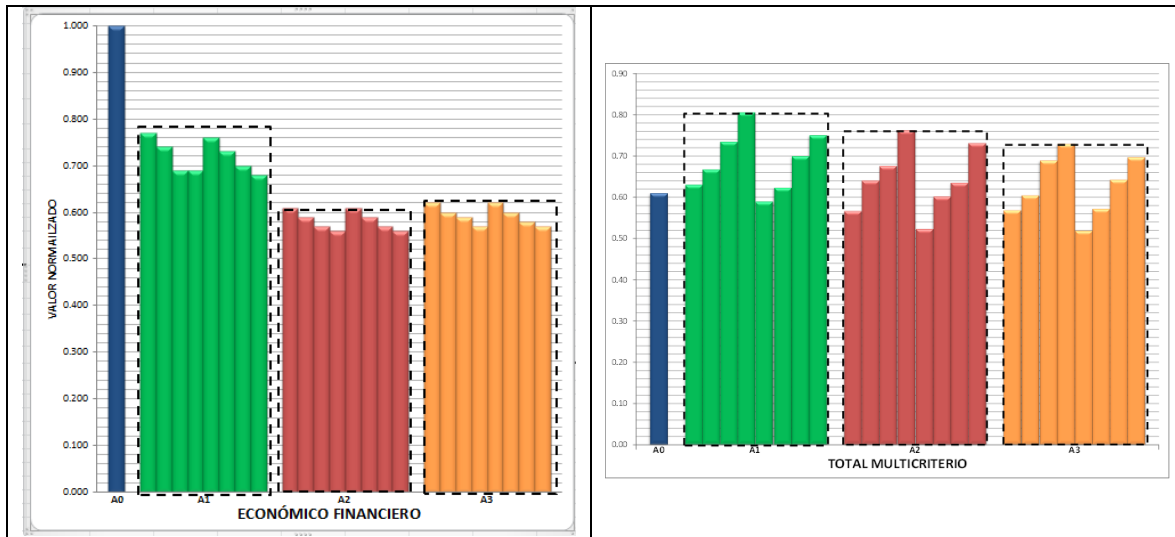
La calificación de importancia de dichos factores realizada por los diferentes especialistas permitieron la definición de los pesos de los mismos (utilizando el método PATTERN) eliminando la subjetividad en su definición, puesto que los resultados dependen de variados criterios y puntos de vista.

Como puede observarse en la Figura No. 9, en materia ambiental, las alternativas más viables consisten en las que combinan los procesos de interoxidación por medios filtrantes y que promueven el manejo de lodos a partir de un sistema convencional, en este caso son las alternativas por grupo bajo las combinaciones D y H, es decir 1D, 2D, 3D y H, 2H y 3H, las que aportan más confiabilidad en materia ambiental y la peor alternativa corresponde a la Alternativa 0 es decir la situación de NO PROYECTO. Considerando Aspectos Técnicos y Operativos califica en primera opción el Grupo de Alternativas No. 1, seguida de los Grupos 2 y 3 en igualdad de calificación y considerando Aspectos Económicos y Financieros califica en primera opción la Alternativa 0 es decir la situación de NO PROYECTO seguida en su orden al Grupo 1, Grupo 3 y Grupo 2.

La **alternativa mejor calificada en los diferentes aspectos del análisis** y por lo tanto el recomendado para la optimización de la planta corresponde al grupo de alternativas denominado como **Grupo 1 Optimización con Clarificación con Sedimentación Acelerada**.

Figura No 9. Calificación Alternativas por Riesgo Ambiental, Operativo y Financiero





3.1.9 Alternativa Seleccionada

Del grupo de alternativas 1 se sugiere la Alternativa 1G: **Aireación por mezcla de aire y agua + Optimización Clarificación con Sedimentadores acelerados + Interoxidación mixta con productos químicos y Medios Filtrantes + Optimización Laguna de lodos existente** basándose en las siguientes consideraciones:

1. A pesar que es más económica la aireación por inyección de aire disuelto por difusores, éste sistema presenta como desventajas la mayor intervención del canal de aducción, mayor complejidad de operación y mantenimiento y genera una mayor probabilidad de interferencia con la aplicación de productos químicos en el canal de aducción.
2. Se debe optimizar la mezcla rápida y determinar el mejor punto de aplicación de productos químicos.
3. La facilidad de construcción, operación y mantenimiento, menor costo, posibilidad de implementación por etapas así como la apropiación tecnológica de la sedimentación acelerada, hace de este sistema el recomendado para la optimización de la planta de Tibitoc.
4. El uso de medios filtrantes selectivos para remoción de Manganeseo disminuye la vulnerabilidad de producir agua potable con mala calidad.
5. Para todas las alternativas, si solo se comparan las opciones de optimización del sistema de lodos existente (Opciones A,C,E y G) con el sistema de tratamiento convencional de acondicionamiento y deshidratación del lodo (B,D,F y H) siempre resulta más económica la opción de optimización del sistema de tratamiento de lodos existente debido a la complejidad tecnológica y los altos costos de administración, operación y mantenimiento que representa tener una planta de tipo mecánico, a pesar de que sistema convencional de lodos permite el reúso de las aguas residuales industriales y disminuye los problemas ambientales,

Considerando que las Opciones que involucran aireación con eyectores y bombas y sistemas de interoxidación mixta de productos químicos y medios filtrantes son las más recomendables desde el punto de vista técnico y ambiental como se explicó en los numerales 9.1 y 9.2 se descartan las opciones tipo A,B,C,D y F para su análisis

económico y financiero posterior, quedando solamente las opciones que se diferencian en el sistema de clarificación (1-Acelerada, 2- Manto de Lodos ó 3- Sedimentación Lastrada) y en el sistema de tratamiento de lodos producto de la potabilización (Opciones tipo G y H).

No obstante, considerando que la diferencia entre los indicadores económicos de Valor Presente, Costo efectividad media y costo incremental entre las alternativas que consideran Sedimentación Acelerada y Sedimentación Lastrada son mínimos, las dos alternativas se consideran económicamente iguales por lo tanto, durante la fase de diseños para construcción podrán evaluarse económicamente sistemas compactos de tratamiento a instalar en las unidades de la Planta de Tibitoc siempre y cuando involucren la optimización del sistema de mezcla rápida, mezcla lenta, sedimentación acelerada e interoxidación.

3.1.10 Conclusiones

A través de la evaluación del grupo de Alternativas propuestas se ha demostrado que la optimización del proceso de sedimentación también es clave en la remoción de los otros contaminantes tales como el mismo Manganeseo y Materia Orgánica. Además, independientemente de los problemas de la PTAP de Tibitoc por presencia en el agua cruda de otros contaminantes como Manganeseo y Materia Orgánica, se debe pasar de los sistemas convencionales, a sedimentadores de Alta Tasa.

Para las condiciones de operación del sistema actual de la PTAP de Tibitoc, existe un riesgo potencial de estar entregando agua a la ciudad con valores de materia orgánica y sus subproductos derivados de la desinfección con Cloro, por encima de los valores máximos permitidos. Por tanto, se recomienda la instalación de la medición en línea en el agua tratada del Carbono Orgánico Total, de tal manera que sirva de parámetro principal de operación de la planta, más los otros que ya tiene implementado la concesionaria. Si para las condiciones actuales, se aplica la nueva norma que el Acueducto de Bogotá, proyecta implementar para este sistema de producción, que en el presente estudio del Consultor se ha denominado como ENP2, donde la materia orgánica total medida como COT, debe ser menor a 2 mg/l, es probable que tengan que disminuirse los rangos de producción de caudales, en relación con los establecidos actualmente para una operación denominada actualmente como normal.

El proceso de Inter Oxidación, que hace parte de cualquiera de las 25 alternativas en estudio, incluida la Alternativa Cero, es fundamental tanto para la operación actual como para la alternativa que se seleccione como óptima dentro del esquema actualmente planteado por la Consultoría. La oxidación con el permanganato ha demostrado ser eficiente tanto para remoción de Manganeseo, como para remoción de materia orgánica. No obstante, para una mayor producción nominal de agua potable (10.5 M3/s), y bajo la nueva norma que con muy buen criterio proyecta implementar el Acueducto de Bogotá, de exigir COT, menor a 2 mg/l, y para condiciones críticas de contaminación en el agua cruda, es probable que la sola aplicación del Permanganato no sea suficiente, por lo cual se requerirá para determinados momentos, la aplicación de otro ayudante de remoción de materia orgánica.

La combinación óptima en la aplicación de carbón activado en polvo y la aplicación del Permanganato, que en nada interfieren el uno con el otro ni químicamente ni en términos de espacio, debe resultar en una combinación óptima en términos de eficiencias de remoción materia orgánica y de costos operativos, y en función de las características del agua cruda y principalmente en función de las características deseables y

exigibles en el agua tratada de acuerdo con los nuevos escenarios que el Acueducto de Bogotá pretende implementar.

Los resultados del Análisis Multicriterio de Alternativas, que involucra Evaluación Técnica, Ambiental, Económica y Financiera concluye que el grupo de Alternativas con mayor índice de pertinencia y por lo tanto el recomendado para la optimización de la planta corresponde al grupo de alternativas denominado como 1 Optimización con Clarificación con Sedimentación Acelerada.

Considerando que los análisis realizados en el Laboratorio son exclusivamente utilizados para el control del proceso de tratamiento de la Planta de Tibitoc, que no presta servicios ni recibe retribución alguna por análisis para entidades externas y que en el Contrato de Concesión NO SE ENCUENTRA ESTABLECIDA ESTA RESPONSABILIDAD, las técnicas analíticas no están validadas.

La Consultoría sugiere que cuando la EAB-ESP reasuma la operación de la planta, durante la construcción de las obras de optimización, realice acreditación del laboratorio, (en caso de ser solicitado por las Entidades de Control) bajo los lineamientos, de la norma NTC:ISO:IEC:17025:2005 “Requerimientos Generales para la Competencia de Laboratorios de Calibración y Ensayo”. El alcance de las validaciones debe ser para todos los parámetros que se reportan por parte del laboratorio.

Del grupo de alternativas 1 se sugiere la Alternativa 1G: **Aireación por mezcla de aire y agua + Optimización Clarificación con Sedimentadores acelerados + Interoxidación mixta con productos químicos y Medios Filtrantes + Optimización Laguna de lodos existente.**

4. FASE DE DISEÑOS BÁSICOS DE ALTERNATIVA SELECCIONADA




4.1 PRODUCTO No. 6 VALIDACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE TIBITOC

El alcance de este producto, comprende las siguientes actividades:

Diagnóstico del Estado Físico de la Infraestructura existente en la Planta

Evaluación y análisis del estudio de reforzamiento estructural de la empresa Consultores Estructurales Asociados (CEA), realizado en el año 2007

Estudio de Validación y Actualización de las obras de reforzamiento estructural de la infraestructura existente y requerida para la implementación de la alternativa de optimización seleccionada, de tal forma que se ajuste a lo establecido en la última versión del reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, aprobado mediante el decreto 926 de marzo de 2010 y demás normas relacionadas con la materia, de las siguientes unidades de Tratamiento de la Planta:

-  Canal de aducción y estructura de repartición o pulpo
-  Módulos de Floculación – Sedimentación – Interoxidación.
-  Tanques de Filtración - Galería de Filtros y Edificio de Filtros.

Elaboración de planos en planta, perfil, cortes, detalles y despieces a escalas apropiadas, así como determinación de las cantidades de obra requeridas para la construcción de las obras de reforzamiento estructural de la infraestructura existente en la PTAP incluyendo la Alternativa Seleccionada.

Los presupuestos detallados, programación de obras, análisis de precios unitarios, especificaciones técnicas, metodología de construcción, plan sisoma de las obras requeridas para el reforzamiento estructural de las Unidades de Tratamiento de la Planta se encuentran incorporados en los documentos del Producto No. 7 Diseños Básicos para la Construcción de la Alternativa Seleccionada.

No es posible realizar los ajustes al plan de inversiones del contrato de concesión y su proyección para los próximos 10 años, incluyendo las obras de reforzamiento estructural de la infraestructura existente en la planta por dos razones primordiales; el contrato de concesión tiene solo 4 años de vigencia a la fecha, y las inversiones pendientes por ejecutar son menores a los presupuestos estimados para la rehabilitación de la planta.

El contrato adicional de la Consultoría incluye el Estudio de Validación y Actualización del Reforzamiento Estructural de las siguientes edificaciones:

1. Edificio de Filtros
2. Galería de Filtros
3. Estación de Bombas 1

4. Estación de Bombas 2
5. Estación de Bombas 3
6. Tanque de Almacenamiento de Servicios

Considerando que los Módulos del Edificio y la Galería de Filtros en conjunto con las Unidades de Filtración conforman una sola Edificación, en este documento (PRODUCTO 6) se presenta el Estudio de Reforzamiento de FILTROS, y en el PRODUCTO 6.1 del Contrato adicional se presentarán las cuatro edificaciones restantes correspondientes a (Estación de Bombas No. 1, No. 2 y No. 3 y Tanque de Almacenamiento de servicios).

4.1.1 Análisis de la Información Existente y Determinación de Ensayos de Patología Estructural

Se realizaron los siguientes ensayos de patología sobre las Estructuras de Aducción, Floculadores, Sedimentadores y Filtros:

1. Detección de refuerzo mediante empleo de sonda magnética para núcleos.
2. Extracción de núcleos de concreto (D: 7.5.cm) y ensayo a compresión.
3. Apiques para verificación del refuerzo accesible.
4. Absorción, porosidad y peso unitario núcleos.
5. Sortividad en núcleos.
6. Módulo de elasticidad estático en núcleos.
7. Ensayo de felnoftaleína para determinar profundidad de carbonatación. Determinación del avance del frente de carbonatación, medición de espesor de recubrimiento y proyección de vida útil residual por carbonatación.
8. Levantamiento de secciones estructurales elementos planta.
9. Valoración de la resistividad eléctrica del concreto (Método celda sulfato de Cobre) (4 zonas, 6 lecturas c/u).
10. Toma de muestras para determinar avance de cloruros y sulfatos.
11. Reparación de regatas y orificios de extracción de núcleos con mortero de reparación (baja retracción) (No incluye acabado arquitectónico).
12. Medición del potencial de corrosión del refuerzo (6 lecturas por zona, tres zonas por elemento).

Los principales resultados, producto de visitas técnicas, estudios realizados y ensayos estructurales se presentan en las siguientes tablas:

Tabla No 22. Diagnóstico estructural preliminar de los componentes de la PTAP Tibitoc

COMPONENTE	OBSERVACIONES
Dársena de Presedimentación	No requiere de un análisis estructural.
Canal del Bajo Teusacá	Las secciones revestidas en concreto se encuentran limpias y en buen estado de mantenimiento. Las secciones revestidas en suelo-cemento presentan en las paredes y el fondo un deterioro en toda su longitud, lo cual requiere una restitución. La rasante de la vía de mantenimiento del canal presenta asentamientos de 0.20 m que requiere sustitución para protección en la parte superior de la pared del canal.

COMPONENTE	OBSERVACIONES
	Es recomendable levantar las placas de fondo y pared de los tramos que se encuentran revestidos en suelo- cemento. Así mismo se requiere de un revestimiento en concreto reforzado de 3000 psi del fondo y las paredes del canal existente, incluyendo excavaciones y limpieza de las superficies.
Canal de Aducción y Pulpo	Se observa deterioro en el concreto y fisuras en algunos de los canales del pulpo de repartición.
Edificación de Dosificadores de Productos Químicos	En la tolva saturada de agua de Cal no se observan daños ni deterioro en el concreto. Las edificaciones están con sistema estructural de pórticos con secciones de gran rigidez. No se observan daños en los elementos, ni fisuras ni desprendimiento del concreto, ni daños por asentamientos.
Floculación y Sedimentación	Las estructuras se encuentran en buen funcionamiento pero con algunas fisuras y desgastes en la calidad del concreto.
Filtros	En la zona de filtros hay deterioro en el concreto, la superficie del concreto manifiesta la existencia generalizada de agregado, ocasionando la exposición del acero de refuerzo en algunas zonas. En el edificio no se aprecian daños. Las secciones de columnas son de bastante rigidez.
Subestaciones Eléctricas y Estaciones de Bombeo	No requiere de estudio estructural ya que se encuentra en óptimas condiciones de funcionamiento, al igual que las estaciones de bombeo.

Tabla No 23. Estudios estructurales realizados a la PTAP Tibitoc

ESTUDIO	OBSERVACIONES
Ensayos SIKA, Año 2000.	Base para el estudio de reforzamiento de las estructuras del edificio de Filtros, Edificio de control, Bodega de Insumos, Sedimentador y Edificio de Bombas 1, 2, 3, en donde se tomaron muestras para obtención de resistencias a la compresión del concreto. El diagnóstico general dado fue que había mayor deterioro de las superficies del concreto en filtros en donde se aprecia la desintegración de la matriz cementante, como resultado de la abrasión mecánica que genera el agua en su paso por los filtros. Esta desintegración ha permitido una pérdida considerable de agregado grueso dejando el acero de refuerzo expuesto facilitando el proceso de corrosión.
Ensayos CIP S.A., Año 2012.	El diagnóstico obtenido a partir de ensayos en la estructura de filtros, se presenta erosión del concreto por abrasión mecánica y ataque químico en paredes del filtro y en canaletas. Se encontró acero de refuerzo expuesto en algunas áreas generando reparaciones con tecnología de cristalización. Con los productos de CIPEX se dejó un filtro como piloto para ver resultados a esta reparación.
Ensayos Consultoría INAR ASOCIADOS, Año 2014.	En Julio de 2014, uno de los especialistas pertenecientes al equipo de Consultoría INAR ASOCIADOS S.A (Ing. Carlos Arcila), llevo a cabo una serie de ensayos de patología estructural en las unidades del Pulpo, Sedimentador 1 y filtro 9, con el objeto de determinar las características y propiedades físicas de los materiales que componen estas estructuras y que nos ayudan a definir el estado actual en relación con la

ESTUDIO	OBSERVACIONES
	<p>durabilidad</p> <p>Producto de los ensayos se tiene principalmente que:</p> <ul style="list-style-type: none">- Las estructuras del pulpo, el sedimentador y el filtro no evidencian problemas de deterioro en la estructura, excepto la pérdida superficial de pasta del concreto en contacto con el agua tratada, que deja al agregado grueso expuesto y sin matriz de mortero, este fenómeno en varias décadas apenas ha logrado afectar el primer centímetro de recubrimiento.- La carbonatación es mínima, lo que es de esperarse en estructuras permanentemente saturadas.- No se encontró acero corroído o en proceso de corrosión. Los potenciales de corrosión aunque empiezan a ser altos en algunos sectores están acompañados por altas resistividades eléctricas del medio, por lo que se impide un proceso corrosivo- Los contenidos de cloruros son muy bajos y no hay riesgo de despasivación del acero por esta causa.- Los contenidos de sulfatos son mayores a la cuantía máxima esperada del 6%. Si el proceso de floculación se lleva a cabo agregando sulfato de aluminio, puede ser esta la causa del incremento en esta sal en el concreto. La aplicación de un mortero que reconstituya el espesor perdido por el proceso de agradación en el que el agua sin minerales toma calcio de la pasta de cemento y va dejando el agregado grueso sin matriz de mortero.- La porosidad y la absorción del concreto de las tres estructuras es muy baja, lo que concuerda con la baja penetración de agresores que se reporta.- La resistencia mecánica de los concretos evaluados es superior a 35 MPa, resistencia apropiada para obras hidráulicas y donde se espera una larga vida en servicio sin reparaciones mayores.

4.1.2 Estudio de Vulnerabilidad Estructural

Para la realización del proceso de evaluación, diagnóstico y reforzamiento de las estructuras, se sigue la metodología general ordenada mediante la Ley 400 de 1.997 y sus decretos reglamentarios 33 de 1.998, 34 de 1.999 y 926 del 19 de marzo de 2010, contenidos en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10, el cual dedica el capítulo A-10 a estudios estructurales sobre edificaciones construidas antes de la vigencia del reglamento, en la medida que los criterios y disposiciones de dicha metodología tengan aplicabilidad en las edificaciones producto del presente estudio.

A. Estructura Floculador –Sedimentador

Para la placa inferior se requiere por diseño un refuerzo promedio de 8.91 cm². Al verificar con el plano del refuerzo existente, se observa que está cumpliendo con lo solicitado. La placa de fondo en la zona del floculador tiene un refuerzo superior de 1#7@ 15cm y refuerzo inferior 1#7 @12 cm que también cumpliría con lo requerido y transversal. Los muros internos de espesor 36cm requieren por diseño un área de refuerzo de 5.70 cm², el refuerzo actual de estos muros, en ambas caras y en los dos sentidos, cumple con el

área de acero requerida por metro. Los muros de espesor 40cm solicitan un refuerzo promedio de 11.03 cm², el refuerzo actual de estos muros, en ambas caras y en los dos sentidos, no cumple con el área de acero requerida por metro, tendrían un 5% de refuerzo menor al que se requiere. Los muros internos de espesor 60cm solicitan un refuerzo promedio de 10.55 cm², el refuerzo vertical actual de estos muros, en ambas caras, cumple con el área de acero requerida por metro, mientras que el horizontal estaría un poco por debajo de lo requerido del orden de un 20 %. Los muros externos de espesor 90cm requieren por diseño un área de refuerzo promedio de 16.50 cm², el refuerzo vertical principal actual de estos muros, en ambas caras, cumple con el área de acero requerida por metro, pero el refuerzo horizontal estaría por debajo de lo requerido.

Se encuentran algunas cosas importantes en cuanto a los requerimientos mínimos que establece la actual Norma Colombiana Sismo-Resistente NSR-10, con respecto a lo que estaba establecido cuando se diseñó el tanque durante 1959, para este tipo de tanques:

- El diámetro mínimo de las varillas a utilizar para el reforzamiento debe ser de #4, y en algunas partes se encuentra refuerzo tipo #3.
- No se deben tener separaciones mayores a 30cm entre las varillas de reforzamiento, pero el tanque presenta en algunas partes, separaciones hasta de 42cm en el refuerzo de los muros.
- En el diseño con la NSR-10 se involucran factores como durabilidad, fisuración, agrietamiento, resistencia de concreto mínima de 28 Mpa parámetro que en este caso se está cumpliendo y excede este valor.
- Se establece una cuantía mínima de refuerzo de retracción de fraguado y variación de temperatura, que está en función de la separación entre juntas, esta sería para nuestro caso el refuerzo transversal que estaría por debajo de lo requerido.

En términos generales se puede considerar que la estructura está en óptimas condiciones estructurales a pesar de que en algunos puntos no se cumple con unas cuantías de acero. Se puede aceptar esta estructura ya que a nivel de esfuerzos, está muy cercano a lo solicitado y no hay patologías que pongan en riesgo la estabilidad general de la estructura. Debe protegerse lo existente y mejorar la cara de concreto que tiene desgaste, para evitar daño en el acero de refuerzo a futuro.

B. Estructura de Repartición

Para la placa inferior de espesor 0.40m se requiere por diseño un área de refuerzo de 6.50 cm², si se manejara varilla #4 estaría cumpliendo con 1#4 @20, en los dos sentidos y en las dos caras, en cuanto a esto, solo se tiene un ensayo en donde se establece que tiene varilla #4, lisa y corrugada en los dos sentidos, en buen estado, pero no se tiene la separación. Para los muros de espesor 30 cm se requiere por diseño un área de refuerzo de 4.50 cm², aunque no se tiene información del refuerzo existente en muros, se consideró que es una cuantía requerida que debe estar cumpliendo, adicionalmente no se detectan patologías que indiquen un inadecuado funcionamiento o inestabilidad de la estructura.

En esta estructura también se debe cumplir los parámetros mínimos de la NSR-10 mencionados en el ítem anterior.

En términos generales se puede considerar que la estructura está en óptimas condiciones estructurales no hay patologías que pongan en riesgo la estabilidad general de la estructura, debe protegerse lo existente y mejorar la cara de concreto que tiene desgaste, para evitar daño en el acero de refuerzo a futuro.

C. Edificación de Filtros

- CIMENTACIÓN: De acuerdo con las características presentadas en el estudio realizado por Guillermo González y Cia Ltda, de Respuesta Dinámica del Subsuelo, (volumen II), se clasificó el suelo como perfil de suelo tipo B, la cimentación está conformada por una placa maciza de espesor variable, desde 0,16m con sobre anchos debajo de los muros con espesores de 0,46m hasta de 0.84 m de altura, según sección. La calidad del terreno permite observar que no se detectan asentamientos que generen fisuras ni en placas ni en muros. La cimentación no ha sido perturbada desde su construcción y a pesar de ello no se evidencia un mal estado o fatiga del suelo.
- MUROS: Se encuentran en buen estado, no hay fisuras importantes o desplomes. Los muros presentan una conformación estructural buena, no hay evidencia de sobre-esfuerzos o fisuras debidas a asentamientos; en zona de filtros por el lado en contacto con el agua se observa deterioro o desgaste de la pasta de cemento.
- COLUMNAS: No se aprecia ningún tipo de deterioro, no se inspeccionaron las columnas que quedan dentro del tanque por dificultad de acceso, pero no hay referencia de un mal funcionamiento o inadecuado comportamiento estructural de los elementos que están sobre ellas, como es la Zona de filtros, las columnas del sector de sótano 1 y zona de control también están en buen estado.
- PLACAS DE ENTREPISO Y CUBIERTA: Tanto la placa de entrepiso como la de cubierta son placas macizas apoyadas sobre las columnas y muros en concreto reforzado, no se aprecia ni fisuras, ni pandeos que afecten el comportamiento de estos elementos. No hay evidencia de deformaciones ni deterioro en los elementos de entrepiso y cubierta, tiene una buena conformación estructural.
- Los resultados obtenidos en el análisis computacional para la estructura del módulo central del edificio en las combinaciones que incluyen los efectos sísmicos en las dos direcciones, arrojan un valor de deriva máxima igual a 2,09 cm y la máxima permisible es 6,10 cm (0.34%) lo que indica que la estructura es lo suficientemente rígida para aceptar los movimientos generados por sismo, tanto la sección de los muros como de las columnas son suficientes para contrarrestar las demandas que en términos de rigidez es requerida por la estructura.

D. Estación de bombeo No 1

Basados en los resultados de los ensayos realizados por Sika S.A en el año 2000, se encontró que algunas Datos recolectados de los ensayos para resistencia a la compresión del concreto, la resistencia supera el valor de los 210 k/ cm² (3000 psi) y existe uniformidad en el concreto muestreado.

De los ensayos realizados por el Ingeniero Carlos Arcila, en julio de 2014 para las estructuras en general se encontró una calidad del concreto buena, denso de baja porosidad y muy baja absorción

En todos los casos que se realizó un apique para exponer el acero, medir carbonatación y medir potenciales de corrosión el acero, apareció sano sin señales de que un proceso corrosivo haya empezado.

En cuanto al contenido de cloruros, la cuantía crítica para causar despasivación teóricamente es de 0,45% de ion cloruro y el valor máximo reportado fue de 0,014 % esto significa que no existen cloruros en el agua captada, ni el proceso los aporta, en las etapas de floculación, sedimentación y filtrado.

Los resultados del contenido de sulfatos muestran contenidos por encima del 6% valor que se considera normal, no se evidencia deterioro o lesiones típicas de ese ataque.

Resumiendo los resultados de los ensayos realizados, se resaltan lo siguiente:

- ✚ Las edificaciones no evidencian problemas de deterioro en la estructura, excepto la pérdida superficial de pasta del concreto en las estructuras en contacto con el agua tratada, que deja al agregado grueso expuesto y sin matriz de mortero, este fenómeno en varias décadas apenas ha logrado afectar el primer centímetro de recubrimiento, pero no es el caso de las estaciones de Bombeo en estas no se aprecia deterioro en el concreto
- ✚ La carbonatación es mínima, lo que es de esperarse en estructuras permanentemente saturadas.
- ✚ No se encontró acero corroído o en proceso de corrosión. Los potenciales de corrosión aunque empiezan a ser altos en algunos sectores están acompañados por altas resistividades eléctricas del medio, por lo que se impide un proceso corrosivo
- ✚ Los contenidos de cloruros son muy bajos y no hay riesgo de despasivación del acero por esta causa.
- ✚ Los contenidos de sulfatos son mayores a la cuantía máxima esperada del 6%. Si el proceso de floculación se lleva a cabo agregando sulfato de aluminio, puede ser esta la causa del incremento en esta sal en el concreto. La aplicación de un mortero que reconstituya el espesor perdido por el proceso de agradación en el que el agua sin minerales toma calcio de la pasta de cemento y va dejando el agregado grueso sin matriz de mortero.
- ✚ La porosidad y la absorción del concreto de las tres estructuras es muy baja, lo que concuerda con la baja penetración de agresores que se reporta.
- ✚ La resistencia mecánica de los concretos evaluados es superior a 35 MPa, resistencia apropiada para obras hidráulicas y donde se espera una larga vida en servicio sin reparaciones mayores.

E. Tanque de almacenamiento

Para esta estructura se realizó un muestreo con escáner para determinar el tipo de refuerzo existente, se aprecia concreto sin señales de que un proceso corrosivo haya empezado. Internamente no se puede tomar muestras o revisar los elementos columnas y muros, por cuanto es una estructura que no se desocupa, solo se tiene la vista en caras externas. Se observa el deterioro normal por trato a la intemperie y al uso de la estructura no detectándose problemas críticos de fugas o pandeos, se puede clasificar como un estado Bueno de la estructura.

De acuerdo con lo que se tiene en planos originales, se tiene una cimentación consistente en una placa maciza en concreto reforzado de espesor variable, desde 0,15 m con sobre anchos de 0,57 debajo de muros y columnas, concluimos que la calidad del tipo de cimentación empleada, en función de los esfuerzos actuantes sobre el terreno de fundación, muestra un adecuado comportamiento en donde hasta la fecha, no se han detectado asentamientos que generen fisuras críticas, ni en placas ni en muros y asumimos que en columnas tampoco ya que la placa de cubierta que se apoya sobre estas columnas no presenta pandeos que indiquen

daños estructurales. No se tiene referencia de que la cimentación se haya tocado, o modificado desde su construcción y a pesar de ello no se evidencia un mal estado o fatiga del suelo. Se supone que esta cimentada sobre roca.

La época de construcción de esta edificación data del año 1959, La configuración estructural, es apropiada para zonas de amenaza sísmica intermedia y los materiales a pesar de la edad que tiene la estructura no ha sufrido mayor desgaste, esta edificación ha resistido satisfactoriamente los embates sísmicos ocurridos. De acuerdo a lo anterior se califica la calidad del diseño como **buena** y el estado de conservación como **Bueno**.

F. Estación de Bombeo No. 3

Para esta estructura se realizó un muestreo con escáner para determinar el tipo de refuerzo existente, se aprecia concreto de buena calidad, sin señales de que un proceso corrosivo haya empezado.

De acuerdo con lo que se tiene en planos originales, se tiene una cimentación consistente en una placa maciza en concreto reforzado de espesor variable, desde 0, 20 m con sobre anchos de 0,50 debajo de muros y columnas, concluimos que el comportamiento de la cimentación existente, a la fecha ha sido óptimo, la calidad del tipo de cimentación empleada, en función de los esfuerzos actuantes sobre el terreno de fundación, muestra un adecuado comportamiento en donde hasta la fecha, no se han detectado asentamientos que generen fisuras críticas, ni en placas ni en muros, ni en columnas, la placa de cubierta que se apoya sobre estas columnas no presenta pandeos que indiquen daños en algún elemento estructural o sobre elementos no estructurales.. No se tiene referencia de que la cimentación se haya tocado, o modificado desde su construcción, no se evidencia un mal estado o fatiga del suelo. Se supone que esta cimentada sobre roca.

La época de construcción de esta edificación data del año 1971, La configuración estructural, es apropiada para zonas de amenaza sísmica intermedia y los materiales a pesar de la edad que tiene la estructura no ha sufrido mayor desgaste, esta edificación ha resistido satisfactoriamente los embates sísmicos ocurridos. De acuerdo a lo anterior se califica la calidad del diseño como **buena** y el estado de conservación como **Bueno**.

G. Estación de Bombeo No. 2

Para esta estructura se realizó un muestreo con escáner para verificación de refuerzo existente. Se aprecia concreto de buena calidad, sin señales de que un proceso corrosivo haya empezado.

De acuerdo con los parámetros de suelos planteados originalmente, el tipo de suelo es un poco mejor que el del sector de la estación de bombas 1, por tal razón, de acuerdo a lo presentado en los perfiles del suelo, se asimiló semejante a las características de un perfil de suelo tipo C, la cimentación que se tiene es una en una placa maciza en concreto reforzado de espesor 0, 80 m, con este tipo de cimentación se concluye que el comportamiento a la fecha ha sido óptimo, la calidad del tipo de cimentación empleada, en función de los esfuerzos actuantes sobre el terreno de fundación, muestra un adecuado comportamiento en donde hasta la fecha, no se han detectado asentamientos que generen fisuras críticas, ni en placas ni en muros, ni en columnas, la placa de cubierta que se apoya sobre estas columnas no presenta pandeos que indiquen daños en algún elemento estructural o sobre elementos no estructurales.. No se tiene referencia de que la

cimentación se haya tocado, o modificado desde su construcción, no se evidencia un mal estado o fatiga del suelo.

La época de construcción de esta edificación data del año 1971, La configuración estructural, es apropiada para zonas de amenaza sísmica intermedia y los materiales a pesar de la edad que tiene la estructura no ha sufrido mayor desgaste, esta edificación ha resistido satisfactoriamente los embates sísmicos ocurridos a través del tiempo. De acuerdo a lo anterior se califica la calidad del diseño como **buena** y el estado de conservación como **Bueno**.

4.1.3 Conclusiones

Se realizó el Estudio de Validación y Actualización de las obras de reforzamiento estructural de la infraestructura existente y requerida para la implementación de la alternativa de optimización seleccionada, de tal forma que se ajuste a lo establecido en la última versión del reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, aprobado mediante el decreto 926 de marzo de 2010 y demás normas relacionadas con la materia, de las siguientes unidades de Tratamiento de la Planta:

- Canal de aducción y estructura de repartición o pulpo
- Módulos de Floculación – Sedimentación – Interoxidación.
- Filtros: Tanques de Filtración - Galería de Filtros y Edificio de Filtros.

El contrato adicional de la Consultoría incluye el Estudio de Validación y Actualización del Reforzamiento Estructural de las siguientes edificaciones:

1. Edificio de Filtros
2. Galería de Filtros
3. Estación de Bombas 1
4. Estación de Bombas 2
5. Estación de Bombas 3
6. Tanque de Almacenamiento de Servicios

De la primera inspección que realizada a las estructuras de la PTAP, se observa buena calidad de materiales y una conformación estructural adecuada. En función de la calidad de los suelos que se tiene, no se aprecian asentamientos en estas estructuras que hayan dado origen a deformaciones o que hayan generado fisuras o agrietamientos importantes que permitan establecer que la estructura este con algún riesgo de estabilidad.

Los resultados de los ensayos de laboratorio realizados ratifican el comportamiento y estado actual en el que se encuentran las diferentes estructuras; En general en todas las estructuras se tiene una calidad del concreto buena; en los casos que se abrió un apique para exponer el acero, medir carbonatación y medir potenciales de corrosión del acero, apareció sano sin señales de que un proceso corrosivo haya empezado. Los potenciales de corrosión aunque empiezan a ser altos en algunos sectores, están acompañados por altas resistividades eléctricas del medio, por lo que se impide un proceso corrosivo

Las estructuras del pulpo, el sedimentador y el filtro no evidencian problemas de deterioro en la estructura, excepto la pérdida superficial de pasta del concreto en contacto con el agua tratada, que deja al agregado grueso expuesto y sin matriz de mortero. Este fenómeno en varias décadas apenas ha logrado afectar el primer centímetro de recubrimiento. La carbonatación es mínima, en función de los resultados de carbonatación se estableció una proyección de durabilidad de las estructuras dando unos rangos en años todavía amplios.

Los contenidos de cloruros son muy bajos y no hay riesgo de despasivación del acero por esta causa.

La porosidad y la absorción del concreto de las tres estructuras son muy bajas, lo que concuerda con la baja penetración de agresores que se reporta.

La resistencia mecánica de los concretos evaluados es superior a 35 MPa, De acuerdo con lo requerido por norma para estructuras hidráulicas se solicita que la resistencia del concreto sea mayor o igual a 28 MPa; luego en este caso estamos por encima de este valor, situación que favorece el comportamiento de las estructuras; se espera una larga vida en servicio sin reparaciones mayores.

En función de los resultados obtenidos de los modelos matemáticos y con la información existente del refuerzo que tienen los diferentes elementos, muros y placas, se establece un comparativo del área de acero requerido Vs lo existente.

Vale la pena aclarar que esta información en planos existentes no es muy clara ya que estos planos fueron realizados con textos a mano y hay falencias en la claridad de longitudes o acotamientos de todos los sectores de la estructura. No se presentan longitudes de traslapo, pero se trató de tomar o referenciar lo más exacto posible a lo real, en términos generales. El refuerzo principal de los elementos cumple con la cuantía de acero requerida, en algunos casos el que está un poco deficiente es el refuerzo secundario o transversal, que para efectos de servicio esta cuantía es la que se exige en la mayoría de los casos como refuerzo por retracción de fraguado, etapa de construcción en la que ya no se está.

En términos generales se puede considerar que las estructuras analizadas se encuentran en óptimas condiciones estructurales a pesar de que en algunos elementos en porcentaje bajo no se cumple con unas cuantías de acero de refuerzo transversal, se puede aceptar que las estructura pueden seguir trabajando ya que a nivel de esfuerzos está muy cercano a lo solicitado y no hay patologías que pongan en riesgo la estabilidad general de la estructura. Es importante entrar a proteger lo existente y mejorar la cara de concreto que tiene desgaste, para evitar daño en el acero de refuerzo a futuro.

4.2 PRODUCTO No. 7 DISEÑOS BÁSICOS DE LAS OBRAS PARA CONSTRUIR O IMPLEMENTAR LOS SISTEMAS HDRÁULICOS, MECANICOS, ELECTRICOS, ELECTRÓNICOS Y ESTRUCTURALES DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE TIBITOC.

En el presente producto se presentan las obras y diseños de referencia para el sistema de optimización del tratamiento, sin embargo, en la fase de diseños para construcción, la firma o empresa seleccionada para la

realización de los diseños definitivos de la Alternativa seleccionada, su correspondiente ejecución de obras físicas y su posterior operación del sistema de tratamiento de agua potable, deberá basarse en los estudios de factibilidad y de ingeniería básica de diseño realizados, pero podrá realizar sus propios ajustes y/o complementaciones de acuerdo con su experiencia específica y conocimiento del tema, que en su conjunto garanticen la eficiencia del tratamiento y la calidad de agua potable solicitada por la EAB-ESP., previa la aprobación de la supervisión, interventoría o quien haga sus veces en representación de la EAB-ESP.

4.2.1 Obras para la optimización del tratamiento

Las obras aquí propuestas constituyen una línea básica referencial para el sistema de optimización del tratamiento, definiendo las metas de operación y mantenimiento, los parámetros ambientales, normas y procedimientos a cumplir, sin embargo, los Consultores y oferentes deberán materializar un Diseño Final que pueda adecuadamente soportar la implantación de las obras de optimización de la Planta, podrán proponer ajustes a los sistemas que en su conjunto garanticen la eficiencia del tratamiento y la calidad de agua potable solicitada por la EAB-ESP y que se presenta en la Tabla No. 24.

Tabla No. 24. Normas de Calidad de Agua Potable

PARÁMETRO	UNIDAD	RESOLUCIÓN 2115/07	SEGÚN LAS NORMAS ESTABLECIDAS POR LA EAB-ESP EN LOS TÉRMINOS DE REFERENCIA DEL CONTRATO DE LA CONSULTORÍA ENP-2
		VALOR ADMISIBLE	VALOR PROMEDIO DIARIO
Escherichia Coli	UFC/100 cm ³	0	0
Coliformes Totales	UFC/100 cm ³	0	0
Turbiedad	NTU	<=2	Máx. 0.5
Color Aparente	UPC	<=15	Máx. 15
Olor y Sabor		Aceptable	Inobjetable
pH		6.5 - 9.0	6.5 - 9.0
Alcalinidad Total	mg/lCaCO ₃	200	Máx.- 70
Aluminio Residual	mg/l	0.2	Máx. 0.1
Oxígeno Disuelto	mg/l		5.0 - 8.0
Cloro Residual Libre	mg/l	0.3 - 2.0	1.2 - 2.0
Nitratos	mg/l	10	Máx. 1.0
Nitritos(*)	µg/l	100	Máx. 5.0
Cloruros	mg/l	250	Máx. 50
Hierro Total	mg/l	0.3	Máx. 0.15
Fosfatos	mg/l	0.5	
Sulfatos	mg/l	250	
Calcio	mg/l	60	
Manganeso Total	mg/l	0.1	<0.02
Fluoruros	mg/l	1	
Molibdeno	mg/l	0.07	
Zinc	mg/l	3	
Dureza Total	mg/lCaCO ₃	300	Máx. 100
Carbono Orgánico Total	mg/l	≤5	≤2

En la Figura No. 10 se presenta el Diagrama de Flujo de la Alternativa Seleccionada para la optimización del tratamiento.

Figura No. 10. Diagrama de Flujo Alternativa Seleccionada

[Esquema Diagrama de Flujo Alternativa Seleccionada Esquema Planta Tibitoc
2.pdf](#)

4.2.2 Descripción de las obras de optimización de la alternativa seleccionada

Las obras o adecuaciones que deben realizarse a la infraestructura existente de la Planta de Tibitoc se han dividido en dos grupos: en el primero, denominado **Obras de Optimización de la Planta de Tratamiento de Tibitoc**, como su nombre lo indica, se incluyen todas las obras necesarias para la realización de la respectiva implementación de la alternativa seleccionada para la optimización de la Planta de Tratamiento, que permitan garantizar un caudal continuo de 10,5 m³/s con picos de 12 m³/s disminuyendo la vulnerabilidad y riesgo de la Planta; en el segundo, titulado **Obras de Modernización de la Planta**, se incluyen aquellas obras y reemplazo de equipos obsoletos o para renovación tecnológica, que tienen como fin ampliar la vida útil y reducir la vulnerabilidad de la planta y pueden ser ejecutados de manera posterior a las Obras de Optimización, conforme con la disponibilidad de recursos de la EAB-ESP. Se plantean las siguientes etapas y capacidades de implementación de cada uno de los procesos requeridos para la optimización del sistema de tratamiento de la planta, resumidos en la Tabla No. 25 y esquematizadas en las Figuras No. 11 y 13.

Tabla No 25. Capacidad Etapas de Optimización Planta Tibitoc

PROCESO DE TRATAMIENTO	CAPACIDAD PRIMERA ETAPA (AÑO 2020)	CAPACIDAD COMPLEMENTARIA SEGUNDA ETAPA	CAPACIDAD TOTAL DE TRATAMIENTO
AIREACIÓN, REPARTICIÓN,	10,5 m ³ /s	0 m ³ /s	10,5 m ³ /s
FLOCULACIÓN -SEDIMENTACIÓN ACELERADA	10,5 m ³ /s	0 m ³ /s	10,5 m ³ /s
INTEROXIDACIÓN	10,5 m ³ /s	0 m ³ /s	10,5 m ³ /s
FILTRACIÓN	10,5 m ³ /s	0 m ³ /s	10,5 m ³ /s
ESTACIONES DE DOSIFICACIÓN PARA COAGULACIÓN Y PEROXIDACIÓN	10,5 m ³ /s	0 m ³ /s	10,5 m ³ /s
ESTACIONES DE DOSIFICACIÓN PARA INTEROXIDACIÓN	10,5 m ³ /s	0 m ³ /s	10,5 m ³ /s
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES (LODOS)	6 m ³ /s	4,5 m ³ /s	10,5 m ³ /s

Las Obras de Optimización de la Planta de Tratamiento Tibitoc (Q=10.5 m³/s) se componen de los capítulos listados a continuación:

- ✓ Aireación y Repartición.
- ✓ Floculación – Sedimentación Acelerada
- ✓ Interoxidación.
- ✓ Filtración.
- ✓ Estaciones de Dosificación.
- ✓ Tratamiento de Aguas Residuales e Industriales (Dragado y Adecuación de la Laguna de Lodos en 22.3 Hectáreas de superficie de la laguna)
- ✓ Tanque de Cloración y Suministros.
- ✓ Rehabilitación de Estructuras de Concreto.
- ✓ Estaciones de monitoreo aguas arriba de la Planta Tibitoc (Dos (2) Estaciones de monitoreo. Panaca y Tocancipá).
- ✓ Alcantarillado y tratamiento de aguas residuales domésticas
- ✓ Alcantarillado pluvial

- ✓ Red eléctrica complementaria
- ✓ Cambio equipos en bocatoma
- ✓ Reforzamiento estructural y adecuaciones locativas.

Las obras que conforman las Obras de Modernización de la Planta de Tratamiento de Tibitoc son:

- ✓ Tratamiento de Aguas Residuales e Industriales (Dragado y Adecuación de la Laguna de Lodos en 30 Hectáreas de superficie de la laguna)
- ✓ Estaciones de Monitoreo de Calidad de Agua (Cuatro (4) Estaciones de Monitoreo)
- ✓ Estaciones de bombeo. Cambio y actualización de bombas, motores, pitómetros, etc
- ✓ Equipos sobre las conducciones a Bogotá y Municipios
- ✓ Cambio equipos en bocatoma
- ✓ Subestaciones eléctricas
- ✓ Rehabilitación electromecánica
- ✓ Laboratorio de la planta

Figura No 11 Obras Optimización Planta de Tratamiento ($Q= 10,5 \text{ m}^3/\text{s}$ continuo, picos de $12 \text{ m}^3/\text{s}$)

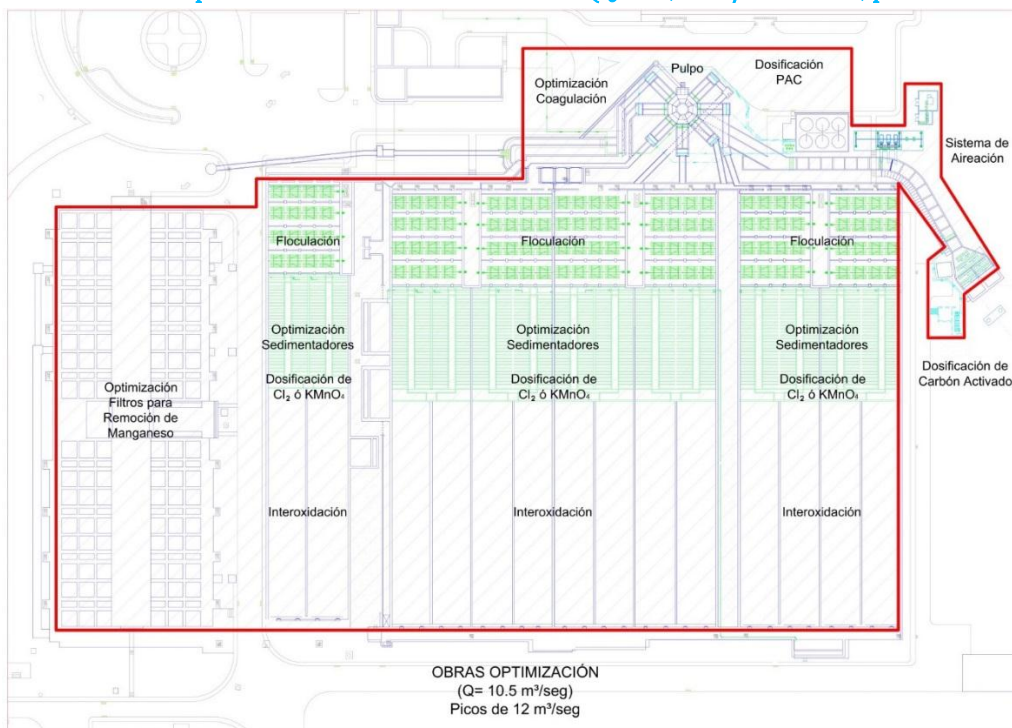


Figura No 12 Etapas propuestas de Optimización del Sistema de Manejo de Lodos

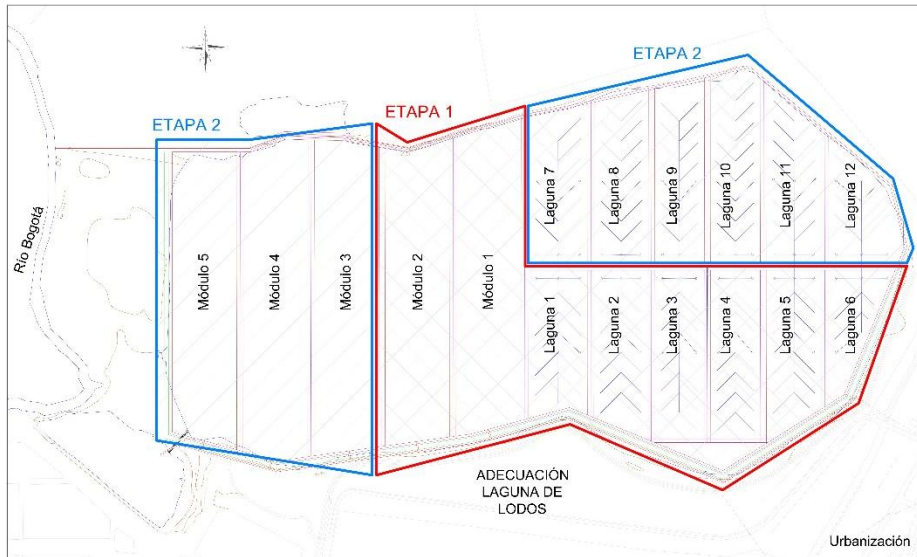
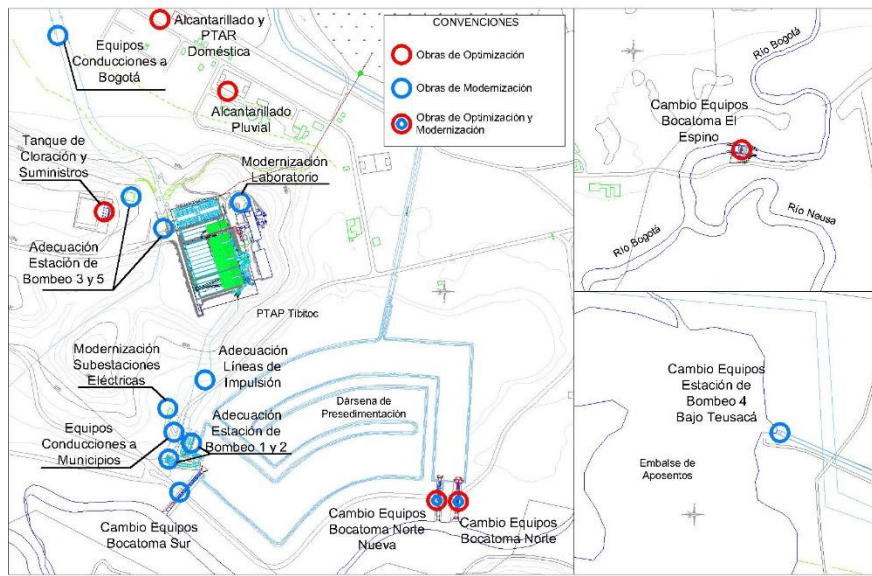
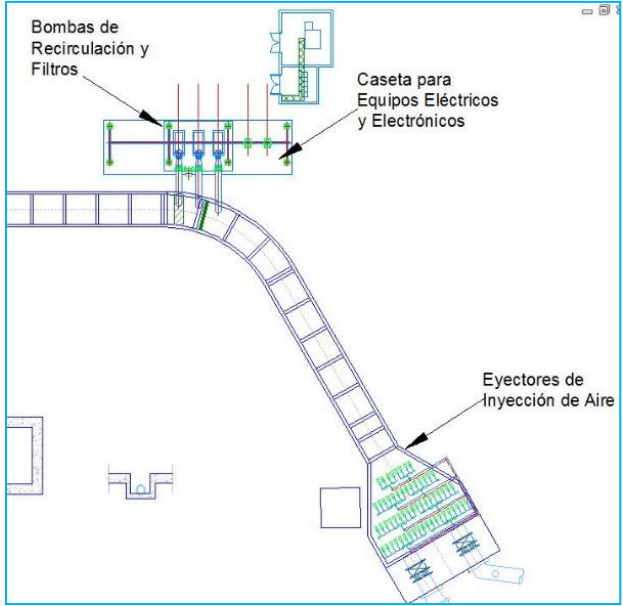


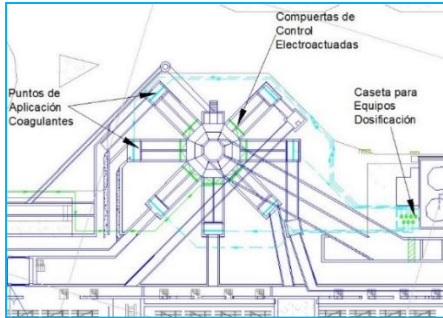
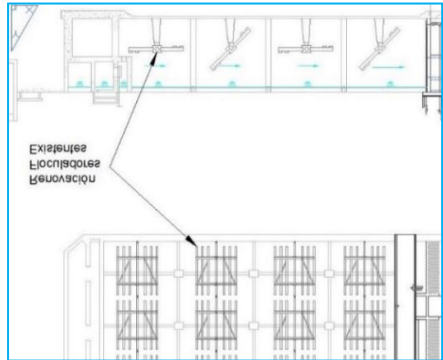
Figura No 13 Obras de Modernización y Rehabilitación de la PTAP



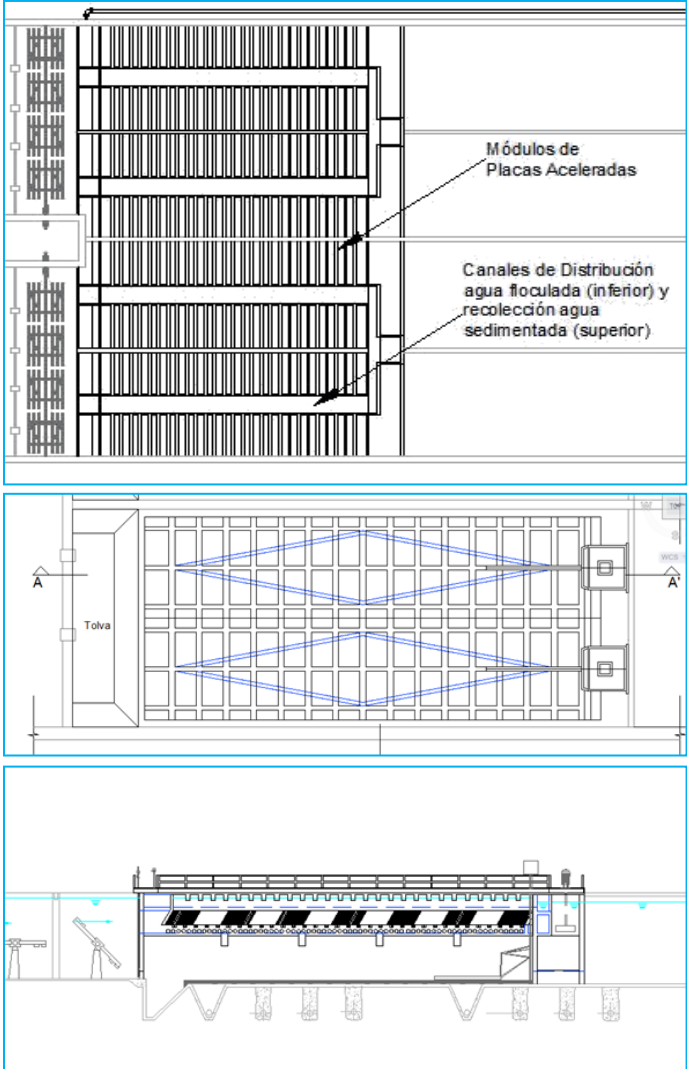
Las Obras de Optimización de la Planta de Tratamiento Tibitoc ($Q=10.5 \text{ m}^3/\text{s}$) se presentan en la tabla No. 26, las obras que conforman las Obras de Modernización de la Planta de Tratamiento de Tibitoc en la Tabla No. 27.

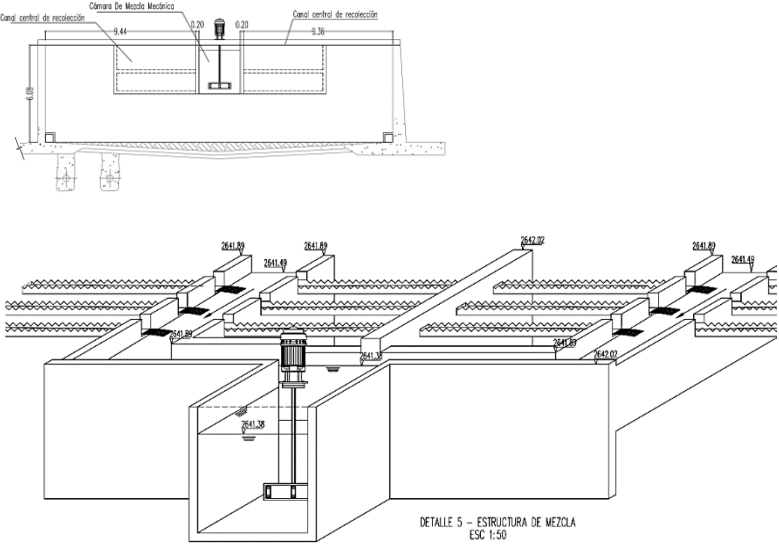
Tabla No. 26. Descripción de las Obras de Optimización de la Planta (Q=10.5m³/s).

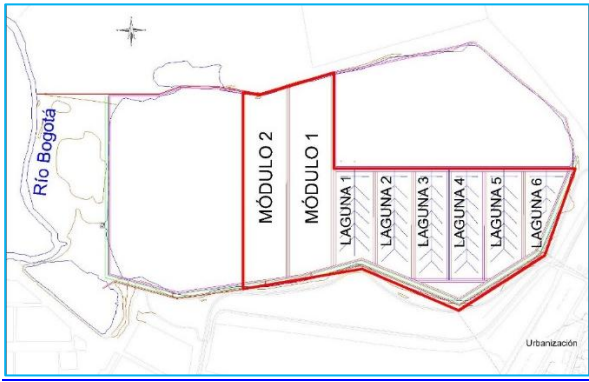
PROCESO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
AIREACIÓN	Transferencia y mezcla de aire con eyectores y bombas	<p>Diseñada para airear un flujo de 10,5 m³/s de agua cruda en la cámara de llegada y suministro de 3mg/L de Oxígeno Disuelto.</p> <p>Compuesto por dos (2) conjuntos de aireadores de agua, tipo eyectores mono direccionales de agua y aire, posicionados en el fondo del Tanque al inicio del Canal de Recepción de Agua Cruda, bombeada desde la Dársena.</p> <p>Incluye una (1) bomba de conducción para cada conjunto de eyectores y una (1) en stand by.</p> <p>Se requiere una caseta para la ubicación de sistemas de control, tableros eléctricos y de instrumentación.</p> 

PROCESO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
COAGULACIÓN, FLOCULACIÓN Y SEDIMENTACIÓN	Coagulación	<p>La aplicación de coagulantes, cloruro férrico o sulfato de aluminio, se podría realizar en los vertederos individuales del “pulpo” que conducen el Agua cruda a cada uno de los siete (7) floculadores. Sin embargo, se recomienda realizar pruebas de tratabilidad antes de implementar los sistemas de dosificación de coagulantes en el pulpo de distribución para verificar tiempos de mezcla.</p> <p>Se deben colocar skid de bombeo para aplicar los coagulantes individualmente con una bomba de dosificación a cada vertedero. Su diseño se revisará para los caudales máximos y mínimos a tratar, las dosis históricas de coagulantes, la concentración de las soluciones de coagulantes y teniendo en cuenta el tipo de producto a utilizar a fin de abarcar todo el rango de dosificación. Se recomienda utilizar sistemas de bombeo de desplazamiento positivo. Adicionalmente se debe dejar implementado el sistema de alcalinización del agua para los casos en que la alcalinidad es baja y se utilicen altas dosis de coagulante. Todas estas dosificaciones pueden ser proyectadas en lasos cerrados o abiertos con control desde el sistema Scada de la planta.</p> <p>Igualmente considera instalar un sistema de compuertas electroactuadas en el pulpo.</p> 
	Floculación	<p>Se deberán reemplazar los equipos de floculación existentes por obsolescencia. Son cuatro (4) equipos de eje horizontal por cada floculador, por tanto, éstos se deben sustituir por veintiocho (28) floculadores de eje horizontal para siete (7) módulos de sedimentación.</p> 
	Sedimentación	<p>La implementación del sistema de clarificación se plantea para los siete (7)</p>

PROCESO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
		<p>módulos de sedimentación.</p> <p>En cada sedimentador se proponen dos (2) Sub-Módulos para cada uno de los Trenes de Tratamiento Existentes. Con la siguiente descripción y pre-dimensionamiento de los componentes de sedimentación acelerada:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Sedimentador Longitudinal y Módulo con Paneles de Láminas; ✓ Caudal Nominal / Tren Existente = 5.400 m³/h; ✓ Velocidad Crítica de Sedimentación = 1,55 m³/ m²h; ✓ Área Específica para sedimentación en láminas de 50 mm = 8,72 m²/m² (=80% x 10,90 m²/m², que corresponde a la panel de sección rectangular 50 x 100 mm² o hexágono 50 mm, con 1 metro de longitud a 60º, (resultando altura vertical de 866 mm); ✓ Velocidad adoptada la Sedimentación = 8,72 x 1,55 = 13,10 m³/m².h; ✓ Concentración de sólidos en el lodo = 0,5%; ✓ Altura útil para la lámina líquida = 5,0 m; ✓ Área útil necesaria = 5.400 / 13,10 = 412 m²; ✓ Área útil necesaria = 412 m²/2=206 m²; ✓ Ancho x Extensión del Sedimentador Existente = 21,85 m x 95 m ✓ Ancho libre de cada submódulo = 8,50 m ✓ Longitud de zona de placas para cada submódulo = 206 m²/8,50 m ≈ 25 m <p>Las obras civiles corresponden a los canales de distribución de agua floculada y recolección de agua sedimentada, así como los sistemas de soporte de los módulos de tratamiento.</p> <p>Debido a que bajo este sistema, los equipos barrelosos existentes en la planta no podrían continuarse utilizando por la disposición de los puentes-grúa, se propone la opción de actualizar tecnológicamente los equipos, mediante la instalación de dieciséis (28) equipos barrelosos -cuatro (4) por tanque de tratamiento-, de rascadores y tolvas, interconectadas con los desagües y válvulas telescópicas existentes de 16", para cuatro (4) módulos de tratamiento.</p>

PROCESO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
		
	<p align="center">REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA</p>	<p>En ocasiones, cuando se presentan los contenidos de materia orgánica mayores a 10 mg/L se requerirán de la aplicación de carbón activado para su remoción y así poder cumplir con lo especificado por la norma. En tal sentido la Consultoría recomienda la adición de carbón; esta aplicación se realizara en la cámara de llegada del bombeo del agua cruda de la dársena a la planta, para lo cual se hace necesario la implementación de un sistema de dosificación gravimétrico con tanque de preparación de solución entre 3 y 5 % y dosificación por bombeo mediante bombas de desplazamiento positivo tipo peristálticas o de cavidad progresiva. Se deben realizar ensayos de tratabilidad a fin de determinar las dosis requeridas de carbón activado para la remoción de materia orgánica y el dimensionamiento del sistema de dosificación de carbón activado.</p>

PROCESO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
INTEROXIDACIÓN FILTRACIÓN	Con productos químicos	<p>En el área liberada en los sedimentadores se instalará el sistema de interoxidación, el cual está integrado por una Cámara de Agitación Mecánica y un Tanque de Contacto. Sobre la cámara de mezcla se aplicarán los productos para la oxidación (Cloro o Permanganato o Dióxido de Cloro), cada uno de los cuales tendrá su propio sistema de dosificación en forma independiente. El Tanque de contacto tendrá un tiempo mínimo de 30 minutos. Se contempla la modificación de los siete (7) tanques.</p>  <p style="text-align: right; font-size: small;">DETALLE 5 - ESTRUCTURA DE MEZCLA ESC 1:50</p>
	Medios filtrantes	<p>Se propone, para la ejecución de la primera etapa, el uso de un medio filtrante en los dieciséis (16) filtros de la Planta., con las siguientes características principales:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Capa granular de Soporte: 100 mm de altura con Grava 3/16" a pen 10 (existente); ✓ Medios filtrantes específicos, elaborados a partir de manganeso refinado con actividad catalítica de oxidación y adsorción: 500 mm de altura, con tamaño efectivo de 0,30 - 0,35 mm; ✓ Antracita: 1000 mm de altura (reemplazo de la existente); ✓ pH: 6,6 - 8,0; ✓ Concentración Manganeso + Hierro < 10 mg/L; ✓ Concentración H2S < 6 mg/L; ✓ Tasa Máxima (Intermitente) < 15 m3/h/m2; ✓ Tiempo de Contacto con Solución KMnO4 2%: 40 minutos; ✓ Expansión Máxima durante Recuperación: 40%. <p>Los componentes electromecánicos a rehabilitar son:</p>

PROCESO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reemplazar las compuertas de entrada y salida de filtros ✓ Reemplazar válvulas en tuberías de salida de filtros. ✓ En la zona de filtros, en especial la galería de tuberías y válvulas, se presenta un alto nivel de cloro residual en el aire, lo que representa un alto riesgo para los operadores que trabajen en esta zona. Para ello es necesario el estudio y el diseño de un sistema de ventilación mecánica para la zona de filtros ✓ Reemplazo de Una (1) unidad de Bombeo de Tanque de Filtros a Tanque de Servicio. Q: 0.5 m³/Seg - 300 Hp. TDH: 26 mca. 420V. 700 rpm.
<p>TRATAMIENTO DE LODOS</p>	<p>Adecuación de la laguna existente</p>	<p>Las obras de Optimización de la Planta, que permiten garantizar el tratamiento de los lodos producidos por la PTAP teniendo en cuenta el caudal continuo en el diseño de la planta de 10.5 m³/s, se enumeran a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Canal de desvío y entrada de agua a los módulos de sedimentación ✓ Lagunas de secado de lodos dragados (6 lagunas. Construcción y adecuación de módulos) ✓ Sistema de recolección de lixiviados ✓ Laguna de control de lixiviados ✓ Tubería de salida de módulos de sedimentación y entrega al río ✓ Módulos de sedimentación (2 módulos .Construcción y adecuación de módulos) <div style="text-align: center;">  </div> <p>El desarrollo de las obras en la laguna de lodos, debe llevarse a cabo evitando traumatismos en la operación normal durante la construcción, de forma que exista un lugar de disposición controlada en los meses de ejecución de obras.</p> <p>Es necesario tener en cuenta que la producción de la PTAP influye directamente en los ciclos de dragado y disposición de lodos del sistema.. Para una producción promedio de 6 m³/s de agua tratada, el tiempo entre dragados de cada módulo es 1 año, por lo cual el tiempo de operación antes de una nueva etapa en las lagunas de disposición es 10 años. Asimismo, para una producción promedio de 10.5 m³/s de agua tratada, el tiempo entre dragados de cada módulo es 0.7 años, por lo cual el tiempo de</p>

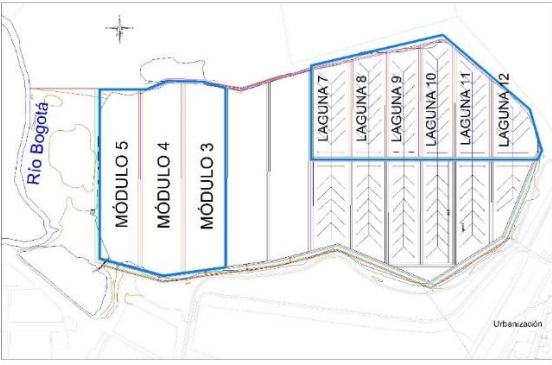
PROCESO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
		<p>operación antes de una nueva etapa en las lagunas de disposición es 6 años. Transcurrida la vida útil de las lagunas, deberán adecuarse más módulos para disposición de lodos dragados.</p>
	<p>TANQUE DE CLORACIÓN Y SUMINISTROS</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ En el tanque alto se deben cambiar las cinco (5) compuertas de charnela por equipos que cuenten mínimo con similares especificaciones de las existentes. ✓ La válvula de interconexión de la tubería desde tanque alto hasta tanque de servicio es de tipo mariposa de 16", la cual se debe reemplazar por otra de las mismas características con actuador de eléctrico y comunicación MODBUS RTU o similar.
	<p>ESTACIONES DE MONITOREO AGUAS ARRIBA DE LA PLANTA</p>	<p>La Consultoría propone dos (2) estaciones de monitoreo para la medición de los parámetros de calidad de agua en de la cuenca del Río Bogotá, lo cual permitirá un seguimiento al recurso hídrico, ejercer monitoreo sobre estos parámetros y tomar las precauciones necesarias para garantizar el proceso de potabilización en la Planta de Tratamiento Tibitoc.</p> <ul style="list-style-type: none"> • R.B. Puente Tulio Botero (Tocancipá) • R.B. Pto.I. Termozipa - Panaca (2002: A. abajo Termozipa) <p>Se sugiere el uso de sondas multiparamétricas, registro en línea de los parámetros, monitoreo en línea desde la Planta de Tratamiento Tibitoc de los parámetros, PLC o RTU (Low Power) compactas no modulares, equipo para toma de muestras, protecciones eléctricas y de señales (gruesa, media y fina), aterrizajes y apantallamientos necesarios en caso de sobretensiones y/o descargas eléctricas atmosféricas. En el momento de la implementación, se deberá validar entre el Contratista y la EAB-ESP la posibilidad de utilizar la comunicación 3GSM o comunicación satelital.</p> <p>Deberá existir un sistema de protecciones, compuesto por un sistema de puesta a tierra, adicional a los elementos de protección gruesa media y fina contra transitorios.</p> <p>Los equipos de instrumentación, control y comunicaciones: estará compuesto por un sistema de respaldo de energía.</p>

PROCESO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
ALCANTARILLADO SANITARIO Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y DOMÉSTICAS		<p>El drenaje industrial y el sanitario en la zona de PTAP continuarán de forma combinada.</p> <p>En el sistema de alcantarillado sanitario de la zona residencial, se reemplazará la totalidad de las tuberías y se planea una red de drenaje en PVC con entrega del caudal a un punto en el que se instalará un sistema de tratamiento compacto. En esta zona se intalarán 1600 m de tubería de 8", de diametro, ademas de 19 pozos de inspeccion.</p> <p>Para el Tratamiento de las aguas residuales y domésticas, se plantea una planta compacta de tratamiento, del tipo aireción extendida, la cual puede estar dividida en dos (2) secciones principales: un compartimiento de aireación, con suficiente capacidad para proporcionar 24 horas de retención del agua residual al flujo de diseño y un compartimiento de sedimentación</p>
	ALCANTARILLADO PLUVIAL	<p>La red de drenaje pluvial en la zona de estructuras de tratamiento será intervenida en diez (10) puntos, en los cuales actualmente se combina el drenaje pluvial con el industrial. El transporte se realizará con nuevas tuberías y llevado hasta la dársena de pre sedimentación. En esta zona, se precisaron 624 m de tubería de 12" y 30" de diámetro, además de doce (12) pozos de inspección.</p> <p>En la zona residencial y rural aledaña, se proyectaron sistemas de drenaje pluvial superficial y subsuperficial, los cuales contemplan la construcción de sumideros en las vías, y sistemas de canaleta con filtros-drenes, en las zonas verdes. El agua recolectada por unos y otros, es transportada por tuberías a muy bajas pendientes (con el objetivo de evitar excavaciones profundas), y conducida a un colector perimetral que descarga el caudal recolectado al canal del bajo Teusacá. En este caso, las estructuras de drenaje superficiales existentes (Sumideros), son utilizadas y acopladas al sistema proyectado. En esta zona se instalarán 1940 m de tubería de 12", 14", 16", 18", 20" 24" y 27" de diámetro, además de 34 pozos de inspección.</p>
RED ELÉCTRICA COMPLEMENTARIA	1) Alumbrado y Sistema contra descargas	<p>Diseñar, suministrar e instalar el sistema de alumbrado interno y externo adaptados a la nueva norma RETILAP de los alumbrados internos y externos de la planta Tibitoc, con el fin de dar cumplimiento a las normas.</p> <p>Diseñar, suministrar e instalar los sistemas de protección contra descargas eléctricas, incluyendo DPS'S de baja tensión, con el fin de dar cumplimiento a las normas.</p>

PROCESO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
	2) Líneas de Energía	<p>Concentrar la medida en media tensión. Este tema debe ser aprobado por CODENSA y EMGESA.</p> <p>Para concentrar la medida en media tensión se deben tener en cuenta las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Suministrar e instalar un macromedidor en la línea de energía del Sol a 34.5kV. ✓ Suministrar e instalar un medidor de energía en la línea de energía Termosta de 34.5kV. ✓ Suministrar e instalar un medidor de energía en la línea de energía Malterías de 34.5kV, en la llegada a la Bocatoma el Espino. ✓ Retirar cada uno de los medidores que se encuentran en las subestaciones 1, 2, 3 y el de la línea de energía Malterías a la llegada de la subestación 1. ✓ Suministro e instalación de analizadores de redes antes de los transformadores de potencia de las subestaciones 1, 2, 3, Bajo Teusacá y la de la Bocatoma el Espino. ✓ Diseñar y construir canalizaciones y redes subterráneas de 4160 V. Se diseñan nuevas canalizaciones paralelas para remplazar las existentes. Se debe reconfigurar las líneas eléctricas a 4160V con sus protecciones y enclavamientos con el fin de formar un anillo efectivo de respaldo de energía en este nivel de tensión.
	3) Líneas de Energía	<p>Concentrar la medida en media tensión. Este tema debe ser aprobado por CODENSA y EMGESA.</p> <p>Las actividades listadas a continuación, son las propuestas para la ejecución en la primera etapa:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Cambio de dos transformadores secos de la subestación El Cerro (750kVA a 4160/480V) ✓ Cambio de dos transformadores secos de la subestación El Cerro (500kVA a 4160/208V) ✓ Actualización del esquema de protección y medida, utilizando tecnología digital. ✓ Mantenimiento con reposición de equipos. Subestación Eléctrica No. 6. El Cerro ✓ Mantenimiento operativo. Subestación Eléctrica No. 6. El Cerro ✓ Eliminar la línea del Espino (4160V), ✓ Obras de adecuación para cumplimiento de normas de la Subestación Eléctrica No. 6,

PROCESO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
CAPTACIÓN	1) Captación Bocatoma Norte	Para la medición del Caudal Captado del río Bogotá, la CAR exige un medidor ultrasónico de nivel de agua en la dársena de Tibitoc (el cual se utilizará para medir el volumen en la dársena) este medidor actualmente se encuentra instalado y la señal se conecta al PLC de la estación de bombeo 1. Por tanto, se debe instalar en la primera etapa de ejecución de obras, un medidor de caudal para medir el caudal bombeado desde el embalse de aposentos y las señales ya existentes de los medidores de caudal de las estaciones de bombeo 1 y 2 conectadas al PLC de la estación de bombeo 1. En el sistema SCADA de la planta de tratamiento de agua potable Tibitoc se debe implementar la programación y pantallas necesarias para la medición del caudal derivado del río Bogotá y dejar listas los datos con la información necesaria requerida por la CAR y la EAB para ser entregadas cuando sean requeridas por estas.
	2) Captación Bocatoma Norte Nueva	Se debe suministrar e instalar un transformador de potencia a 45kVA 4160/460 V, debido a la nueva carga a instalar, y sus respectivas protecciones. (Bocatoma Norte) Mantenimiento operativo, con reposición de equipos. Bocatoma Norte y Norte Nueva. Diseño y construcción a todo costos de la obra civil para la instalación de medidores de caudal dedicados en las bocatomas Norte y Sur.
	3) Captación Compuerta El Espino	Realizar mantenimientos con reposición de equipos y realizar mantenimientos operativos
REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL Y ADECUACIONES LOCATIVAS		<p>En desarrollo de esta Consultoría se encuentra la realización del Estudio de Reforzamiento de las siguientes edificaciones actualizando a la NSR-2010:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Estación de Bombas 1 2) Estación de Bombas 2 3) Estación de Bombas 3 4) Edificio de Filtros 5) Galería de Filtros 6) Tanque de Servicios <p>En la primera etapa se realizarán las obras requeridas para el reforzamiento estructural de las anteriores edificaciones y deberán hacerse los estudios de reforzamiento de las edificaciones siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Módulo de Control 2) Módulo de Laboratorio 3) Módulo de Bodega de insumos 4) Módulo de Bodega de Almacenamiento 5) Estructura de Captación 6) Tanque de Almacenamiento 7) Estación de Bombeo del Bajo Teusacá

Tabla No. 27. Descripción de las Obras de Modernización de la Planta

PROCESO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
TRATAMIENTO DE LODOS	Adecuación de la laguna existente	<p>Transcurrida la vida útil de las lagunas construidas para las Obras de Optimización (Alrededor de cinco (5) años para un caudal continuo de 10.5 m³/s), deberán adecuarse más módulos para disposición de lodos dragados. Para ello y utilizando el área disponible de la laguna, se plantean las siguientes obras:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Lagunas de secado de lodos dragados (6 lagunas adicionales Construcción y adecuación de módulos) ✓ Módulos de sedimentación (3 módulos adicionales. Construcción y adecuación de módulos). <div style="text-align: center;">  </div>
ESTACIONES DE BOMBEO	1) Bombeo Estación Uno (Cruda)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Adecuación del puente grúa existente con luz de 11,98 m, capacidad de 25 Ton y longitud de viga de 57,81 m, para el cumplimiento de la normatividad vigente NSR y reglamentación 060/2011C-190/2012 S de la Cámara de representantes de Colombia. ✓ Suministro e instalación de variadores de velocidad para los motores de 1700 kW, 4160 V, 60 Hz. ✓ Suministro e instalación de diez (10) celda con interruptor de potencia a 4160V. ✓ Suministro e instalación de acometidas entre CCM's y motores, celdas de servicios auxiliares requeridos por los variadores de velocidad. construcción de Mezzanine para el montaje de las nuevas celdas, obras de adecuación para cumplimiento de normas, retirar el generador que se encuentra ubicado en esta estación de bombeo. Se requiere liberar el espacio, podría ser una alternativa para la ubicación de los nuevos tableros o CCM, mantenimiento con reposición de equipos y mantenimiento operativo. Línea Estación de bombeo No 1 y Subestación eléctrica No. 1. ✓ Retirar la reactancia de regulación de voltaje ubicada en la subestación eléctrica 1

PROCESO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
	2) Bombeo Estación Dos (Cruda)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reemplazo de dos (2) conjuntos motor- Bomba (Unidades 3 y 4) Bombas Vertical marca KSBSEZ 900 Q=2.15 m3/s. TDH= 105 m, de 2800 kW. 4160 V, 3 ph, 60Hz. ✓ Instalación de dos (2) variadores de velocidad para los motores de la Unidad de bombeo 2, y dos (2) transferencia para los variadores de velocidad, celdas, un Mezzanine para el montaje de las nuevas celdas de potencia, control y protección a 4160 V, además de sus respectivos servicios auxiliares. ✓ Suministro e instalación del cableado, acometidas entre CCM'S y motores y las celdas que correspondan. ✓ Suministro e instalación de diez (10) celdas con interruptor de potencia a 4160V, suministro e instalación de variadores de velocidad para los motores de 2800 kW, 4160 V, 60 Hz, transferencia para los variadores de velocidad, celdas de servicios auxiliares requeridos por los variadores de velocidad, acometidas entre CCM's y motores, celdas a 34.5kV, Construcción de Mezzanine para el montaje de las nuevas celdas, mantenimiento con reposición de equipos y mantenimiento operativo. Estación de bombeo No 2 y Subestación eléctrica No. 2. ✓ Suministro e instalación de cableado de potencia, control y medida que va desde S/E 2 a tableros CCM de la EB2.
	3) Bombeo Estación Cuatro (Cruda)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Adecuación del puente grúa existente con luz de 4,50 m, capacidad de 10 Ton y longitud de viga de 11,33 m, para el cumplimiento de la normatividad vigente NSR y reglamentación 060/2011C-190/2012 S de la Cámara de representantes de Colombia. ✓ Instalación de un (1) equipo de medición de caudal en la tubería de descarga de las bombas a la salida de la estación de bombeo, por medio de un medidor ultrasónico de caudal con salida 4 - 20 mA. ✓ Obras civiles para adecuar altura de tableros existentes. Subestación eléctrica Bajo Teusacá No. 4 ✓ Construir un muro para evitar una posible inundación de la subestación eléctrica. Subestación eléctrica Bajo Teusacá No. 4 ✓ Obras de adecuación para cumplimiento de normas. Subestación eléctrica Bajo Teusacá No. 4 ✓ Suministro e instalación de válvula guarda de 30" con by-pass de 4" ✓ Suministrar e instalar el cableado que va desde S/E 4 a tableros CCM de la EB4 ✓ Suministrar e instalar el cableado que va desde los CCM'S hasta cada motor en la EB 4. ✓ Mantenimiento con reposición de equipos y mantenimiento operativo. Línea estación de bombeo No 4 y Subestación eléctrica No. 4.

PROCESO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
	4) Bombeo Estación Tres (Potable)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reemplazo de cinco (5) Bombas Verticales $Q=2.6 \text{ m}^3/\text{s}$. TDH= 35.5 m, de 1260 kW. 4160 V, 3 ph, 60Hz ✓ Instalación de equipos de medición de caudal en la tubería de descarga de cada una de las bombas a la salida de la estación de bombeo. ✓ Adecuación del puente grúa existente con luz de 9,50 m, capacidad de 16 Ton y longitud de viga de 20,90 m, para el cumplimiento de la normatividad vigente NSR y reglamentación 060/2011C-190/2012 S de la Cámara de representantes de Colombia Estación de bombeo 3. ✓ Suministro e instalación de variadores de velocidad para los motores de 1260 kW, 4160 V, 60 Hz. ✓ Suministro e instalación de diez (10) celdas con interruptor de potencia a 4160V, transferencia para los variadores de velocidad, celdas de servicios auxiliares requeridos por los variadores de velocidad, obras de adecuación para cumplimiento de normas, mantenimiento con reposición de equipos y mantenimiento operativo. Estación de bombeo 3 y subestación eléctrica 3. ✓ Estación de bombeo No 3 y Subestación eléctrica No. 3. ✓ Suministro e instalación de cableado de potencia, control y medida que va desde S/E 3 a tableros CCM de la EB3. ✓ Cambiar el cableado que va desde los CCM'S hasta cada motor. Estación de bombeo No 3 y Subestación eléctrica No. 3. ✓ Cambio de las compuertas tipo mural de 1.5m x 1.5 m de los cárcamos de succión de la EB3 con la instalación del actuador eléctrico. ✓ Cambio de las compuertas tipo mural de 1.25m x 1.5 m de los cárcamos de succión de la EB3 con la instalación del actuador eléctrico. ✓ Cambio de las compuertas tipo mural de 1.6m x 1.2 m de los cárcamos de succión de la EB3 con la instalación del actuador eléctrico.
	5) Estación de Bombeo Tanques de Servicio No. 5	Instalación de equipos de medición de presión en la tubería de descarga de cada una de las bombas, por medio de medidores de presión diferencial con salida 4 - 20 mA. Las señales de estos equipos se conectarán al PLC principal de filtros.
	6) Líneas de Impulsión Agua Cruda EB1-y EB2 a Cámara de Admisión.	Es necesario el retiro de los Venturi instalados actualmente en las líneas de descarga de agua cruda, para la posterior instalación de nuevos sistemas de medición de caudal.
EQUIPOS SOBRE LAS CONDUCCIONES A BOGOTÁ Y MUNICIPIOS		<p>Diseñar, suministrar e instalar sistema de aislamiento de los tableros eléctricos ubicados en Cal, implementando método de presión positiva.</p> <p>A medida que se dañe un motor que hace parte del proceso de tratamiento, debe ser reemplazado por uno de iguales características.</p> <p>Diseño, suministro e instalación de un sistema contra incendios. Además, se debe tener presente realizar mantenimientos con reposición de equipos y realizar mantenimientos operativos a la zona de tratamiento.</p>

PROCESO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
		<p>Se debe cambiar cuatro (4) válvulas de mariposa salida a municipios de 60" y una (1) válvula de mariposa salida a Municipios de 16".</p> <p>Se debe realizar la instalación de dos (2) válvulas de control de caudal y presión de 60", una (1) válvula de control de caudal y presión de 16", un (1) macromedidor magnético para tubería 72", un (1) macromedidor magnético para tubería 60 y un (1) macromedidor magnético para tubería 16".</p> <p>Las señales de los actuadores de las válvulas mariposa y válvulas de control de caudal se conectarán a un nuevo PLC el cual tiene como función la operación de estas; este PLC se ubicaría en la zona de las válvulas de control y se conectaría con el PLC principal de filtros por medio de fibra óptica.</p>
CAPTACIÓN	1) Captación Bocatoma Norte	Reemplazar dos (2) Compuertas radiales 7.63 x 3 m
	2) Captación Bocatoma Norte Nueva	Diseñar, suministrar e instalar la línea a 4160 V que va desde Estación de Bombeo 1 a las bocatomas Norte y Norte Nueva, con el fin de actualizar la existente.
	3) Captación Bocatoma Sur	Llevar a cabo obras de adecuación para cumplimiento de normas, las cuales incluye el diseño, suministro e instalación de un sistema de apantallamiento. Realizar mantenimientos con reposición de equipos y realizar mantenimientos operativos.
MODERNIZACIÓN DEL LABORATORIO DE LA PLANTA		<p>Es recomendable la adquisición de los siguientes equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Equipo de absorción atómica, para la lectura de metales. ✓ Generador de hidruros y analizador de Mercurio. ✓ Analizador de Carbono Orgánico Total. ✓ Cromatógrafo de gases. ✓ Cromatógrafo Líquido de Alta Resolución HPLC. ✓ Cromatógrafo Iónico. <p>Se recomienda que el laboratorio participe en la inter-calibración que realiza el Instituto de Meteorología, Hidrología y Estudios Ambientales IDEAM, y presente las pruebas correspondientes para asegurar así la confiabilidad para la determinación dicho metal.</p> <p>Realización del proceso de acreditación del laboratorio, bajo los lineamientos de la misma.</p>

PROCESO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
MODERNIZACIÓN SUBESTACIONES ELÉCTRICAS	1) Suministro energía Sub estación Uno	<p>Diseñar, suministrar e instalar de forma total los equipos y elementos de la Subestación 1 (Transformadores con menos pérdidas en el hierro y en el cobre), interruptores con mayor potencia de cortocircuito, protecciones más actualizadas; manteniendo el nivel de tensión (34.5kV), y cambiando las celdas para el sistema de 34.5 KV y 4160V. A continuación se mencionan algunos de los equipos y elementos a instalar en cada una de las subestaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Interruptores de potencia ✓ Cuatro (4) Transformadores de potencia monofásicos de 4MVA, 34500/4160V. ✓ Transformadores de corriente y potencial, medida y registro (Analizadores de redes) ✓ Seccionadores ✓ Y las correspondientes protecciones para estos equipos
	2) Suministro energía Sub estación Dos	<p>Diseñar, suministrar e instalar de forma total los equipos y elementos de la Subestación 2 (Transformadores con menos pérdidas en el hierro y en el cobre), interruptores con mayor potencia de cortocircuito, protecciones más actualizadas; manteniendo el nivel de tensión (34.5kV), y cambiando las celdas para el sistema de 34.5 KV y 4160V. A continuación se mencionan algunos de los equipos y elementos a instalar en cada una de las subestaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Interruptores de potencia ✓ Cuatro (4) Transformadores de potencia monofásicos de 4MVA, 34500/4160V. ✓ Transformadores de corriente y potencial, medida y registro (Analizadores de redes) ✓ Seccionadores y las correspondientes protecciones para estos equipos <p>Obras de protección geotécnica:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Protección de talud con sistema biótico, terrazo del talud cada 4 m de altura con bermas de 0,30 m, fajinas de matorral, recubrimiento del talud con biomanto sujeto con estacas de madera. Subestación No. 2. ✓ Protección del talud con sistema físico con biomalla anclada con pernos de anclaje, Subestación No. 2. ✓ Drenes horizontales de 10 m. Subestación No. 2. ✓ Recubrimiento del talud con malla electrosoldada Q5 y concreto lanzado e=0,10 cm. Subestación No. 2. ✓ Anclajes activos de 12 m. Subestación No. 2.

PROCESO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
	3) Suministro energía Sub estación Tres	<p>Diseñar, suministrar e instalar de forma total los equipos y elementos de la Subestación 3 (Transformadores con menos pérdidas en el hierro y en el cobre), interruptores con mayor potencia de cortocircuito, protecciones más actualizadas; manteniendo el nivel de tensión (34.5kV), y cambiando las celdas para el sistema de 34.5 KV y 4160V. A continuación se mencionan algunos de los equipos y elementos a instalar en cada una de las subestaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Interruptores de potencia ✓ Cuatro (4) Transformadores de potencia monofásicos de 4MVA, 34500/4160V. ✓ Transformadores de corriente y potencial, medida y registro (Analizadores de redes) ✓ Seccionadores y las correspondientes protecciones para estos equipos
REHABILITACIÓN EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fabricación, suministro e instalación de las obras de rehabilitación de las tuberías de descarga de las unidades de bombeo de la Estación de bombeo No. 3 ✓ Fabricación, suministro e instalación de las obras rehabilitación de la tubería de conducción de la Estación de bombeo No. 4. ✓ Fabricación, suministro e instalación del sistema contraincendios de las edificaciones que componen la planta de tratamiento y de extracción de gases de la zona de filtros. ✓ Fabricación, suministro e instalación del sistema de aislamiento de los tableros eléctricos ubicados en Cal, implementando método de presión positiva. ✓ Fabricación, suministro e instalación de los sistemas de protección contra descargas eléctricas, incluyendo DPS'S de baja tensión, con el fin de dar cumplimiento a las normas. ✓ Fabricación, suministro e instalación de una subestación de 30kVA, 34500/480VAC, y sus respectivas protecciones. ✓ Fabricación, suministro e instalación del sistema de alumbrados internos y externos a nueva norma RETILAP de los alumbrados internos y externos de la planta Tibitoc, con el fin de dar cumplimiento a las normas. ✓ Fabricación, suministro e instalación del sistema de rejillas para la actualización del sistema de la malla móvil existente en la estación de bombeo No. 1. ✓ Fabricación, suministro e instalación de tubería de descarga de cada una de las unidades de bombeo hacia la cámara de admisión. ✓ Fabricación, suministro y adecuación de las estructuras de las estaciones de bombeo. ✓ Fabricación, suministro e instalación de la línea a 4160V que va desde Estación de Bombeo 1 a las bocatomas Norte y Norte Nueva, con el fin de actualizar la existente

PROCESO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
		<ul style="list-style-type: none">✓ Fabricación, suministro e instalación de una nueva línea 34.5KV entre la subestación #3 y la subestación #2, con el fin de completar el anillo a 34.5kV al interior de la planta. Incluyendo equipos de patio y celdas correspondientes.✓ Fabricación, suministro e instalación de línea a 34,5kV (desde punto físico determinado por Codensa a S/E 4).✓ Fabricación, suministro e instalación de una línea a 34.5kV desde la línea Malterías hasta Bocatoma.

4.2.3 Listado de planos

La Consultoría presenta un total desarrollado de ciento dos (102) planos, los cuales se listan a continuación con su respectiva numeración y contenido.

CONTENIDO DE LOS PLANOS

01, PLANOS GENERALES

IN-102-GEN-001	LOCALIZACIÓN GENERAL ESC: 1:100.000
IN-102-GEN-002	LOCALIZACIÓN GENERAL ESC: 1:10.000
IN-102-GEN-003	LOCALIZACIÓN GENERAL ESC: 1:2.500

02, PLANOS TOPOGRÁFICOS

IN-102-TOP-001	LOCALIZACIÓN GENERAL PLANOS TOPOGRÁFICOS
IN-102-TOP-002	GEORREFERENCIACIÓN COMPUERTA EL ESPINO
IN-102-TOP-003	GEORREFERENCIACIÓN ESTACIÓN DE BOMBEO 4 BAJO TEUSACÁ COMPUERTA TIPO CHAPAleta
IN-102-TOP-004	GEORREFERENCIACIÓN BOCATOMAS NORTE NUEVA Y ANTIGUA
IN-102-TOP-005	GEORREFERENCIACIÓN BOCATOMA SUR Y ESTACIÓN DE BOMBEO 2
IN-102-TOP-006	GEORREFERENCIACIÓN ESTACIÓN DE BOMBEO 1 Y SUBESTACIÓN ELÉCTRICA
IN-102-TOP-007	GEORREFERENCIACIÓN CANAL DE ADMISIÓN Y PULPO
IN-102-TOP-008	GEORREFERENCIACIÓN EDIFICIO DE FILTROS Y TANQUE DE ALMACENAMIENTO
IN-102-TOP-009	GEORREFERENCIACIÓN PLANTA GENERAL LAGUNA DE LODOS
IN-102-TOP-010	GEORREFERENCIACIÓN CANALETA PARSHALL, VERTEDERO, ENTREGA RÍO BOGOTÁ LAGUNA DE LODOS
IN-102-TOP-011	BATIMETRÍA RÍO BOGOTÁ ENTREGA LAGUNA DE LODOS
IN-102-TOP-012	SECCIONES CANAL DE DRENAJE BAJO TEUSACA
IN-102-TOP-013	PLANOS TOPOGRÁFICOS PLANTA PERFIL TUBERÍA Y CANAL DE DRENAJE BAJO TEUSACA
IN-102-TOP-014	PLANOS TOPOGRÁFICOS PLANTA PERFIL TUBERÍA Y CANAL DE DRENAJE BAJO TEUSACA

03, PLANOS GEOTECNIA

IN-102-GEO-001	EXPLORACIÓN DE GEOTECNIA UBICACIÓN DE SONDEOS LAGUNA DE LODOS
IN-102-GEO-002	EXPLORACIÓN DE GEOTECNIA UBICACIÓN DE SONDEOS SUBESTACIÓN ELÉCTRICA
IN-102-GEO-003	TALUD EN ROCA DE LA PTAP DE TIBITOC CON LAS OBRAS DE CONTROL GEOTÉCNICO PLANTEADAS

04, LOCALIZACIÓN GENERAL OBRAS DE OPTIMIZACIÓN

IN-102-OPT-001	LOCALIZACIÓN GENERAL OPTIMIZACIÓN DE TRATAMIENTO DE AGUA OPTIMIZACIÓN LAGUNA DE LODOS
IN-102-OPT-002	LOCALIZACIÓN GENERAL ETAPAS DE OBRAS DE OPTIMIZACIÓN Y MODERNIZACIÓN
IN-102-OPT-003	OPTIMIZACIÓN DE TRATAMIENTO DE AGUA PROPUESTAS ESTACIONES DE MONITOREO CALIDAD DE AGUA

05, DISEÑO HIDRÁULICO BÁSICO

IN-102-HID-001	LOCALIZACIÓN GENERAL OBRAS DE REHABILITACIÓN SISTEMA DE AIREACIÓN Y EYECTORES
IN-102-HID-002	PLANTA GENERAL DOSIFICADORES DE QUÍMICOS CARBÓN ACTIVADO, PAC, CLORO O PERMANGANATO

IN-102-HID-003	PLANTA DE TRATAMIENTO DOSIFICADORES QUÍMICOS CARBÓN ACTIVADO Y PAC
IN-102-HID-004	OBRAS REHABILITACIÓN SEDIMENTACIÓN PLANTA A-A' SOBRE PASARELAS CORTES A-A' Y B-B'
IN-102-HID-005	OBRAS REHABILITACIÓN SEDIMENTACIÓN PLANTA B SOBRE CANALETAS DE RECOLECCIÓN CORTES C-C' AL G-G'
IN-102-HID-006	OBRAS REHABILITACIÓN SEDIMENTACIÓN PLANTA C SOBRE MÓDULOS DE SEDIMENTACIÓN CORTES H-H' - K-K' DETALLES PANEL Y CANALETA
IN-102-HID-007	OBRAS REHABILITACIÓN SEDIMENTACIÓN PLANTA D SOBRE FONDO SEDIMENTADORES DETALLES 1 AL 5
IN-102-HID-008	OBRAS REHABILITACIÓN SEDIMENTACIÓN PLANTA DE TUBERÍA DE LODOS PROYECTADOS Y EXISTENTES
IN-102-HID-009	OPTIMIZACIÓN LAGUNA DE LODOS LOCALIZACIÓN PTAP TIBITOC PLANTA GENERAL DIQUES, LAGUNAS Y MÓDULOS
IN-102-HID-010	OPTIMIZACIÓN LAGUNA DE LODOS PLANTA GENERAL ETAPAS 1 Y 2 DE LA OPTIMIZACIÓN
IN-102-HID-011	LAGUNA DE LODOS EXISTENTE PLANTA Y DETALLES LOCALIZACIÓN
IN-102-HID-012	OPTIMIZACIÓN LAGUNA DE LODOS DETALLES GENERALES TIPOS DE DIQUES, SUBDRENES CANALES DE CONDUCCIÓN DE LODOS Y LIXIVIADOS
IN-102-HID-013	OPTIMIZACIÓN LAGUNA DE LODOS EXISTENTE PLANTA Y DETALLES DET-007 ESTRUCTURA ENTREGA DE AGUA PARA REUSO EN LA PTAP
IN-102-HID-014	OPTIMIZACIÓN LAGUNA DE LODOS EXISTENTE PLANTA Y DETALLES DET-009 ESTRUCTURA DE CONTROL Y CARCAMO DE BOMBEO DE AGUA LIXIVIADA 1 DE 2
IN-102-HID-015	OPTIMIZACIÓN LAGUNA DE LODOS EXISTENTE PLANTA Y DETALLES DET-009 ESTRUCTURA DE CONTROL 2 DE 2, DET-008 EMPATE TUBERÍA CANAL Y DET-020 VÁLVULA PARA USO TANQUE DE FILTROS
IN-102-HID-016	OPTIMIZACIÓN LAGUNA DE LODOS PLANTA Y DETALLES DET-010 ENTRADA LAGUNA DE LIXIVIADOS
IN-102-HID-017	OPTIMIZACIÓN LAGUNA DE LODOS PLANTA Y DETALLES DET-011 ESTRUCTURA DE ENTRADA A MÓDULO 1
IN-102-HID-018	OPTIMIZACIÓN LAGUNA DE LODOS PLANTA Y DETALLES DET-012, DET-013, DET-014 ESTRUCTURA DE ENTRADA A MÓDULOS 2-3-PROVISIONAL
IN-102-HID-019	OPTIMIZACIÓN LAGUNA DE LODOS PLANTA Y DETALLES DET-015 ESTRUCTURA DE RECOLECCIÓN DE LIXIVIADOS
IN-102-HID-020	OPTIMIZACIÓN LAGUNA DE LODOS PLANTA Y DETALLES DET-016 ESTRUCTURA DE TRANSPORTE DE LIXIVIADOS
IN-102-HID-021	OPTIMIZACIÓN LAGUNA DE LODOS PLANTA Y DETALLES DET-017 ESTRUCTURA DE SALIDA Y CONTROL DE MÓDULOS
IN-102-HID-022	OPTIMIZACIÓN LAGUNA DE LODOS PLANTA Y DETALLES DET-018 ESTRUCTURA DE ENTREGA DE CANAL A LAGUNA
IN-102-HID-023	OPTIMIZACIÓN LAGUNA DE LODOS PLANTA Y DETALLES DET-019 ESTRUCTURA DE ENTREGA AL RÍO BOGOTÁ
IN-102-HID-024	OPTIMIZACIÓN LAGUNA DE LODOS ETAPA 1, TRAMO Y DETALLES SISTEMA DE REUSO
IN-102-HID-025	URBANIZACIÓN LOCALIZACIÓN GENERAL PLANTA PERFIL
IN-102-HID-026	PTAR URBANIZACIÓN DETALLES POZO DE SUCCIÓN - LECHOS DE SECADO

06, PLANOS PERFIL HIDRÁULICO

IN-102-PHD-001	PERFIL HIDRÁULICO - DE CANAL RÍO BOGOTÁ A A ESTACIÓN DE BOMBEO 1
IN-102-PHD-002	PERFIL HIDRÁULICO - DE ESTACIÓN DE BOMBEO 1 A CANAL DE ADMISIÓN
IN-102-PHD-003	PERFIL HIDRÁULICO - DE CANAL DE ADMISIÓN A SEDIMENTADOR 4
IN-102-PHD-004	PERFIL HIDRÁULICO - DE SEDIMENTADOR 4 A FILTROS - GALERÍA DE CONDUCTOS
IN-102-PHD-005	PERFIL HIDRÁULICO - DE FILTROS: CONDUCTO DE AGUA SEDIMENTADA A TUBERÍA DE SALIDA A USAQUÉN Ø48"

07, DISEÑO BÁSICO REDES

ALCANTARILLADO PLUVIAL

IN-102-PLV-001	LOCALIZACIÓN GENERAL REDES DE ALCANTARILLADO PLUVIAL
IN-102-PLV-002	LOCALIZACIÓN GENERAL REDES DE ALCANTARILLADO
IN-102-PLV-003	LOCALIZACIÓN GENERAL REDES DE ALCANTARILLADO
IN-102-PLV-004	LOCALIZACIÓN GENERAL REDES DE ALCANTARILLADO
IN-102-PLV-005	LOCALIZACIÓN GENERAL REDES DE ALCANTARILLADO

08, DISEÑO BÁSICO REDES ALCANTARILLADO SANITARIO

IN-102-SAN-001	LOCALIZACIÓN GENERAL REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO
IN-102-SAN-002	LOCALIZACIÓN GENERAL REDES DE ALCANTARILLADO
IN-102-SAN-003	LOCALIZACIÓN GENERAL REDES DE ALCANTARILLADO
IN-102-SAN-004	LOCALIZACIÓN GENERAL REDES DE ALCANTARILLADO

09, DISEÑO BÁSICO REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL

IN-102-EST-001	PLANOS ESTRUCTURALES ESTACIÓN DE BOMBEO 1 PERFIL Y CORTES
IN-102-EST-002	DETALLES REFUERZO ESTRUCTURAL EXISTENTE ESTACIÓN DE BOMBEO 1 DETALLES GENERALES
IN-102-EST-003	PLANOS ESTRUCTURALES ESTACIÓN DE BOMBEO 2 PERFIL Y CORTES
IN-102-EST-004	PLANOS ESTRUCTURALES ESTACIÓN DE BOMBEO 2 DETALLES GENERALES
IN-102-EST-005	PLANOS ESTRUCTURALES ESTACIÓN DE BOMBEO 3 FORMALETAS PLANTAS Y CORTES
IN-102-EST-006	PLANOS ESTRUCTURALES ESTACIÓN DE BOMBEO 3 REFUERZO CORTES Y DETALLES ESTRUCTURAL - SEDIMENTADORES REFUERZOS HORIZONTALES, CUADRO DE VIGAS, DETALLES Y NOTAS GENERALES
IN-102-EST-007	ESTRUCTURAL - SEDIMENTADORES CORTES 1-1 Y 1'-1' REFUERZOS Y FORMALETA
IN-102-EST-008	ESTRUCTURAL - SEDIMENTADORES ZONA DEL CANAL REFUERZOS Y FORMALETA
IN-102-EST-009	ESTRUCTURAL - SEDIMENTADORES CORTES DEL 2-2 AL 5-5 Y 8-8, DETALLES, REFUERZOS Y FORMALETA
IN-102-EST-010	ESTRUCTURAL - SEDIMENTADORES MURO PERFORADO Y VENTANAS A SELLAR REFUERZOS Y FORMALETA
IN-102-EST-011	ESTRUCTURAL - SEDIMENTADORES CORTES 6-6 Y 7-7, CANTIDADES, REFUERZOS Y FORMALETA
IN-102-EST-012	PLANOS ESTRUCTURALES TANQUES DE ALMACENAMIENTO SERVICIOS PLANTAS Y CORTES A-A, B-B Y C-C
IN-102-EST-013	PLANOS ESTRUCTURALES CUARTO DE FILTRACIÓN CORTES, DETALLES DE VENTILACIÓN Y REFUERZO
IN-102-EST-014	

10, DISEÑO MECÁNICO BÁSICO

IN-102-MEC-001	PERFIL Y CORTES BOCATOMA EL ESPINO EQUIPOS MECÁNICOS
IN-102-MEC-002	PERFIL Y CORTES BOCATOMA NORTE 1 EQUIPOS MECÁNICOS
IN-102-MEC-003	PERFIL Y CORTES BOCATOMA NORTE 2 EQUIPOS MECÁNICOS
IN-102-MEC-004	PERFIL Y CORTES BOCATOMA SUR EQUIPOS MECÁNICOS
IN-102-MEC-005	PERFIL Y CORTES ESTACIÓN DE BOMBEO 1 EQUIPOS MECÁNICOS
IN-102-MEC-006	PERFIL Y CORTES ESTACIÓN DE BOMBEO 2 EQUIPOS MECÁNICOS
IN-102-MEC-007	PERFIL Y CORTES ESTACIÓN DE BOMBEO 3 EQUIPOS MECÁNICOS
IN-102-MEC-008	PERFIL Y CORTES ESTACIÓN DE BOMBEO BAJO TEUSACÁ EQUIPOS MECÁNICOS
IN-102-MEC-009	PERFIL Y CORTES ESTACIÓN DE BOMBEO DE FILTROS A TANQUE EQUIPOS MECÁNICOS
IN-102-MEC-010	PLANTA GENERAL, PULPO DE DISTRIBUCIÓN, CANAL DE ADUCCIÓN Y FLOCULADORES 1 Y 2 EQUIPOS MECÁNICOS
IN-102-MEC-011	PLANTA, PLANTA HIDRÁULICA EQUIPOS MECÁNICOS
IN-102-MEC-012	PLANTA GENERAL LOCALIZACIÓN CAUDALÍMETROS TIPO VENTURI EQUIPOS

MECÁNICOS
IN-102-MEC-013 EQUIPOS MECÁNICOS DETALLES POZO DE SUCCIÓN - LECHOS DE SECADO PTAR
URBANIZACIÓN TIBITOC

11, DISEÑO ELÉCTRICO BÁSICO

IN-102-ELE-001 SISTEMA DE AIREACIÓN DIAGRAMA UNIFILAR
IN-102-ELE-002 SISTEMA DE AIREACIÓN DISTRIBUCIÓN Y CONEXIONADOS DE EQUIPOS ELÉCTRICOS
IN-102-ELE-003 DETALLES 1 DETALLES TÍPICOS DE ELEMENTOS Y CONEXIONADOS ELÉCTRICOS
IN-102-ELE-004 PLANOS ELÉCTRICOS NORMAS CODENSA
IN-102-ELE-005 DETALLES TÍPICOS SUBESTACIÓN ELÉCTRICA
IN-102-ELE-006 SISTEMA ELÉCTRICO 34,5 Kv Y CONEXIONADOS ELÉCTRICOS
IN-102-ELE-007 DIAGRAMA UNIFILAR TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS
IN-102-ELE-008 CONEXIONADO DE ACOMETIDAS DE FUERZA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DOMÉSTICAS
IN-102-ELE-009 RED DE MEDIA TENSIÓN, SISTEMA DE PUESTA A TIERRA Y APANTALLAMIENTO
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS
IN-102-ELE-010 ALUMBRADO INTERIOR, EXTERIOR Y TOMAS ELÉCTRICAS TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DOMÉSTICAS

12, DISEÑO BÁSICO ELECTRÓNICO Y DE AUTOMATIZACIÓN

IN-102-AUT-001 ESTACIONES DE MONITOREO CASETA TÍPICA DE MEDICIÓN CALIDAD DE AGUA
PLANTA GENERAL, P&D, DIAGRAMA UNIFILAR Y DETALLES 1, 2 Y 3
IN-102-AUT-002 P&ID Y PLANIMÉTRICO DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DOMÉSTICAS

4.2.4 Presupuesto de las Obras requeridas para la Implementación de la alternativa de Optimización Seleccionada y Estimación del porcentaje de AIU

Para la elaboración del presupuesto y de los análisis de precios unitarios respectivos de cada una las obras diseñadas se utilizó un formato elaborado por el ingeniero José Miguel Hernández Sánchez, que fue adaptado a las necesidades específicas del proyecto por INAR ASOCIADOS S.A. El formato consta de un único archivo donde se encuentra toda la base de datos de: equipos, materiales y personal utilizado en los APU's; de la misma forma, se encuentra toda la organización del presupuesto (capítulos, subcapítulos e ítems); además del análisis y conformación de cada APU.

En la Resolución No. 1227 del 27 de Diciembre del 2006, del Acueducto, se establecen los lineamientos de los porcentajes relacionados a los valores para Administración, Imprevistos y Utilidades (AIU), dependiendo del valor total del contrato, que según la resolución, aplica a valores menores a los diez mil millones de pesos y duraciones hasta 18 meses. Teniendo en cuenta que los costos directos del proyecto de Optimización de la PTAP Tibitoc superan los diez mil millones y se tiene prevista una duración de cuarenta y ocho (48) meses, el porcentaje de AIU es calculado siguiendo la metodología que considera las condiciones particulares de plazo previsto y organización requerida para la ejecución del proyecto.

El AIU calculado es del orden de 31.73%, y se ha considerado conveniente redondear el valor obtenido por la metodología antes descrita, y se adopta un AIU del 32%. El AIU adoptado para el proyecto se desglosa en los siguientes ítems.

A. IMPREVISTOS

El porcentaje general para el ítem imprevisto es la sumatoria de los respectivos porcentajes asignados a las contingencias previsible e imprevistas, cuyo resultado matemático es del 1%, el cual considera tanto Contingencias Previsibles (0.0987%) como Contingencias Imprevistas (0.9071 %)

1. Contingencias Previsibles: se dividen en Económicas y Humanas. Las Económicas comprenden, entre otros , a Demora en los Pagos, por efectos de trámites tanto de la Entidad como del Constructor, Anticipos sobre subcontratos fallidos por incumplimiento o calidad, Demora en presentación de cuentas de acuerdo al flujo de fondos previstos en su ejecución, es decir todos aquellos factores directos e indirectos que se reflejan en la liquidez del contratista.
2. Contingencias Imprevistas.: Corresponden a aspectos tales como Naturales, Económicas y Humanas. Las Naturales, son aquellas que se presentan por hechos totalmente inesperados tales como Sismos, Inundaciones, Inviernos inusuales, etc. Los Económicos son aquellos en los cuales la Entidad contratante no hace pagos por encontrarse sin el presupuesto adecuado llámese en forma transitoria o definitiva, situaciones económicas imprevistas cuando un proveedor entra en quiebra y no entrega lo adquirido o convenido y que hace parte del sistema, cuando se encuentran situaciones técnicas diferentes a las informadas por la Entidad y que es necesario modificar, entre otras. Como Humanas se encuentran entre otros aspectos enfermedades o muerte de personal directivo que su no presencia implique demoras por falta de toma de decisiones. Paros o conflictos por aspectos no propios de los trabajos, sino externos que impidan el acceso de personal, equipos y materiales a sitio de trabajo.
3. Finalmente tanto en contingencias previsible como imprevistas pueden ocurrir muchos factores que en su momento deben ser analizados para determinar su incidencia en el tema de porcentaje de imprevistos.

B. UTILIDAD

La utilidad, es el componente que constituye la ganancia que debe pagarse al ejecutor por la elaboración del proyecto, está representado por un porcentaje sobre la suma de los campos directos e indirectos del proyecto. Para hallar la utilidad se asigna un porcentaje específico, teniendo como criterio la experiencia del Consultor y de acuerdo factores como la dificultad técnica de la obra, localización de la misma, plazo en que debe ejecutarse, magnitud, entre otros. El porcentaje obtenido para la utilidad, es del 8%.

C. ADMINISTRACIÓN

El porcentaje referente a Administración, corresponde al resultante de la sustracción entre el valor total asignado de AIU y los porcentajes obtenidos de imprevistos y utilidades. El porcentaje correspondiente de administración es del orden del 23%.

4.2.5 Consolidado total de los costos requeridos para las obras de optimización de la Planta

El valor total del proyecto asciende a la suma de trescientos cuarenta y cuatro mil quinientos noventa millones de pesos colombianos, discriminados como se muestra en la Tabla No. 28, y en la Tabla No. 29 para la ejecución de las obras de optimización y modernización de la PTAP.

Tabla No. 28 Resumen de Costos Total Estimados del Proyecto (millones de \$Col – 2014)

NÚMERO	CAPÍTULO	PRECIO EN MILLONES DE PESOS
TOTAL COSTO DIRECTO DE INVERSIÓN PARA LAS OBRAS (MILL \$ COL 2014)		\$ 250.010
	IMPREVISTOS (1%)	\$ 2.500
	UTILIDAD (8%)	\$ 20.001
	ADMINISTRACIÓN (23%)	\$ 57.502
COSTO TOTAL OBRAS DEL PROYECTO		\$ 330.013
COSTO CONSULTORÍA PARA EL PROYECTO DE OPTIMIZACIÓN (MILL \$ COL 2014)		
	ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA	\$ 1.947
	ACOMPANAMIENTO OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	\$ 1.550
	INTERVENTORÍA	\$ 9.070
TOTAL COSTO CONSULTORÍA SIN IVA		\$ 12.566
	IVA(16%)	\$ 2.011
TOTAL COSTO CONSULTORÍA PARA EL PROYECTO DE OPTIMIZACIÓN		\$ 14.577
COSTO TOTAL DEL PROYECTO DE OPTIMIZACIÓN PTAP TIBITOC)		\$ 344.590

Tabla No. 29 Resumen de Costos Total Estimados del Proyecto – Dos Etapas (millones de \$Col – 2014)

NÚMERO	CAPÍTULO	OBRAS DE OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA Q total =10.5 m3/s	OBRAS DE MODERNIZACIÓN
		PRECIO EN MILLONES DE PESOS	PRECIO EN MILLONES DE PESOS
TOTAL COSTO DIRECTO DE INVERSIÓN PARA LAS OBRAS		\$ 112.693	\$ 137.317
	IMPREVISTOS (1%)	\$ 1.127	\$ 1.373
	UTILIDAD (8%)	\$ 9.015	\$ 10.985
	ADMINISTRACIÓN (23%)	\$ 25.919	\$ 31.583
COSTO OBRAS DEL PROYECTO POR ETAPAS		\$ 148.755	\$ 181.258
2, COSTO CONSULTORÍA PARA EL PROYECTO DE OPTIMIZACIÓN			
	ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA	\$ 1.947	\$ -
	ACOMPANAMIENTO OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	\$ 1.550	\$ -
	INTERVENTORÍA	\$ 6.049	\$ 3.021
TOTAL COSTO CONSULTORÍA SIN IVA		\$ 9.546	\$ 3.021
	IVA(16%)	\$ 1.527	\$ 483
TOTAL COSTO CONSULTORÍA PARA EL PROYECTO DE OPTIMIZACIÓN		\$ 11.073	\$ 3.504
COSTO TOTAL DEL PROYECTO DE OPTIMIZACIÓN ETAPAS		\$ 159.828	\$ 184.762
COSTO TOTAL DEL PROYECTO		\$	344.590

Para el cálculo y formulación de los análisis de precios unitarios (APU), la Consultoría verificó la información suministrada por proveedores, fabricantes de los materiales y suministros requeridos para la ejecución de las obras, en este sentido se llevaron a cabo las siguientes actividades:

Inicialmente se efectuó la conformación de la base de datos a partir de la información de precios procedente de la base de datos del Acueducto de Bogotá (S.A.I), Construdata y cotizaciones solicitadas a fabricantes como: Veolia, Penetron, Ferrostaal, Ecopreneur Colombia, Baird Service, Siemens, Saniaguas, entre otros.

Adicionalmente, se evaluaron y analizaron las condiciones particulares de cada ítem. Para la mayor parte de los ítems incluidos en el presupuesto se tomó su equivalente del SAI con su correspondiente APU (es decir que se tomaron los equipos, materiales y personal con sus respectivas cantidades y rendimientos), en tales casos se indica en cada ítem el código correspondiente del SAI. Los ítems que no se encuentran en la base de datos del Acueducto de Bogotá están marcados y se identifican con NO TIENE EQUIVALENTE en el campo de ITEM SAI. Algunos ítems, como los de instalaciones, puesta en marcha y obras especializadas son presentados como un valor total de cotización que fue entregado por el cotizante de los mismos.

Los documentos de soporte, los APU y las memorias de cálculo son presentados en el documento **IN-102-007-02** Volumen 3. Así como el compendio de las especificaciones técnicas particulares, definidas para el diseño básico de las obras de la alternativa seleccionada para la Optimización de la PTAP Tibitoc.

4.2.6 Plan SISOMA

El Plan SISOMA se plantea como una herramienta, para garantizar que durante el desarrollo de los contratos que se establezcan con terceros en sus actividades comerciales, de servicios y adecuaciones, etc., se logre cumplir con los requisitos para la prevención de accidentes de trabajo, enfermedades laborales de contratistas y/o subcontratistas, y la protección del medio ambiente.

Este plan debe darse a conocer a todos los posibles contratistas, desde el momento en que se presenta la propuesta económica. De manera que se convierta en una guía, medio de consulta y referencia para el cumplimiento de los requisitos aquí mencionados.

Este documento fue elaborado teniendo en cuenta la normatividad legal vigente de seguridad y salud en el trabajo, medio ambiente y las normas técnicas de servicio de la EAB-ESP, y se presenta como **Anexo No. 7**, del Volumen 3 del Producto No. 7 de la Consultoría.

4.2.7 Conclusiones

En la Resolución No. 1227 del 27 de Diciembre del 2006, del Acueducto, se establecen los lineamientos de los porcentajes relacionados a los valores para Administración, Imprevistos y Utilidades (AIU), dependiendo del valor total del contrato, que según la resolución, aplica a valores menores a los diez mil millones de pesos y duraciones hasta 18 meses. Teniendo en cuenta que los costos directos del proyecto de Optimización de la PTAP Tibitoc superan los diez mil millones y se tiene prevista una duración de cuarenta y cuatro (44) meses, el porcentaje de AIU es calculado siguiendo la metodología que considera las condiciones particulares de plazo previsto y organización requerida para la ejecución del proyecto.

El porcentaje dispuesto para el AIU, se obtiene mediante la estimación de los costos indirectos generados por el proyecto, intrínsecos a la ejecución de las obras de Optimización y que no hacen parte de los precios unitarios y en consecuencia del costo directo presupuestado para las diferentes obras y actividades que se deben desarrollar. Para el proyecto de Optimización de la PTAP de Tibitoc, y a partir del costo directo calculado en el presupuesto del proyecto, se calculó el porcentaje general para el ítem imprevisto que es la sumatoria de los respectivos porcentajes asignados a las contingencias previsibles e imprevistas, cuyo resultado matemático es del 1% correspondiente a Imprevistos, dicho valor del 1% corresponde a considerar contingencias e imprevistos tanto Contingencias Previsibles (0.0986%) y Contingencias Imprevistas (0.9069 %); La utilidad está representada por un porcentaje sobre la suma de los campos directos e indirectos del proyecto cuyo porcentaje obtenido es del 8%; y el porcentaje referente a Administración, corresponde al resultante de la sustracción entre el valor total asignado de AIU y los porcentajes obtenidos de imprevistos y utilidades. El porcentaje correspondiente de administración es del orden del 23%. Lo anterior, para conformar el 32% total para AIU del proyecto de Tibitoc.

El valor total correspondiente a los costos del proyecto asciende a la suma de trescientos cuarenta y cuatro mil quinientos noventa millones de pesos colombianos, discriminados como en las obras de optimización y modernización.

4.3 PRODUCTO No. 8.1 CAPACIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE TIBITOC, ANTES Y DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

En este producto se establece la demanda propia de la planta en las condiciones actuales y una vez implementada la alternativa seleccionada, se realiza la determinación de la capacidad excedentaria de los procesos de captación, almacenamiento, aducción y producción de la planta, en condiciones actuales y considerando la alternativa seleccionada, conforme lo establecido en la Resolución CRA 608 de 2012, así como la determinación de la vida útil de la planta una vez implementada la alternativa seleccionada.

4.3.1 Compromisos de suministro de agua potable para atender la demanda de agua de la ciudad y municipios vecinos, desde la PTAP

El sistema de abastecimiento de la ciudad está dividido en 3 zonas definidas por las cuencas de abastecimiento, sistemas de tratamiento y distribución, de la siguiente forma:

- ❖ Sistema Sur: Compuesto por los embalses de Chisacá, La Regadera y la laguna Los Tunjos, las plantas de tratamiento El Dorado, Vitelma, La laguna (estas dos últimas utilizadas solo en casos de contingencia) y Yomasa (que abastece un sector alto específico), y sus correspondientes aducciones y conducciones.
- ❖ Sistema Norte: Compuesto por el embalse Agregado Norte (Sisga, Neusa y Tominé), el río Bogotá, el río Teusacá, el embalse aposentos y la planta de tratamiento Tibitoc.
- ❖ Sistema Chingaza: Compuesto por los embalses Chuza y San Rafael, Sistema de captaciones río Blanco y la planta de tratamiento Francisco Wiesner.

Los 3 sistemas abastecen a la ciudad conforme la zonificación impuesta por la EAB-ESP, de acuerdo a la infraestructura existente y la sectorización de la demanda de agua.

En cada uno de los sectores hidráulicos se lleva un registro de macromedición de los caudales consumidos en el periodo 2009 - 2013, con el cual obtuvieron los valores promedio de caudales suministrados por cada planta de tratamiento.

Tabla No. 30 Caudales promedio de planta

FUENTE DE AGUA POTABLE		CAUDAL PROMEDIO (M3/S)	%CONSUMO SECTOR
PTAP Dorado		0.39	2.70%
PTAP Tibitoc		2.12	14.86%
PTAP Wiesner		5.91	41.41%
Z. M. Wiesner - Tibitoc	Tibitoc	1.02	41.03%
	Wiesner	4.84	

4.3.2 Despacho óptimo de plantas proyectado para la operación del sistema

INGETEC generó un modelo para la gestión del recurso hídrico a nivel global para la ciudad de Bogotá y sus municipios vecinos que se surten de agua del mismo sistema, teniendo en cuenta todos los factores que en su opinión afectan el suministro, en el que se estableció que en un escenario de operación extraordinaria en el cual Tibitoc salga de funcionamiento por un periodo de 30 días, la PTAP de Wiesner no está en capacidad de suplir la totalidad de la demanda. De igual forma, en caso de falla en Wiesner, Tibitoc tampoco está en capacidad de asumir totalmente el déficit.

En el escenario de operación normal, para el periodo comprendido entre el 2015 y 2018 (periodo de operación por concesionario) el caudal requerido promedio anual para la planta Tibitoc es de 4.92 m³/s con máximos de 6.0 m³/s (durante los meses de trabajos de rehabilitación de Chingaza). En 2019 una vez entre en funcionamiento la optimización de Wiesner, los requerimientos para Tibitoc bajan a 4.05m³/s promedio.

Es de resaltar que uno de los resultados del modelo para el despacho óptimo de las plantas es que no se requiere una capacidad de tratamiento en Tibitoc que supere los 6 m³/s, e incluso este valor se requiere por las labores de mantenimiento en los túneles del sistema Chingaza.

4.3.3 Capacidad de respaldo y excedencia de la planta en las condiciones actuales y una vez implementada la alternativa de optimización seleccionada, conforme lo establecido en la resolución CRA 608 de 2012

Para la PTAP Tibitoc, la capacidad de máxima de tratamiento está limitada por la concesión del río Bogotá:

Sistema Tibitoc - Río Bogotá		
Componente	Capacidad	Limitantes a la Capacidad Máxima

	Instalada (m3/s)	CCCF	Tratabilidad	Caudal Concesionado
2.1. Captación Espino - Aducción	13.74			
2.2. PTAP Tibitoc	12.00	8.20	10.50	
2.3. Río Bogotá				8.00
2.4. Río Teusacá - Embalse Aposentos				1.50
Total Sistema	12.00	8.20	10.50	8.00
Capacidad Máxima Sistema en condiciones normales (ECA-3)	8.00			
Capacidad Máxima Sistema en condiciones críticas (ECA-1)	4.50			
Capacidad máxima del sistema	4.50 m3/s			

En cuanto a los compromisos de suministro, según el producto No. 12 de la Actualización del Plan Maestro de Abastecimiento desarrollado por INGETEC, por despacho óptimo, la planta Tibitoc, no requiere una capacidad de tratamiento superior a 6 m³/s al año 2030. Aunque normalmente los compromisos de suministro son calculados utilizando la curva de proyección de la demanda, en el caso de Tibitoc que hace parte de un gran sistema de abastecimiento que incluye varias plantas, la demanda de agua para la PTAP es regulada de acuerdo a las necesidades y conforme los lineamientos especificados en la optimización del sistema.

La capacidad de respaldo fue estimada como una capacidad instalada equivalente al 10% de la oferta, adoptando el criterio utilizado en el análisis financiero que se realizó en el PMA 2005, que se presenta a continuación, conforme con los niveles de respaldo que la EAB ha mantenido en estudios precedentes, por lo que el nivel de respaldo se ubicará en el 90% de la capacidad máxima es decir 0.8 m³/s.

De este modo, la capacidad de excedencia para la PTAP Tibitoc en condiciones normales es:

$$C_{Exc} = C_{Máx} - D_i - C_{Res}$$

$$C_{Exc} = 4.5 - 6 - 0.8 = 0 \text{ m}^3/\text{s}$$

La capacidad de excedencia actual de la Planta de Tibitoc es Nula.

4.3.4 Determinación de la vida útil de la planta después de implementada la alternativa de optimización seleccionada

Desde el punto de vista de capacidad hidráulica los componentes que tienen menor vida útil, corresponden a las tuberías de impulsión de agua cruda, sedimentadores, tanques de contacto de cloro y laguna de lodos.

Las unidades de tratamiento presentan disminución en su vida útil más por el estado del recubrimiento del concreto que por condiciones estructurales.

Considerando la construcción de la alternativa seleccionada se establecieron dos criterios para determinación de la vida útil por proceso de cada uno de los procesos, subprocesos, componentes y elementos, tal y como se presenta en la Tabla siguiente

Tabla No. 31 Vida útil componentes de la PTAP, por proceso.

PROCESO	SUB PROCESOS O COMPONENTES	CRITERIO 1					Criterio dos Elementos críticos para el funcionamiento			
		MTTO	EDAD	VIDA UTIL	VIDA REMANENTE		N° Elementos	Descripción	Cantidad	%
					Años	%				
Captación	7	9	11	26	15	59	126		76	60
Bombeo	2	10	0	15	15	100	306		263	86
Mezcla Rápida	14	9	3	16	13	85	366		349	95
Floculación Sedimentación	2	8	9	25	17	67	324		324	100
Interox y Filtración	2	8	3	13	8	63	254		254	100
Cloración	1	8	6	15	10	67	48		48	100
Salida	4	8	8	15	6	40	130		126	97
Suministro E	10	10	0	20	20	100	235		226	96
Totales							1789		1666	93

4.3.5 Conclusiones

INGETEC S.A., en desarrollo del Plan Maestro de Abastecimiento, efectuó la proyección del caudal confiable continuo de la fuente (CCCF) para la planta de Tibitoc. El análisis del estudio anterior dio como resultado caudales confiables continuos de la fuente (CCCF) sin considerar los aportes del río Teusacá desde el embalse Aposentos iguales a 7,0, 8,0 y 8,5 m³/s con volúmenes de regulación en Tominé respectivamente iguales a 200, 400 y 650 millones de metros cúbicos. Si se considera el río Teusacá los caudales confiables continuos de la fuente (CCCF) aumentarían a 8,20, 9,60 y 10,10 m³/s con volúmenes de regulación en Tominé respectivamente iguales a 200, 400 y 650 millones de metros cúbicos.

En las condiciones actuales y desde el punto de vista de capacidad hidráulica, los componentes de la PTAP que tienen menor vida útil corresponden a las tuberías de impulsión de agua cruda, sedimentadores, tanques de contacto de cloro y laguna de lodos. Las unidades de tratamiento presentan disminución en su vida útil más por el estado del recubrimiento del concreto que por condiciones estructurales.

Sobre los compromisos de suministro, según el producto No. 12 de la Actualización del Plan Maestro de Abastecimiento desarrollado por INGETEC, por despacho óptimo, la planta Tibitoc, no requiere una capacidad de tratamiento superior a 6 m³/s al año 2030. Aunque normalmente los compromisos de suministro son

calculados utilizando la curva de proyección de la demanda, en el caso de Tibitoc que hace parte de un gran sistema de abastecimiento que incluye varias plantas, la demanda de agua para la PTAP es regulada de acuerdo a las necesidades y conforme los lineamientos especificados en la optimización del sistema.

Considerando las restricciones de disponibilidad de agua y calidad de agua en la fuente, la capacidad de excedencia de la Planta de Tibitoc es nula.

4.5 PRODUCTO No. 8.2 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y DE RIESGOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE TIBITOC, CONSIDERANDO LA ALTERNATIVA DE OPTIMIZACIÓN SELECCIONADA

4.5.1 Descripción de la metodología para la realización del análisis de vulnerabilidad y riesgo

La metodología utilizada para realizar el análisis de vulnerabilidad y riesgo, en términos generales copia el modelo desarrollado y aplicado para la identificación de amenazas, determinación de la vulnerabilidad y estimación, valoración y gestión del riesgo, descrita en el numeral 2.4.1, considerando las condiciones existentes en la PTAP de Tibitoc. En el presente caso, para su aplicación, se considera en forma hipotética, las condiciones que existirían si ya se contara con las obras complementarias y la implementación de la alternativa de optimización de la PTAP seleccionada y se ajustó teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- 1) Se revisaron y ajustaron las amenazas identificadas en el producto 4, que a pesar de corresponder a factores externos, deben adaptarse a la nueva estructura de producción que involucra la alternativa seleccionada para la optimización de la Planta.
- 2) Se incluyen algunas amenazas que aunque se identificaron en el producto 4, no fueron cuantificadas en forma independiente, y que como producto de los análisis y las experiencias obtenidas en el desarrollo de ese producto, se considera importante replantear aquí. Estas amenazas tiene que ver particularmente con el manejo del sistema de concesiones de agua, enfocado desde la perspectiva de manejo que hace la Autoridad Ambiental de la cuenca alta y sus sub cuencas, pero además desde las condiciones legales de la PTAP de Tibitoc y sus posibilidades de mantener o incrementar los caudales en concesión.
- 3) Se revisan y ajustan todos los formularios relacionados con la identificación y calificación de las amenazas, ajustando los procesos sobre los que actúa cada una de las amenazas.

4.5.2 Matriz de identificación y análisis de amenazas que pueden afectar los nuevos componentes, la operación de la planta y/o la prestación del servicio de agua potable, una vez implementada la alternativa de optimización seleccionada

A. IDENTIFICACIÓN DE AMENAZAS

La matriz de identificación de amenazas se presenta en la siguiente tabla

m en	Identificación de Amenazas que pueden afectar el suministro de agua cruda (Calidad y/o Cantidad) o su procesamiento en la PTAP Tibitoc
---------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	Amenaza sobre la producción de agua en la PTAP Tibitoc	Observaciones sobre la ID de la amenaza
	1 Fenómenos físicos Naturales	
	1.2 Hidrológicos	
1	1.2.1 Sequia	Limitaciones en la oferta disponible para ser captada por la PTAP por años Niño (Diferente a la reducción de la oferta en las fuentes abastecedoras)
2	1.2.2 Erosión y/o Sedimentación	Hace referencia a la amenaza producida por sedimentos que entran como contaminantes en el agua cruda y que afectan la calidad del agua, aspecto que se manifiesta mediante la caída del Índice de Calidad de agua.
3	1.2.3 Desbordamiento	NA los eventos de este tipo que se presentaron en 2010 y 2011, identificados como eventos con probabilidad de ocurrencia cada 100 años, no vulneraron la estabilidad de la PTAP
	1.3 Sísmicos	
4	1.3.1 Fallas	NA no se encontraron fallas activas.
5	1.3.2 Sismos	Se pueden presentar efectos locales de amplificación de ondas por sismo, principalmente con efectos topográficos que generan cargas por sismo mayores a las consideradas en la Norma NSR-010. Efectos locales de amplifondas (planta principal, tuberías, dique). Se pueden presentar desprendimientos superficiales y fallas masivas potenciales.
6	1.3.3 Dispersiones Laterales	NA no hay fenómenos de este tipo
7	1.3.4 Licuación	Amenaza que puede generar daños potenciales en diques por licuación de arenas ante ocurrencia de sismo moderado. Aceleración horizontal en superficie mayor a 0.1g
	1.4 Geológico - Hidrológicos	
8	1.4.1 Avalanchas	NA no hay fenómenos de esta clase
9	1.4.2 Suelos Expansivos	No se detectaron suelos expansivos
10	1.4.3 Deslizamientos	Desplazamiento de la superficie del suelo en proximidad a la sub estación del Cerro con afectación a esa Subestación
	1.5 Incendios	
11	1.5.1 Matorrales	NA, no se identificaron amenazas de este tipo para la PTAP Tibitoc (Referidos a incendios en las proximidades de la Planta)
12	1.5.2 Bosques	NA, no se identificaron amenazas de este tipo para la PTAP Tibitoc (Referidos a incendios en las proximidades de la Planta)
13	1.5.3 Pastizales	NA, no se identificaron amenazas de este tipo para la PTAP Tibitoc (Referidos a incendios en las proximidades de la Planta)
	2 Fenómenos Ambientales	
14	Contaminación progresiva por vertimientos a las fuentes abastecedoras de la PTAP sin control ni tratamiento previo	Alteración de las condiciones fisicoquímicas que reducen la calidad del agua cruda disponible para la PTAP en niveles que afectan los costos de tratamiento y que corresponden a sustancias aportadas al agua x procesos naturales y/o antrópicos domésticos Industriales y/o Agropecuarias
15	Contaminación maxima de Mn y MO	Hace referencia a la amenaza de no poder producir agua potable en la PTAP por concentraciones de manganeso y materia orgánica por encima de 0,3 mg/L y 22 mg/L, respectivamente, y oxígeno disuelto inferiores a 2,0 mg/L. en Bajo Teusacá, que superan la capacidad de tratamiento actual de la PTAP.
16	Contaminación accidental por derrame	Hace referencia a la amenaza de no poder captar agua mientras se supera la contingencia por aporte accidental de sustancias
17	Reducción de la oferta Hídrica de las sub cuencas	Hace referencia a la amenaza de desabastecimiento de agua cruda en la PTAP como producto de la reducción de la oferta de agua por deforestación y otros fenómenos que en general se traducen en falta de manejo sostenible de la subcuenca
	3 Amenazas Operacionales. Logística e Infraestructura	

# Amenaza	Identificación de Amenazas que pueden afectar el suministro de agua cruda (Calidad y/o Cantidad) o su procesamiento en la PTAP Tibitoc	
	Amenaza sobre la producción de agua en la PTAP Tibitoc	Observaciones sobre la ID de la amenaza
18	Reacciones físicas y químicas del agua tratada sobre la infraestructura de las obras civiles en concreto.	Hace referencia a la amenaza por acción del agua sobre las estructuras que vulnera la estabilidad de las estructuras en concreto por desgaste de las capas impermeables. Es observable una pérdida superficial de la pasta del concreto en las estructuras que contienen agua, debido a las erosiones producidas por el agua tratada, dejando el agregado grueso expuesto y facilitando el que se presenten fisuras y por tanto filtraciones, que estarían afectando la vida útil de esta. Esa amenaza afecta principalmente los componentes de Filtración y tanque de retención de cloro
19	Improvisación de nuevos tratamientos en el modelo original de producción de la PTAP	Esta amenaza hace referencia a la alteración de los tratamientos convencionales de la planta en cantidad y tiempos de retención producto de la estructuración de nuevos tratamientos implementados para superar los eventos de contaminación. Esta amenaza afecta principalmente coagulación, floculación, filtración, control manganoso y cloración
20	Limitaciones normativas y de las concesiones de agua otorgadas que amenazan la disponibilidad del caudal requerido.	Amenaza de no obtener concesiones por encima de 6 m3/seg; Amenaza de no poder conservar las actuales concesiones de agua
21	Perdida de algunas economías de escala al fin de la concesión	Amenaza de incremento en los costos de producción por pérdida de economías de escala
	4. Amenazas por interferencias institucionales y otras Interferencias	
22	Amenaza a la oferta disponible para la PTAP por conflictos de uso de RRNN y SSPP que incrementan la demanda en fuentes abastecedoras de la PTAP	Esta amenaza es generada por: Incapacidad institucional para aplicar las políticas de desarrollo sostenible que buscan regular la captación de agua en las fuentes abastecedoras. Mal manejo de las Concesiones de agua que otorga la CAR en Cuenca Alta del Río Bogotá Privilegio del ordenamiento territorial al desarrollo urbano y sub urbano (vivienda e industria) Captaciones ilegales por falta de control y vigilancia de las autoridades ambientales y municipales Disminución del caudal confiable para abastecimiento de la PTAP Dominio de los intereses particulares sobre el uso de la cuenca, observable en el desarrollo agropecuario, industrial y residencial de las cuencas a Reflejada en la falta de interés e incapacidad institucional de las entidades territoriales, la autoridad ambiental, los acueductos municipales para ejercer acciones de coordinación y controles adecuados que garanticen las condiciones de calidad y cantidad de agua disponible para la PTAP.

# Amenaza	Identificación de Amenazas que pueden afectar el suministro de agua cruda (Calidad y/o Cantidad) o su procesamiento en la PTAP Tibitoc	
	Amenaza sobre la producción de agua en la PTAP Tibitoc	Observaciones sobre la ID de la amenaza
23	Amenaza sobre la calidad del agua disponible para la PTAP por vertimientos de agua sin tratamiento sobre las fuentes abastecedoras.	<p>Amenaza de contaminación progresiva de las fuentes por: Falta de vigilancia y control sobre las normas existentes Las zonas agropecuarias también contribuyen a reducir la calidad del agua disponible para la PTAP, mediante el vertimiento de agroquímicos órgano metálicos, y material del suelo que por escorrentía, llegan a las fuentes abastecedoras de la PTAP. Los usos urbanos y rurales de los municipios ubicados aguas arriba de la planta, amenazan la calidad del agua cruda disponible para la PTAP, haciendo que le tratamiento de potabilización de la PTAP sea más complejo, más costoso o imposible de realizar por alta contaminación. Privilegio del ordenamiento territorial al desarrollo urbano y sub urbano (vivienda e industria) Falta de gestión frente a las políticas, normatividad y decisiones gubernamentales que busquen garantizar calidad del agua en las fuentes abastecedoras La amenaza por contaminación se analiza en los fenómenos ambientales</p>
24	Incapacidad de garantizar la demanda de la PTAP por dependencia de terceros en el manejo de los embalses	<p>Amenaza por el manejo de la oferta hídrica por terceros que genera dependencia sobre la disponibilidad de agua cruda y puede conducir al Incumplimiento de la PTAP en el suministro de los caudales demandados de agua tratada. Hace referencia a la dependencia que tiene la PTAP respecto a otras entidades para la entrega de agua de los embalses del Sisga y Tominé, que limita la cantidad y oportunidad en el suministro de agua cruda para la PTAP, requerida como caudal necesario o como fuente de dilución de las concentraciones de contaminantes del agua del río.</p>
25	Amenaza por falta de gestión institucional	<p>Amenaza la oferta en caudal y calidad y se refiere a la falta de gestión de todas las entidades que tienen alguna responsabilidad sobre la cuenca y la implementación y control sobre a las políticas, normatividad y decisiones gubernamentales que garanticen caudales y calidad del agua en las fuentes abastecedoras</p>

B. CALIFICACIÓN DE AMENAZAS

Los resultados del proceso de calificación se presentan a continuación, organizados desde la mayor hasta la menor amenaza, con el análisis correspondiente, de acuerdo con los componentes que recibirían el efecto de la amenaza, en el evento que se presente.

Clase de fenómeno	Amenaza	Componentes o Procesos afectados	Total Amenaza
4 Interferencias	Amenaza por falta de gestión institucional	Captación y Tratamiento	30
4 Interferencias	Amenaza sobre la calidad del agua disponible para la PTAP por vertimientos de agua sin tratamiento sobre las fuentes abastecedoras.	Tratamiento	24
1 Fenómenos físicos Naturales	Hidrológicos, Erosión y/o Sedimentación	Captación y Tratamiento	23
1 Fenómenos físicos Naturales	Sísmicos, Sismos	Planta Principal Tuberías, Diques Sub estación Eléctrica cerro	20
3 Problemas operacionales	Perdida economías de escala insumos	Tratamientos	18
3 Fenómenos Ambientales	Reducción de la oferta Hídrica de las sub cuencas	Captación y Tratamiento	19
4 Interferencias	Amenaza a la oferta disponible para la PTAP por conflictos de uso RECURSOS NATURALES y SERVICIOS PÚBLICOS que incrementan la demanda en fuentes abastecedoras de la PTAP	Captación	19
1 Fenómenos físicos Naturales	Geológico - Hidrológicos, Deslizamientos	Suministro de energía, Subestación Eléctrica del cerro	17
2 Fenómenos Ambientales	Contaminación progresiva por vertimientos a las fuentes abastecedoras de la PTAP sin control ni tratamiento previo	Tratamiento	15
4 Interferencias	Incapacidad de garantizar la demanda de la PTAP por dependencia de terceros en el manejo de los embalses	Captación y tratamiento	15
1 Fenómenos físicos Naturales	Hidrológicos, Sequia	Captación, Tratamiento	9
4 Problemas operacionales	Limitaciones normativas y de las concesiones de agua otorgadas que amenazan la disponibilidad del caudal requerido para tratamiento.	Captación	7
2 Fenómenos Ambientales	Contaminación accidental x derrame	Captación	6
1 Fenómenos físicos Naturales	Sísmicos, Licuación	Diques	5

4.5.3 Análisis de vulnerabilidad de la planta frente a cada una de las amenazas, una vez implementada la alternativa de optimización seleccionada

En la siguiente tabla, se registran las categorías que de acuerdo con la metodología propuesta, le corresponde a cada uno de los valores de vulnerabilidad, determinados para cada uno de los procesos de tratamiento.

Tabla No. 1 Categorización de la vulnerabilidad

Proceso / Sub Procesos	Vulnerabilidad			
	Física		Funcional	
Captación	59%	Baja	2,89	Baja
Bombeo	100%	Media	2,44	baja
Tratamiento	70%	Baja	1,85 Baja	
ST. Coagulación	59%	baja		
ST. Floculación y Sedimentación	67%	Baja		
ST. Filtración & Control Mn	80%	Baja		
ST. Cloración	67%	Baja		
Salida	49%	Baja		
Suministro de energía	100%	Baja		

De acuerdo con la tabla anterior, la totalidad de los tratamientos, y en general todos los procesos redujeron su vulnerabilidad física con la renovación de equipos y mejoramiento tecnológico de la optimización y mejoraron su vulnerabilidad funcional en buena parte debido a la reducción en las exigencias de caudal para la optimización de 10.5 m³/s a 6 m³/S.

De tal forma que la vulnerabilidad total para cada uno de los procesos queda determinado como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla No. 2 Vulnerabilidad total

Proceso / Sub Procesos	Vulnerabilidad		
	Física	Funcional	Total
Captación	Media	Baja	2
Bombeo	Media	Baja	26
Tratamiento	Baja	Baja	2
Salida	Baja		2
Suministro de energía	Baja		2

Observándose que el único valor medio de vulnerabilidad lo presenta el bombeo con una vulnerabilidad total de 26 puntos, condición que es temporal debido a que la renovación de los motores en las bombas le coloca en riesgo de parada por los requerimientos de ajuste y probabilidad de fallo que se estima pueden presentar los equipos en las etapa inicial de funcionamiento.

Los valores más altos para las amenazas se presentan por problemas de manejo de la cuenca que se asocian con la demanda sobre el recurso y los problemas ambientales que la afectan. De otra parte, se observa la reducción significativa de los valores de la vulnerabilidad y del riesgo en todos los procesos.

4.5.4 Amenazas y posibles riesgos sobre los procesos

Bajo las actuales condiciones, en que se ha seleccionado la mejor alternativa para la optimización de la Planta y cuyos resultados asumimos aquí implementados, se observa que las condiciones cambian drásticamente desapareciendo como los principales riesgos aquellos surgidos de las amenazas por la calidad de agua sobre los tratamientos de la PTAP.

En estas condiciones, como se observará en este capítulo, toman mayor importancia los conflictos de uso y los problemas de oferta hídrica, que tienen que ver externamente con las políticas de manejo de la cuenca y el territorio e internamente con el proceso de captación.

PROCESO	DESCRIPCIÓN RIESGO POSIBLE
CAPTACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Riesgo de disminución de fuentes y caudales disponibles para la captación en la PTAP Tibitoc. • Riesgo para la oferta de agua cruda que se requiere en la PTAP. • Riesgo de no captar más de 4.5 m³/s. • Riesgo de que la infraestructura física de la PTAP quede sobre dimensionada para la oferta de agua e incluso que se pierdan las nuevas inversiones si no hay un control y manejo de las fuentes con criterio sostenible y respetando la política del agua. Riesgo de limitar o impedir la captación de agua cruda en las cantidades necesarias para abastecer la demanda.
BOMBEO	<ul style="list-style-type: none"> • Riesgo de captación temporal de agua
TRATAMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> • Riesgos de desabastecimiento progresivo de agua potable desde la PTAP Tibitoc, ante la ocurrencia de eventos que desborden la capacidad optimizada de tratamiento. • Riesgo económico en la medida en que se incrementa el consumo de insumos que se traduce en un incremento en el costo del m³ de agua por mayor concentración de contaminantes. • Riesgo de incremento permanente en los costos de tratamiento. • Riesgo de elevación de costos de producción por mayor concentración de contaminantes • El Riesgo con esta amenaza es el crecimiento progresivo en el costo de producción en la PTAP • incrementar en costo del m³ de agua, por mayor concentración de contaminantes
SALIDA	<ul style="list-style-type: none"> • Riesgo de daños en las tuberías de bombeo y salida que produce la parada temporal de la PTAP. • Riesgo el suministro de energía para el bombeo de agua potable al tanque alto. • Riesgo de desestabilización en torres y postes de energía y las canalizaciones que

	transportan los circuitos de suplencia a 4160 v para las diferentes estaciones. <ul style="list-style-type: none"> Riesgo de pérdida del suministro de energía para el bombeo de agua potable al tanque alto.
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4.5.5 Escenarios de riesgo factibles en las condiciones actuales y hasta la implementación de la alternativa de optimización de la planta

Las vulnerabilidades detectadas en el producto 4 de esta Consultoría, correspondientes a las condiciones existentes antes de la optimización, irán desapareciendo en cada uno de los procesos en la medida en que se implementen las adecuaciones previstas. Consecuentemente con lo anterior, los riesgos relacionados con la calidad y cantidad de agua, establecidos en el producto 4 prevalecerán en su gran mayoría durante los próximos cinco años hasta el 2021, cuando terminan las adecuaciones de la primera etapa de la optimización.

Se consideraron, por tanto, los siguientes escenarios de riesgo factibles una vez implementada la alternativa de optimización de la Planta.

A. ESCENARIO FACTIBLE SOBRE LA CANTIDAD DE AGUA DISPONIBLE

En las condiciones de optimización, las principales amenazas detectadas sobre la cantidad del agua están relacionadas con las captaciones legales e ilegales aguas arriba de la Planta y en general sobre las condiciones de planificación manejo, control y vigilancia de la cuenca.

B. ESCENARIO FACTIBLE SOBRE LA CANTIDAD DEL AGUA CRUDA

Considerando todas las probabilidades de ocurrencia de calidad del agua incluida en el índice de calidad del agua (ICA) en el rango de 1 a 7, la Planta estará en condiciones de tratar entre 5m³/s y 7,2m³/s.

Al igual que con la cantidad de agua, en las condiciones de optimización, las principales amenazas detectadas sobre la calidad del agua están relacionadas con los vertimientos legales e ilegales aguas arriba de la Planta y en general sobre las condiciones de planificación manejo, control y vigilancia de la cuenca.

4.5.6 Identificación de riesgos posteriores a la optimización de la Planta

Del análisis de vulnerabilidad, se tiene que los riesgos posibles identificados son los siguientes:

Tabla No. 32 Identificación de riesgos posteriores a la optimización de la planta

#	Riesgos	Probabilidad de ocurrencia	Consecuencias Socio económicas
1	Amenaza sobre la eficiencia en el manejo de las economías de escala al finalizar el contrato de concesión	0,011	Elevación tarifas para usuario
2	Reducción de caudales disponibles para la captación en la PTAP Tibitoc por manejo insostenible en gestión institucional de la cuenca alta	0,018	Insatisfacción de la demanda Racionamiento

#	Riesgos	Probabilidad de ocurrencia	Consecuencias Socio económicas
3	Incremento significativo en los costos de insumos para tratamientos al aumentar concentración de contaminantes por manejo insostenible en gestión institucional de la cuenca alta	0,018	Elevación tarifas para usuario
4	Incremento en costo del m ³ de agua tratada, por mayor concentración de contaminantes generados por deforestación y erosión en la cuenca	0,014	Elevación tarifas para usuario
5	Riesgo de incremento permanente en los costos de tratamiento por los vertimientos de agua sin tratar en la cuenca	0,014	Elevación tarifas para usuario
6	Imposibilidad temporal para captar agua por daños en tuberías de bombeo durante sismos	0,012	Desabastecimiento temporal
7	Suspensión del suministro de energía para el bombeo de agua potable al tanque alto, por deslizamientos del terreno	0,012	Desabastecimiento temporal
8	Perdida de la capacidad de almacenamiento y pre sedimentación en la dársena por ocurrencia de sismo.	0,011	Desabastecimiento temporal
9	Disminución de fuentes y caudales disponibles para la captación en la PTAP Tibitoc por reducción en la oferta hídrica de las sub cuencas	0,011	Insatisfacción de la demanda Racionamiento
10	Reducción permanente del caudal demandado por debajo de 6m ³ /s por conflictos de uso de RECURSOS NATURALES en la cuenca alta.	0,011	Insatisfacción de la demanda Racionamiento
11	Riesgo de que la infraestructura física de la PTAP quede sobre dimensionada para la oferta de agua e incluso que se pierdan las nuevas inversiones si no hay un control y manejo de las fuentes con criterio sostenible y respetando la política del agua	0,011	Desabastecimiento total
12	Riesgo de elevación de costos de producción por incremento en concentración de contaminantes en agua cruda.	0,011	Elevación tarifas para usuario
13	Riesgo de daños por ocurrencia de sismo en las tuberías de bombeo y salida que produce la parada temporal de la PTAP.	0,011	Desabastecimiento temporal
14	Riesgo de desestabilización en torres y postes de energía y las canalizaciones que transportan los circuitos de suplencia a 4160 v para las diferentes estaciones por ocurrencia de sismo	0,011	Desabastecimiento temporal
15	Riesgo de pérdida del suministro de energía para el bombeo de agua potable al tanque alto por deslizamiento	0,01	Desabastecimiento temporal
16	Riesgo de no contar con la oferta suficiente para cumplir con la demanda de suministro de agua potable en un momento dado por dependencia e terceros en manejo de la oferta hídrica.	0,009	Desabastecimiento temporal
17	Riesgo de crecimiento progresivo en el costo de producción en la PTAP, por contaminación progresiva de las fuentes de agua	0,009	Elevación tarifas para usuario
18	Incremento en costo del m ³ de agua, por mayor concentración de contaminantes cuando no se hacen descargas de dilución en Tominé por dependencia de terceros en oferta hídrica.	0,009	Elevación tarifas para usuario
19	Riesgo de no poder suministrar el agua de la planta de tratamiento de Tibitoc en las cantidades requeridas por efecto de sequía o por salida de operación de Chingaza	0,005	Insatisfacción de la demanda Racionamiento
20	riesgo de incremento en costo del m ³ de agua, por mayor concentración de contaminantes en tiempos de sequía	0,005	Elevación tarifas para usuario

#	Riesgos	Probabilidad de ocurrencia	Consecuencias Socio económicas
21	Suspensión temporal de la operación de la PTAP por contaminación accidental por derrame	0,004	Desabastecimiento temporal
22	Riesgo de suspensión temporal de la operación de la PTAP por incumplimiento de requisitos normativos o limitaciones del permiso de concesión	0,004	Desabastecimiento temporal
23	Imposibilidad de captar agua durante el tiempo que tome restablecer las condiciones de operatividad de la dársena por daños en diques ante fenómenos de licuación.	0,003	Desabastecimiento temporal

4.5.7 Mapa de riesgos de la Planta considerando la alternativa de optimización seleccionada

A partir de un mapa de en el que se identifican veintitrés (23) riesgos para las condiciones de la planta con la alternativa de optimización, de los que de acuerdo con su impacto, no se detectaron riesgos agudos ni altos, en tanto que 15 fueron clasificados con un valor medio y ocho (8) en valor bajo, se busca valorar el riesgo en sus impactos y consecuencias.

A. RIESGOS MEDIOS

Entre los riesgos con impacto medio se encuentran quince (15) que generan suspensión temporal del servicio o desabastecimiento temporal que se relacionan a continuación:

- 1) Suspensión temporal de la operación de la PTAP por contaminación accidental por derrame
- 2) Imposibilidad temporal para captar agua por daños en tuberías de bombeo durante sismos
- 3) Suspensión del suministro de energía para el bombeo de agua potable al tanque alto, por deslizamientos del terreno
- 4) Pérdida de la capacidad de almacenamiento y pre sedimentación en la dársena por ocurrencia de sismo.
- 5) Riesgo de daños por ocurrencia de sismo en las tuberías de bombeo y salida que produce la parada temporal de la PTAP.
- 6) Riesgo de desestabilización en torres y postes de energía y las canalizaciones que transportan los circuitos de suplencia a 4160 v para las diferentes estaciones por ocurrencia de sismo
- 7) Riesgo de pérdida del suministro de energía para el bombeo de agua potable al tanque alto por deslizamiento
- 8) Riesgo de suspensión temporal de la operación de la PTAP por incumplimiento de requisitos normativos o limitaciones del permiso de concesión
- 9) Imposibilidad de captar agua durante el tiempo que tome restablecer las condiciones de operatividad de la dársena por daños en diques ante fenómenos de licuación.
- 10) Reducción de caudales disponibles para la captación en la PTAP Tibitoc por manejo insostenible en gestión institucional de la cuenca alta
- 11) Disminución de fuentes y caudales disponibles para la captación en la PTAP Tibitoc por reducción en la oferta hídrica de las sub cuencas
- 12) Reducción permanente del caudal demandado por debajo de 6m³/s por conflictos de uso de RECURSOS NATURALES en la cuenca alta.

- 13) Riesgo de no poder suministrar el agua de la planta de tratamiento de Tibitoc en las cantidades requeridas por efecto de sequía o por salida de operación de Chingaza
- 14) Riesgo de que la infraestructura física de la PTAP quede sobre dimensionada para la oferta de agua e incluso que se pierdan las nuevas inversiones si no hay un control y manejo de las fuentes con criterio sostenible y respetando la política del agua
- 15) Riesgo de no contar con la oferta suficiente para cumplir con la demanda de suministro de agua potable en un momento dado por dependencia e terceros en manejo de la oferta hídrica.

De los quince (15) riesgos identificados en esta categoría, los primeros nueve (9) corresponden a riesgos que tienen un manejo interno directamente desde la PTAP o la EAB y los seis restantes corresponden a riesgos cuya atención corresponde al nivel institucional con presencia y competencias en la cuenca alta.

A. RIESGOS BAJOS

Los riesgos identificados en la categoría de bajos, tienen todos como consecuencia la elevación de la tarifa para el usuario, y a excepción del 1, el 7 y el 8, tienen relación directa con los diferentes tipos de contaminación que afecta la cuenca:

- 1) Riesgo de incremento significativo en los costos de insumos para tratamientos por pérdida de la eficiencia en el manejo de las economías de escala al finalizar el contrato de concesión
- 2) Incremento significativo en los costos de insumos para tratamientos al aumentar concentración de contaminantes por manejo insostenible en gestión institucional de la cuenca alta
- 3) Incremento en costo del m³ de agua tratada, por mayor concentración de contaminantes generados por deforestación y erosión en la cuenca
- 4) Riesgo de incremento permanente en los costos de tratamiento por los vertimientos de agua sin tratar en la cuenca
- 5) Riesgo de elevación de costos de producción por incremento en concentración de contaminantes en agua cruda.
- 6) Riesgo de crecimiento progresivo en el costo de producción en la PTAP, por contaminación progresiva de las fuentes de agua
- 7) Incremento en costo del m³ de agua, por mayor concentración de contaminantes cuando no se hacen descargas de dilución en Tominé por dependencia de terceros en oferta hídrica.
- 8) Riesgo de incremento en costo del m³ de agua, por mayor concentración de contaminantes en tiempos de sequía

Solo el primer riesgo relacionado en la lista anterior, tiene un origen y manejo interno de la EAB. Sin excepción, los demás riesgos dependen de factores que tienen un manejo externo.

Para atender los riesgos identificados bajos se deben adelantar gestiones de coordinación interinstitucional en: Gestión de la política del agua, desarrollo de estrategias dirigidas al control de embalses, Vigilancia y Control protección rondas, control vertimientos, Manejo de cuencas, Manejo embalses, Control y vigilancia, Autoridad Ambiental, Gestión institucional de EAB con municipios MADS, ANLA y CAR, Gestión institucional de EAB con municipios MADS, ANLA y CAR.

Se propone como acción necesaria la gestión de la política del agua y ejercicio de inspección y control de la autoridad ambiental sobre POMCAH y la Investigación en Mejoramiento de los procesos cuya responsabilidad recae sobre la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR, pero que debe ser liderada por la EAB-ESP.

4.5.8 Conclusiones

Sobre la estructura de riesgos, se observa que los elementos aportados por la gestión del riesgo en el producto 4 y que fueron utilizados para el desarrollo de alternativas de optimización y selección de la mejor alternativa, permitieron el manejo de los riesgos existentes de una manera eficiente y eficaz, al punto que en este estudio que incluye la optimización de la PTAP, no aparecen riesgos valorados como agudos y altos, y los riesgos medios y bajos determinados y valorados, corresponden en su mayoría a situaciones que deberán gestionarse externamente a nivel interinstitucional con las entidades responsables del manejo del territorio y particularmente con la autoridad ambiental a cargo del desarrollo sostenible de la cuenca.

Debido a su origen, el desarrollo de las estrategias que se propongan para la gestión de estos riesgos, no depende exclusivamente a la EAB - ESP, pues por su naturaleza, la prevención o reducción de buena parte de ellos, está condicionada al cumplimiento de las competencias y funciones asignadas a agentes externos, en materia de la administración de los recursos naturales y el ambiente, la planificación y el ordenamiento de los usos del suelo y las acciones de asistencia técnica, monitoreo vigilancia y control en ese campo.

En estas condiciones, y partiendo del enfoque establecido por la sentencia del consejo de estado en la que se define a la Empresa de Acueducto de Bogotá EAB-ESP como parte demandada, obligada a restituir el estado de cosas a la situación del río antes de su intervención, las estrategias de gestión de riesgo asociadas con el detrimento de la calidad ambiental, no requieren formulación, sino que están establecidas dentro de la misma sentencia, tal como se presentan en el capítulo 12. Así las cosas, la EAB deberá ajustar y planear sus presupuestos para cumplir las órdenes de la corte en condiciones y tiempo allí estipuladas.

Es importante resaltar que del total de riesgos identificados (23), los riesgos que requieren manejo interno desde la planta de Tibitoc (10) en su mayoría corresponden a riesgos relacionados con fenómenos naturales impredecibles, observándose que la optimización logró reducir significativamente la vulnerabilidad de la PTAP ante las amenazas identificadas y reducir el riesgo.

Es de observar que en estos mismos análisis del estudio efectuado en el producto 4 que considera las condiciones previas existentes en la PTAP, siete de los riesgos identificados como de manejo interno de la PTAP correspondían a problemas asociados a la contaminación en las fuentes, situación que la optimización superó reduciendo la vulnerabilidad de la planta y las reducción del caudal exigido para tratar.

La gestión interinstitucional necesaria para reducir el riesgo externo, es un aspecto prioritario en el que la EAB ESP debe participar como parte demandada en cumplimiento de la sentencia del consejo de estado proferida el 28 de marzo de 2014 para garantizar la restauración ambiental de la cuenca alta y la calidad y cantidad de agua en las fuentes del recurso hídrico.

5. FASE DE ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

5.5 PRODUCTO No. 9.1 ESTADO OPERATIVO, ORGANIZACIONAL Y FUNCIONAL ACTUAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE TIBITOC

La operación de la Planta de Tibitoc será asumida por la EAB-ESP en el mes de marzo de 2018, en tal sentido, en el desarrollo del producto 9.1, se pretende cumplir con tres objetivos básicos, mientras se puedan implementar las acciones y obras correspondientes a la alternativa seleccionada:

- ✚ Establecer el Estado Operativo, Organizacional y Funcional actual de la planta de Tibitoc
- ✚ Establecer una línea base para la fase de transición para la entrega de la planta por parte de la Concesionaria de Tibitoc y el recibo por parte de la EAB-ESP, considerando aspectos operativos, administrativos, financieros y legales
- ✚ Establecer el monto de las Inversiones requeridas para la rehabilitación para que en el período de transición durante la entrega de la planta exista la posibilidad de llegar a un acuerdo entre la EAB-ESP y la Concesión, para realizar nuevas inversiones de acuerdo al plan de inversiones del contrato para los próximos 20 años, tal como lo establece la Cláusula Novena del Contrato: *“Acordar con el Concesionario que en el año quince (15) de la Concesión, si lo considera conveniente, obras adicionales a las previstas originalmente para la rehabilitación de la planta”*

5.5.1 Estrategias para la administración y operación de la planta de Tibitoc durante la devolución del sistema de producción a la EAB-ESP y la implementación del proyecto de optimización

Desde el año 1998 la Planta de Tratamiento se encuentra en concesión con la Concesionaria Tibitoc S.A. mediante el contrato 1-12-8000-356-1997, que está supervisado por la Dirección de Abastecimiento de la EAB-ESP en cabeza de la Gerencia Corporativa del Sistema Maestro.

Desde el inicio de la Consultoría, la Dirección de Abastecimiento informó que la Administración Distrital y la EAB-ESP ya habían tomado la decisión de no adicionar recursos ni prorrogar el Contrato de Concesión cuya fecha de terminación contractual es el 23 de marzo de 2018.

Bajo la premisa anterior se proponen en este capítulo las Estrategias para la Administración y Operación de la Planta durante la devolución del Sistema de Producción a la EAB-ESP y la Implementación del Proyecto de Optimización. Se proponen dos Fases:

Fase 1: Transición Concesionaria Tibitoc S. A – EAB-ESP para la entrega del Sistema de Producción

Comprende todas las actividades necesarias para la realización de la devolución de la Planta a la EAB-ESP considerando aspectos administrativos, legales, operativos, producción, mantenimiento, recursos humanos, comunicaciones, entre otros, mediante la capacitación y entrenamiento del personal que la EAB-ESP designe

para tal fin por parte de la Concesionaria Tibitoc S.A. Para garantizar que la consultoría realice un empalme adecuado con la Empresa de Acueducto, debe tener en cuenta las siguientes actividades, documentos y sistemas como mínimo.

Tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Actividades de puesta en marcha y operación de la planta ✚ Dosificación de sustancias químicas ✚ Análisis de sustancias químicas en el laboratorio ✚ Análisis de muestras de agua cruda, en proceso y tratada ✚ Procedimientos operativos de tratamiento ✚ Consignas de operación ✚ Calidad de agua tratada ✚ Coagulación ✚ Floculación ✚ Sedimentación ✚ Filtración ✚ Desinfección ✚ Estabilización ✚ Control de sabor y olor ✚ Instrumentación y control ✚ Edificio y operación ✚ Sistemas de comunicación Planta Tibitoc con el Centro de Control de Modelia.
Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Recursos financieros ✚ Hojas de vida de los equipos ✚ Programa de mantenimiento SIMO ✚ Consignas de mantenimiento ✚ Mantenimiento de los aireadores ✚ Mantenimiento de los mezcladores ✚ Mantenimiento de los floculadores ✚ Mantenimiento de los sedimentadores ✚ Mantenimiento de los filtros ✚ Mantenimiento de los dosificadores ✚ Mantenimiento de los dosificadores ✚ Mantenimiento de los Equipos de Bombeo ✚ Mantenimiento de las Subestaciones eléctricas.
Administrativo y legal	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Concesiones de agua ✚ Medición de caudal de agua cruda ✚ Permisos de vertimientos ✚ Acuerdos y normas de calidad de agua potable ✚ Productos químicos para el uso industrial ✚ Recibo de actividades relacionadas con el inventario de activos fijos, prediales y documentales ✚ Plan de inversiones
Recursos humanos	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Inducción a la planta de Tibitoc ✚ Nómina ✚ Turnos de trabajo ✚ Capacitación técnica ✚ Perfiles de cargo ✚ Exámenes ocupacionales por cargo ✚ Evaluaciones de desempeño

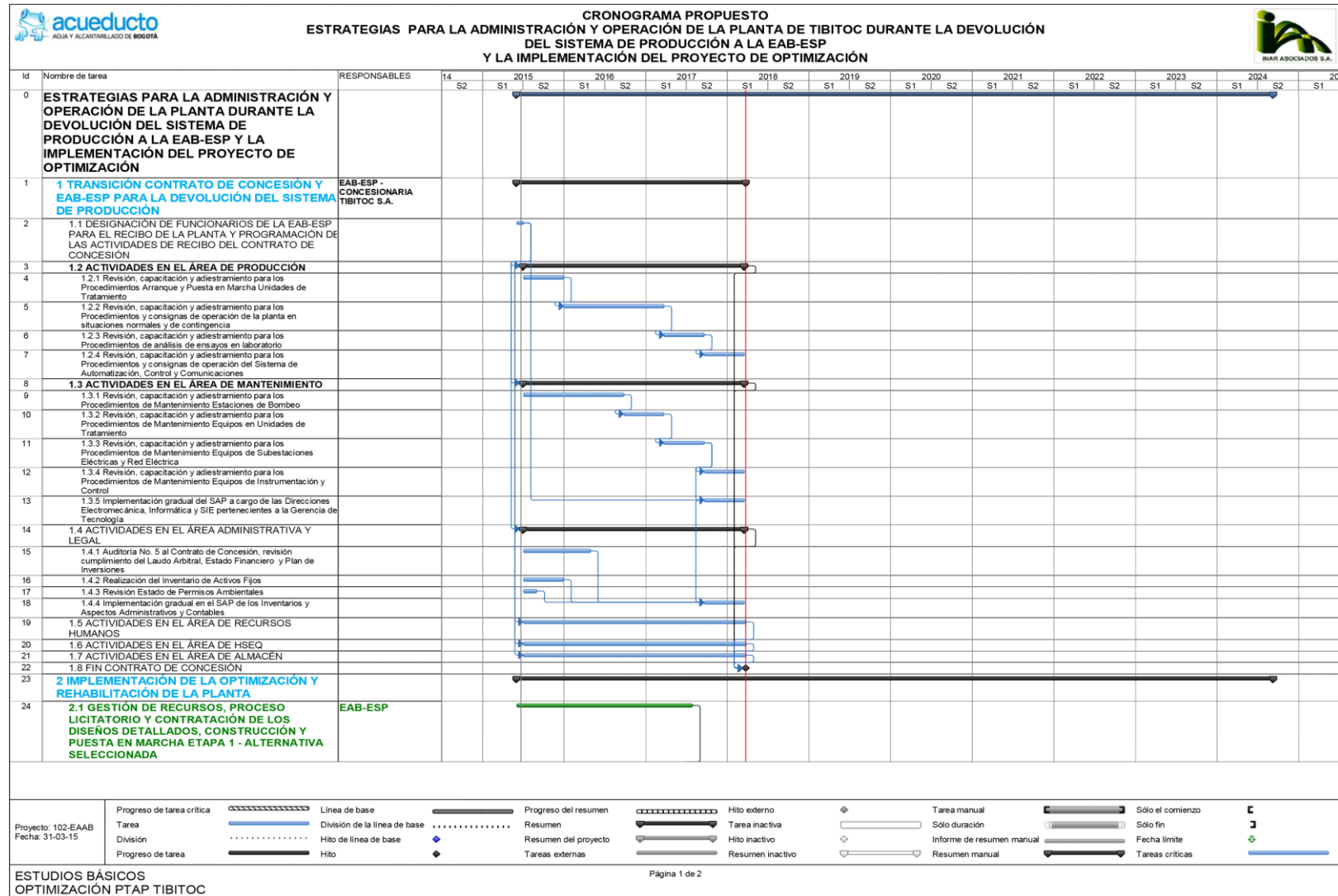
Hseq	<ul style="list-style-type: none">✚ Sistemas de gestión de calidad✚ Sistema de gestión de la salud y seguridad en el trabajo✚ Sistema de gestión del medio ambiente✚ Indicadores de gestión de calidad, salud y seguridad en el trabajo y medio ambiente✚ Panorama de riesgos profesionales✚ Matriz de elementos de protección personal por cargo✚ Matriz de capacitación en salud y seguridad en el trabajo y medio ambiente✚ Tareas de alto riesgo (altura, izaje de cargas, eléctrico, trabajos en caliente, espacios confinados)✚ Comité paritario de salud y seguridad en el trabajo COPASST
Almacén	<ul style="list-style-type: none">✚ Almacenamiento de productos químicos para el tratamiento✚ Almacenamiento de equipos y herramientas para labores de mantenimiento.✚ Entradas y salidas del almacén✚ Inventarios✚ Despachos de mercancías✚ Gestión de abastecimiento de materiales e insumos

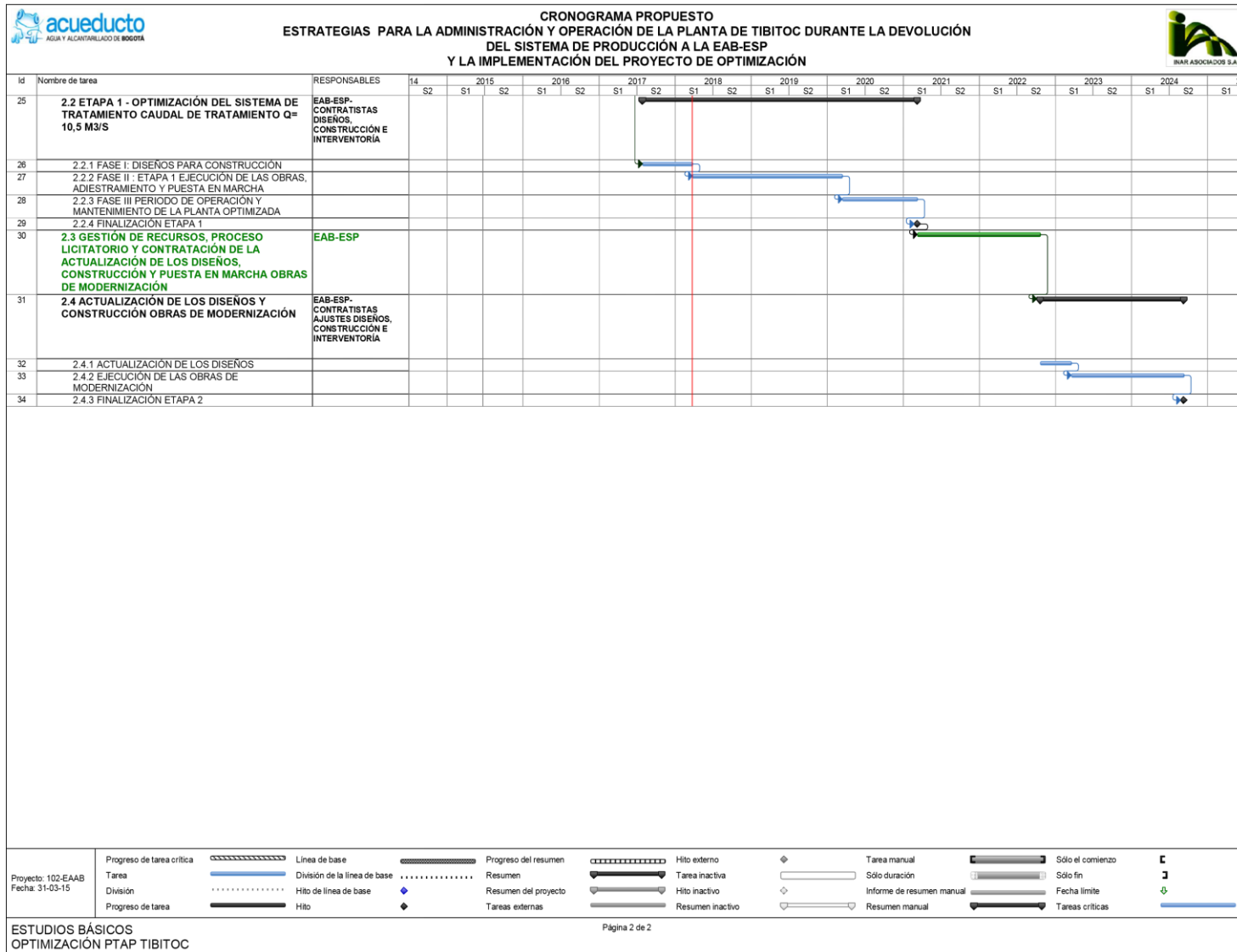
Fase 2: Fase de Implementación de las obras de rehabilitación y optimización de la Planta.

Con base en las múltiples reuniones sostenidas con la Dirección de Abastecimiento, la Dirección de Compras y Contratación de la EAB-ESP, la Consultoría y la Interventoría, en las cuales considerando aspectos técnicos, legales y contractuales se estableció que el mayor beneficio y conveniencia para la EAB-ESP es desarrollar la gestión de los recursos, adelantar un proceso de licitación pública internacional independiente para contratar los diseños de ingeniería de detalle y construcción y solo la elaboración de los diseños detallados de manera simultánea con la Fase 1 de transición, es decir desde el presente año 2015 y hasta el 23 de marzo de 2018, fecha de terminación del Contrato de Concesión.

La construcción, suministro, montaje y puesta en marcha de las obras y sistemas necesarios para la rehabilitación y optimización de la planta para garantizar un caudal continuo de 10,5 m³/s es conveniente realizarla cuando ya la EAB-ESP asuma la operación de la misma, es decir en el segundo trimestre del año 2018.

En la Figura siguiente y en el **ANEXO 2** se presenta el cronograma propuesto para las actividades de las fases descritas anteriormente.





5.5.2 Determinación de la planta de personal mínima requerida para la dirección, operación, mantenimiento y administración de la planta de tratamiento en las condiciones actuales

La complejidad tecnológica de las Estaciones de Bombeo, del tratamiento de la Planta de Tibitoc supeditada la variabilidad de la calidad de agua cruda a obligan a que existan cargos similares en la EAB-ESP a los existen actualmente por parte de la Concesionaria en las áreas de Gerencia, Producción y Mantenimiento. Las áreas administrativas, legales, contables y de recursos humanos serán manejados directamente por la Oficina Principal de la EAB-ESP en el Centro Nariño, por lo cual la planta mínima de personal se reduce de 93 a 79 funcionarios como se muestra en la Tabla siguiente:

Tabla No. 33 Comparación de la Planta de Personal Requerida para la Operación de la Planta de Tibitoc

EMPRESA	TOTAL TRABAJADORES	GERENCIAL Y ADMINISTRATIVO	MANTENIMIENTO	PRODUCCIÓN
CONCESIONARIA	93	22	31	40
EAB-ESP	79	14	29	38

5.5.3 Determinación de la nómina de personal requerida para la operación de la planta con base en la escala salarial de la EAB-ESP

El valor de nómina mensual y la cantidad de personal de producción, mantenimiento y administrativo de referencia para la Empresa en el caso de que la EAB-ESP reasuma las funciones de operación de la Planta de Tratamiento de Tibitoc, se presenta en la Tabla siguiente.

Tabla No. 34 Determinación de la Nómina para la Operación de la Planta.

CARGO EN TIBITOC	CARGO EN LA EAB-ESP	Cantidad	Turno	SALARIO	Total (SALARIO+CARGA PRESTACIONAL MENOS DEDUCCIONES SALUD Y FONDO SOLIDARIO)
DIRECTOR DE PLANTA	JEFE DE DIVISIÓN NIVEL 20	1	1	\$ 5,289,340.00	\$ 7,986,903.40
DIRECTOR HSEQ	PROFESIONAL ESPECIALIZADO NIVEL 20	1	1	\$ 5,289,340.00	\$ 7,986,903.40
JEFE DE PRODUCCIÓN	PROFESIONAL ESPECIALIZADOS 2 NIVEL 21	1	1	\$ 4,193,950.00	\$ 6,332,864.50
JEFE DE MANTENIMIENTO	PROFESIONAL ESPECIALIZADO 1 NIVEL 21	1	1	\$ 4,193,950.00	\$ 6,332,864.50
INGENIERO GESTIÓN DE MANTENIMIENTO		1	1	\$ 3,580,240.00	\$ 5,406,162.40
INGENIERO MANTENIMIENTO MECÁNICO		1	1	\$ 3,580,240.00	\$ 5,406,162.40
INGENIERO MANTENIMIENTO ELÉCTRICO		1	1	\$ 3,580,240.00	\$ 5,406,162.40
ANALISTA DE LABORATORIO	TECNÓLOGO OPERATIVO 1 NIVEL 31	2	1	\$ 2,536,850.00	\$ 8,116,017.36
OPERADOR I	TÉCNICO TRATAMIENTO DE AGUAS NIVEL 31	2	1	\$ 2,536,850.00	\$ 8,116,017.36
OPERADOR I	TÉCNICO TRATAMIENTO DE AGUAS NIVEL 31	1	2	\$ 2,536,850.00	\$ 5,050,852.49
OPERADOR I	TÉCNICO TRATAMIENTO DE AGUAS NIVEL 31	1	3	\$ 2,536,850.00	\$ 4,921,473.14
OPERADOR II	TÉCNICO TRATAMIENTO DE AGUAS NIVEL 32	4	1	\$ 2,250,450.00	\$ 14,401,192.16
OPERADOR II	TÉCNICO TRATAMIENTO DE AGUAS NIVEL 32	4	2	\$ 2,250,450.00	\$ 15,282,791.88
OPERADOR II	TÉCNICO TRATAMIENTO DE AGUAS NIVEL 32	4	3	\$ 2,250,450.00	\$ 15,168,018.93
TÉCNICOS DE MANTENIMIENTO	TECNÓLOGO OPERATIVO 3	6	1	\$ 2,536,850.00	\$ 24,351,857.36
TÉCNICOS DE MANTENIMIENTO	TECNÓLOGO OPERATIVO 3	2	2	\$ 2,536,850.00	\$ 8,288,253.62
TÉCNICOS DE MANTENIMIENTO	TECNÓLOGO OPERATIVO 3	2	3	\$ 2,536,850.00	\$ 9,290,943.58
AUXILIAR DE LABORATORIO	AUXILIAR NIVEL 50	2	1	\$ 1,261,460.00	\$ 4,050,548.06
CAPATAZ	AYUDANTE NIVEL 42	2	1	\$ 1,848,080.00	\$ 5,912,469.94
SECRETARIA DE PLANTA	SECRETARIA NIVEL 50	1	1	\$ 1,855,050.00	\$ 2,819,676.00
PASANTE SENA	PASANTE SENA NIVEL 70	5	1	\$ 644,350.00	\$ 5,105,520.00
AYUDANTE DE PRODUCCIÓN	AYUDANTE OPERATIVO NIVEL 42	7	1	\$ 1,484,080.00	\$ 16,638,020.88
AYUDANTE DE PRODUCCIÓN	AYUDANTE OPERATIVO NIVEL 42	4	2	\$ 1,484,080.00	\$ 9,617,172.32
AYUDANTE DE PRODUCCIÓN	AYUDANTE OPERATIVO NIVEL 42	4	3	\$ 1,484,080.00	\$ 10,214,143.50
CONDUCTOR DE VEHICULO PLANTA	CONDUCTOR OPERATIVO 41	2	1	\$ 1,669,950.00	\$ 5,362,209.45
OBREOS DE CUADRILLA	AYUDANTE NIVEL 52	8	1	\$ 1,009,190.00	\$ 12,928,733.09
AUXILIARES DE MANTENIMIENTO	AUXILIAR OPERATIVO NIVEL 41	3	1	\$ 1,669,590.00	\$ 8,032,401.45
AUXILIARES DE MANTENIMIENTO	AUXILIAR OPERATIVO NIVEL 41	1	2	\$ 1,669,590.00	\$ 2,783,470.71
AUXILIARES DE MANTENIMIENTO	AUXILIAR OPERATIVO NIVEL 41	1	3	\$ 1,669,590.00	\$ 3,477,053.13
AUXILIAR DE ALMACÉN		1	1	\$ 1,261,460.00	\$ 2,032,212.06
AUXILIAR DE ALMACÉN		1	2	\$ 1,261,460.00	\$ 2,119,536.63
COORDINADOR HSEQ		1	1	\$ 2,250,450.00	\$ 3,398,179.50
VALOR NÓMINA MENSUAL		\$	252,336,787.62		
VALOR MENSUAL CARGA PRESTACIONAL		\$	107,138,761.39	INCLUIDO EN LA NÓMINA MENSUAL	

5.5.4 Descripción del organigrama de la planta

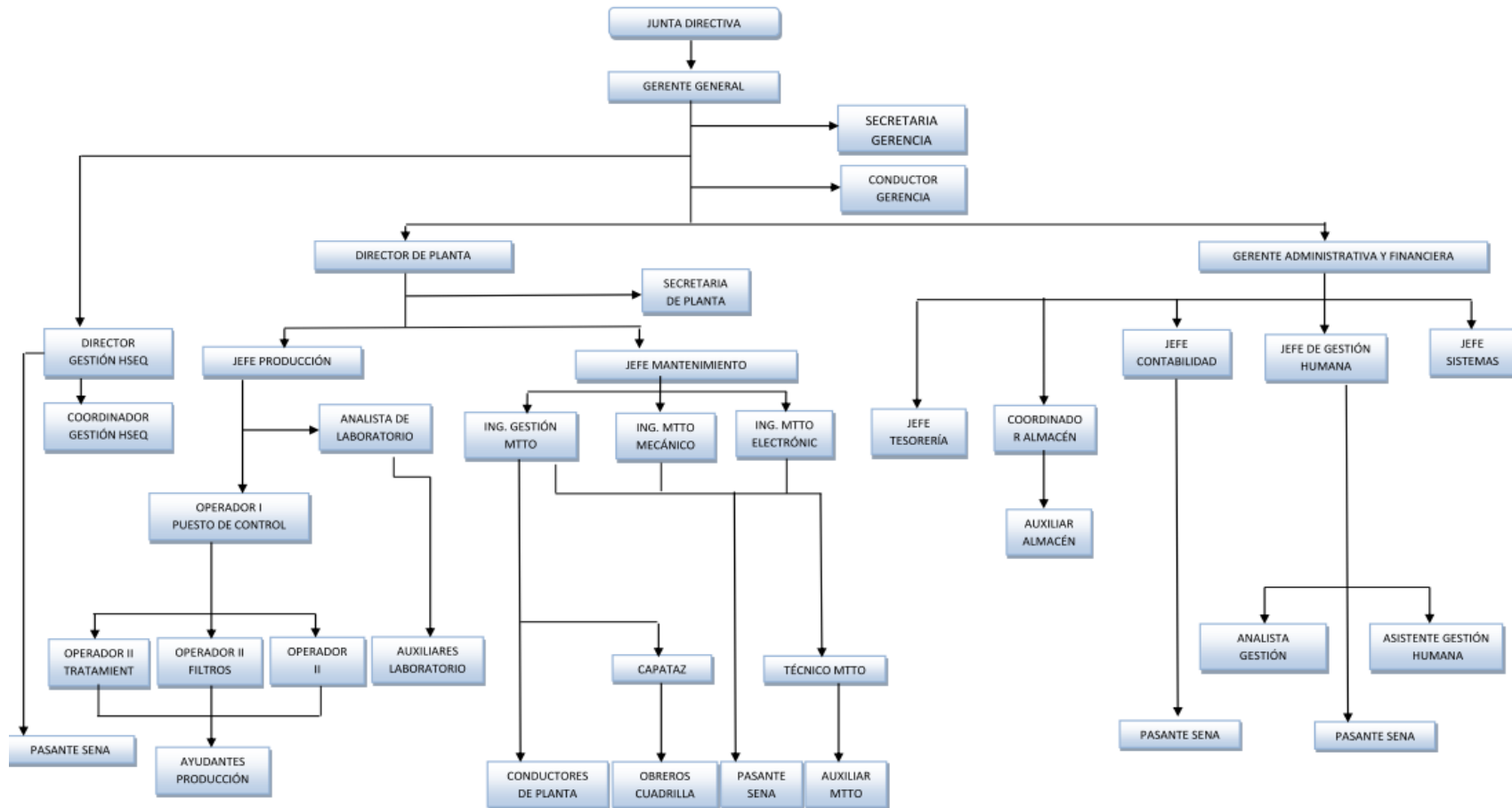
Para garantizar el funcionamiento y operación de la PTAP, la concesionaria cuenta con el siguiente personal:

- ✚ Junta Directiva y Gerencia General: Es el máximo responsable de la prestación eficiente de los servicios y la plena satisfacción de los clientes a través de la aplicación de las políticas de la concesionaria y la administración de los recursos humanos y materiales.
- ✚ Director de la Planta: Tiene a su cargo todo el manejo y operación de la Planta en los aspectos operacionales, técnicos, estructurales y administrativos.
- ✚ Dirección de Gestión HSEQ: Responsable de gestionar la implementación, mantenimiento y mejora de los sistemas de gestión de calidad, ambiental, seguridad industrial y salud ocupacional en la organización, de acuerdo con las directrices establecidas por la Gerencia General, con el fin de llevar a la organización al mejoramiento de su desempeño.

- ✚ Jefe de Producción: Responsable de todo el proceso de producción y de la calidad del agua. Dirige y es responsable por todo el personal que maneja la operación y el seguimiento de la calidad del agua. Realiza los informes diarios de calidad que se envían a la EAAB y a la Gerencia General. Diligencia el informe trimestral, con los valores de los parámetros establecidos en el contrato de concesión.
- ✚ Jefe de Mantenimiento: Responsable de dirigir y controlar el mantenimiento de la infraestructura y equipos requeridos para la operación de la planta, de acuerdo con las directrices y políticas organizacionales, para garantizar el cumplimiento de los requisitos contractuales.
- ✚ Operadores 1: Responsables de la operación de la Planta y de la calidad del agua suministrada. Coordina el trabajo de los operadores 2.
- ✚ Operador 2 de Bombas: Responsable de la etapa de bombeo de agua cruda.
- ✚ Operador 2 de Filtros: Responsable de las etapas de filtración de salida de agua tratada.
- ✚ Operadores 2 de Tratamiento: Maneja la etapa del tratamiento, desde el momento en que le agua llega al cerro hasta la desinfección y estabilización. Realiza el análisis de las muestras de control del proceso.
- ✚ Ayudantes de tratamiento: Recolectan las muestras para el control del proceso.
- ✚ Ayudantes de Filtros: Operan las válvulas de salida de agua tratada.
- ✚ Ayudante de Bombas: Es responsable del seguimiento en las bombas y de la lectura de las miras.

La Figura No. 14 presenta el Organigrama actual de la Concesionaria.

Figura No. 14. Organigrama de la Concesionaria Tibitoc.



5.5.5 Determinación de la nómina de la planta de personal del área de producción requerida para la operación de la planta con base en la escala salarial de la EAB-ESP

Para la determinación salarial de la nómina, se tomó como referencia el acuerdo número 05 de mayo 14 de 2014 (por la cual se fija el incremento salarial para los empleados públicos de la EAB-ESP).

La Concesionaria de Tibitoc, en la operación normal de planta cuenta con:

- ✓ **Turnos de trabajo:** Dos (2) turnos de trabajo, el primero inicia a las 07:00 y finaliza a las 15:00, el segundo turno inicia a las 15:00 y finaliza a las 07:00 del día siguiente.
- ✓ **Horas extras y recargos:** Para realizar el cálculo de las horas extras, se tuvo en cuenta el Código sustantivo del trabajo artículos; 158, 159, 160 “modificado por el art. 25 de la ley 789 de 2002”, 168, 179 “modificado por el art. 26, Ley 789 de 2002.”
 - ✚ HED: Hora Extra Diurna, con un recargo del 25% sobre el salario ordinario en proporción a las horas laboradas.
 - ✚ HEN: Hora Extra Nocturna, con un recargo del 75% sobre el salario ordinario en proporción a las horas laboradas.
 - ✚ RN: Recargo Nocturno, con un recargo del 35% sobre el salario ordinario en proporción a las horas laboradas.
 - ✚ RF: Recargo Festivo, con un recargo del 75% sobre el salario ordinario en proporción a las horas laboradas.
 - ✚ HEF: Hora Extra Festiva, con un recargo del 75% sobre el salario ordinario en proporción a las horas laboradas.
 - ✚ HEFN: Hora Extra Festiva Nocturna, con un recargo del 150% sobre el salario ordinario en proporción a las horas laboradas.
 - ✚ RFN: Recargo Festivo Nocturno, con un recargo del 110% sobre el salario ordinario en proporción a las horas laboradas.

En el segundo turno de lunes a viernes se contemplan dos (2) recargos nocturno, seis (6) horas extras nocturnas y una (1) hora extra diurna.

Para el sábado se contemplan dos (2) recargos nocturnos festivos, seis (6) horas extras festivas nocturnas y una (1) hora extra festiva diurna.

Para el domingo se contemplan seis (6) horas extras festivas, dos (2) horas extras festivas nocturnas, seis (6) horas extras nocturnas y una (1) hora extra diurna.
- ✓ **Salud, pensión y fondo solidario:** Para realizar el cálculo de los descuentos en cotización a salud y pensión a cargo del empleado del 4% por cada uno, se tuvo en cuenta la Ley 100 artículo 204 “modificado por el art. 10, Ley 1122 de 2007”.
- ✓ **Carga prestacional:** Se realizó un promedio del 60% sobre el salario devengado, lo cual contempla vacaciones, cesantías e interés sobre las cesantías y prima de servicios.

5.5.6 Estimación de los costos de operación y mantenimiento de la planta

A continuación se presenta la comparación de costos de operación de la planta bajo el contrato de Concesión y bajo la administración de la EAB-ESP, con las siguientes limitaciones y restricciones:

- Se ha considerado un caudal promedio de producción = demanda mínima garantizada por parte del contrato = 4.5 m³/s
- La diferencia entre los costos de producción de la Concesionaria con relación a los costos facturados corresponde al AIU estimado del orden del 32 % el cual incluye los costos de amortización de las inversiones, impuestos

Los costos de la EAB-ESP deberán adicionalmente considerar costos de:

- Asistencia técnica.
- Depreciación de vehículos.
- Seguros.
- Formación del personal.
- Dotación.
- Servicios públicos (aseo, telefonía).
- Costos de seguridad industrial.
- Costos de mantenimiento de los sistemas de gestión.
- Impuestos.

En la Tabla siguiente se resumen los costos anuales en que ha incurrido la Concesionaria para la operación y mantenimiento de la Planta, estos costos corresponden solo a la producción – No Incluyen AIU Concesionaria ni Amortización de las Inversiones ejecutadas.

Tabla No. 35 Costos Anuales de Operación y Mantenimiento de la Concesionaria (millones de \$Col – 2014)

COSTO ANUAL 2010-2014 y 2015 (PARCIAL)					
PERIODO	Costos Totales	Costo Insumos	Costo de Administración	Costos de Personal	Costos de energía
2010	\$ 25.156.584.987	\$ 8.719.438.354	\$ 1.392.532.397	\$ 2.325.598.821	\$ 12.719.015.414
2011	\$ 28.620.784.121	\$ 11.926.620.466	\$ 1.497.330.000	\$ 2.579.105.000	\$ 12.617.728.655
2012	\$ 24.710.908.770	\$ 8.653.802.037	\$ 1.622.291.935	\$ 2.452.051.323	\$ 11.982.763.475
2013	\$ 20.466.551.713	\$ 5.005.621.178	\$ 1.829.810.419	\$ 2.560.356.000	\$ 11.070.764.116
2014	\$ 32.243.440.693	\$ 8.043.111.229	\$ 1.984.195.000	\$ 2.454.227.000	\$ 19.761.907.464
2015	\$ 9.501.181.764	\$ 2.114.690.901	\$ 992.657.000	\$ 1.081.549.000	\$ 5.312.284.863
SUMA	\$ 140.699.452.047	\$ 44.463.284.165	\$ 9.318.816.751	\$ 13.452.887.144	\$ 73.464.463.987
% TOTAL	100%	32%	7%	10%	52%

Tabla No. 36 Comparación Costos Anuales de Operación y Mantenimiento de la planta entre la Concesionaria y la EAB-ESP para la Demanda Mínima de 4.5 m³/s (\$Col – 2014)

EMPRESA	COSTO	TOTAL	INSUMOS QUÍMICOS (1)	ADMINISTRACIÓN (2)	COSTOS DE PERSONAL	ENERGÍA
CONCESIONARIA	ANUAL	\$ 22.966.432.740	\$ 5.111.670.058	\$ 2.399.468.907	\$ 2.614.340.298	\$ 12.840.953.477
	%	100%	22%	10%	11%	56%
EAB-ESP	ANUAL	\$ 22,409,813,536	\$ 6,069,335,092	\$ 1,625,277,045	\$ 3,028,041,360	\$ 11,687,160,038
	%	100%	27%	7%	14%	52%

Notas:

- 80%- ECA-3 Condiciones normales de calidad de agua y 20% ECA-1 Condiciones críticas
- Los costos de Administración corresponden a la sumatoria de vigilancia, aseo, transporte, caja menor, almacén (mantenimiento y laboratorio), combustible y casino.

En la Tabla siguiente se resumen los costos de operación y mantenimiento estimados para la EAB-ESP para un caudal total de tratamiento de 10.5 m³/s una vez optimizada la Planta.

Tabla No. 37 Costos Anuales de Operación y Mantenimiento de la planta Estimados para la EAB-ESP para la Demanda Total de 10.5 m³/s (\$Col – 2014)

CAUDAL TRATAMIENTO 10.50 m³/S
 PRODUCCIÓN DIARIA 907,200.00 m³/d
 PRODUCCIÓN ANUAL 331,128,000.00 m³/AÑO

COSTO	TOTAL	INSUMOS QUÍMICOS (1)	ADMINISTRACIÓN (2)	COSTO PRODUCCIÓN AGUA PARA CONSUMO INTERNO	COSTOS DE PERSONAL	ENERGÍA
DIA	\$ 128,014,279	\$ 34,222,836	\$ 4,514,658	\$ 5,115,447	\$ 8,411,226	\$ 75,750,111.36
MES	\$ 3,840,428,365	\$ 1,026,685,087	\$ 135,439,754	\$ 153,463,404	\$ 252,336,780	\$ 2,272,503,341
AÑO	\$ 46,085,140,376	\$ 12,320,221,039	\$ 1,625,277,045	\$ 1,841,560,842	\$ 3,028,041,360	\$ 27,270,040,090
% DEL TOTAL	100%	27%	4%	4%	7%	59%

Notas:

- 80%- ECA-3 Condiciones normales de calidad de agua y 20% ECA-1 Condiciones críticas

2 Los costos de Administración corresponden a la sumatoria de vigilancia, aseo, transporte, caja menor, almacén (mantenimiento y laboratorio), combustible y casino.

5.5.7 Procedimientos y manuales operativos

La Concesionaria Tibitoc cuenta con procedimientos operativos como consignas de operación de producción y mantenimiento. Dentro de cada uno de ellos se describen los procedimientos a seguir en condiciones normales y de emergencia, en caso que sean necesarias.

La Concesionaria Tibitoc cuenta con procedimientos operativos, control de procesos, inicio de bomba, sistema de cloración y plan de emergencias entre otros. Dentro de cada uno de ellos se describen los procedimientos a seguir en condiciones normales y de emergencia, en caso que sean necesarias.

5.5.8 Programa de procedimiento ambiental para la disposición de residuos

La planta de Tibitoc, cuenta con programa de gestión de residuos **PRC 15 Gestión de residuos**, el cual describe las actividades básicas para la correcta gestión de los residuos derivados de las diferentes labores de la organización, generación separación en la fuente, almacenamiento, presentación para eliminación y control de movimiento.

La disposición de residuos se realiza de la siguiente manera:

- ✚ Para los Residuos peligrosos se realiza la disposición con la empresa Co-Procesamiento Ltda., HOLCIN.
- ✚ Para los Residuos de basuras ordinarias o convencionales, se realiza la disposición con la Empresa De Servicios Públicos De Tocancipá.
- ✚ Los residuos orgánicos generados en el casino, son dispuestos por la empresa IBICOL Ltda.
- ✚ Las baterías para vehículos y bancos de emergencia eléctrica, son dispuestas por el mismo proveedor a quien son compradas, Baterías Mac.
- ✚ Los residuos generados en laboratorio como; mercurio, cianuro y químicos vencidos son dispuestos por la empresa SINTHYA QUÍMICA Ltda.
- ✚ La disposición de luminarias fluorescentes se realiza con la empresa HAVELLS SYLVANIA Colombia S.A.
- ✚ La disposición de aceites usados se realiza con la empresa ECOLCIN S.A.S.

La concesionaria Tibitoc cuenta con programas de seguimiento a los recursos, cuidado del agua, gestión de residuos y eficiencia energética donde se establecen metas e indicadores de gestión:

- ✓ Programa de uso responsable de recursos 2013-2014, elaborado el 04-08-13 versión 1.0: Disminuir el consumo de papel, e hidrocarburos respecto a cifras de 2012, sustituir el uso de productos químicos peligrosos; uno (1) en producción – laboratorio
- ✓ Programa cuidando el agua 2013-2014, elaborado el 04-08-13 versión 1.0: Consumo interno de agua \leq 4% (medido con canaletas parshall), cero afectaciones en la prestación del servicio, originadas por emergencias ambientales sobre el recurso de agua dentro de la planta.

- ✓ Programa gestionando nuestros residuos 2013-2014, elaborado el 04-08-13 versión 1.0: Disminuir la cantidad de residuos generados, con respecto a cifras de 2012 en los residuos que se puedan gestionar.
- ✓ Programa de eficiencia energética 2013-2014 elaborado el 04-08-13 versión 1.0: Consumo unitario de energía ≤ 0.365 Kw-h/m³, Energía reactiva generada $\leq 0.4\%$ del total de energía activa consumida, uso eficiente de estaciones de bombeo 40% de uso de EB1 y 60% de uso de EB2.

5.5.9 Elaboración y/o actualización de la hoja de vida de cada equipo existente

La Consultoría elaboró en Excel las hojas de vida de los equipos, cuya información consignada fue obtenida a partir de las visitas técnicas de los expertos mecánicos, realizadas en el transcurso de las labores de la Consultoría. Los datos obtenidos de Sistema Integrado de Mantenimiento y Operación (SIMO), fueron útiles en la verificación de los registros de mantenimiento realizados por el concesionario TIBITOC en el tiempo de la concesión.

El formato propuesto, está subdividido en 4 partes, que a criterio de la consultoría describen en su totalidad las características básicas, estado, mantenimiento y operación del equipo en los años de la concesión:

- 1 Descripción del subsistema
- 2 Componentes
- 3 Registro fotográfico
- 4 Mantenimiento y observaciones

Se recomienda que durante la etapa transición de entrega de operación de la Planta por parte de la Concesionaria a la EAB-ESP se realice una Actualización del Inventario de Activos Fijos, se actualicen las hojas de los equipos elaboradas por la Consultoría y se unifiquen los sistemas de las áreas de Almacén y Mantenimiento en un sistema compatible con el sistema SAP.

5.5.10 Conclusiones

La consultoría propuso que se efectuara una visita a la Planta por parte de los funcionarios de la EAB-ESP y de la interventoría, con el fin de conocer el programa de Gestión de la Concesionaria llamado SIMO. Dicha reunión se llevó a cabo el día 19 de noviembre de 2014, donde se pudo evidenciar los aspectos más relevantes del programa como lo es la generación de órdenes de trabajo y estado de los mantenimientos, sin embargo se evidenció que las hojas de vida de los equipos, no se encuentran cargadas dentro del programa y que debe realizarse la unificación de bases de datos o exportar archivos compatibles con el sistema SAP de la EAB.

Se recomienda que durante la etapa transición de entrega de operación de la Planta por parte de la Concesionaria a la EAB-ESP se realice una Actualización del Inventario de Activos Fijos (Según la información suministrada ya se inició el levantamiento de la información correspondiente) se

actualicen las de los equipos y se unifiquen los sistemas de las áreas de Almacén y Mantenimiento en un sistema compatible con el sistema SAP.

Sin embargo, desde el inicio de la Consultoría, la Dirección de Abastecimiento informó que la Administración Distrital y la EAB-ESP ya habían tomado la decisión de no adicionar recursos ni prorrogar el Contrato de Concesión cuya fecha de terminación contractual es el 23 de marzo de 2018, por lo cual no es procedente ni legalmente viable que la Consultoría modifique el Plan de Inversiones actual de la Concesionaria y menos proyectarlo a los próximos 20 años (como lo establece el #9.1.7 de los Términos de Referencia de la presente Consultoría).

Según lo programado, las inversiones pendientes por ejecutar por parte de la Concesionaria ascienden a 1.146.000 USD, las inversiones realizadas por la Concesionaria a la fecha superaron el valor inicial contratado, por lo cual el día 13 de febrero de 2014 y como consecuencia del Laudo Arbitral proferido en julio del año 2012 la CONCESIONARIA TIBITOC y la EAB-ESP suscribieron un Acta de Acuerdo en la que ambas partes se declaran a Paz y Salvo por las inversiones y actividades especificadas en dicha Acta.

5.6 PRODUCTO No. 9.2 AJUSTES A LOS ASPECTOS OPERATIVOS ORGANIZACIONALES Y FUNCIONALES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO, CONSIDERANDO LA ALTERNATIVA DE OPTIMIZACIÓN SELECCIONADA

Con el fin de establecer los ajustes a los aspectos operativos, organizacionales y funcionales de la Planta de Tratamiento de Agua Tibitoc, considerando la Alternativa de Optimización Seleccionada se desarrollan en este documento (Producto 9.2) el cumplimiento de los siguientes objetivos y alcances:

- ✚ Descripción del organigrama de la planta, considerando la alternativa de optimización seleccionada
- ✚ Descripción de los nuevos puestos de trabajo, indicando perfiles, funciones, competencias laborales, cargas de trabajo, panorama de riesgos profesionales, y responsabilidades asignadas a cada cargo de la planta de personal requerida.
- ✚ Determinación de la Nómina Requerida para la operación de la Planta con base en la Escala salarial de la EAB-ESP
- ✚ Descripción de los procedimientos operativos de la planta, en condiciones normales y de contingencia, incluyendo la alternativa de optimización seleccionada.
- ✚ Actualización y proyección del programa de mantenimiento preventivo de la infraestructura y equipos incluyendo la alternativa de optimización seleccionada para los próximos 20 años.

5.6.1 Descripción del organigrama de la planta considerando la alternativa de optimización seleccionada

Para la elaboración del organigrama propuesto, se toma como base el organigrama que ya se encuentra establecido por la concesionaria Tibitoc, buscando similitudes en las competencias y responsabilidades

en cada uno de los cargos, para así brindar una continuidad jerárquica que ya había establecido la concesión.

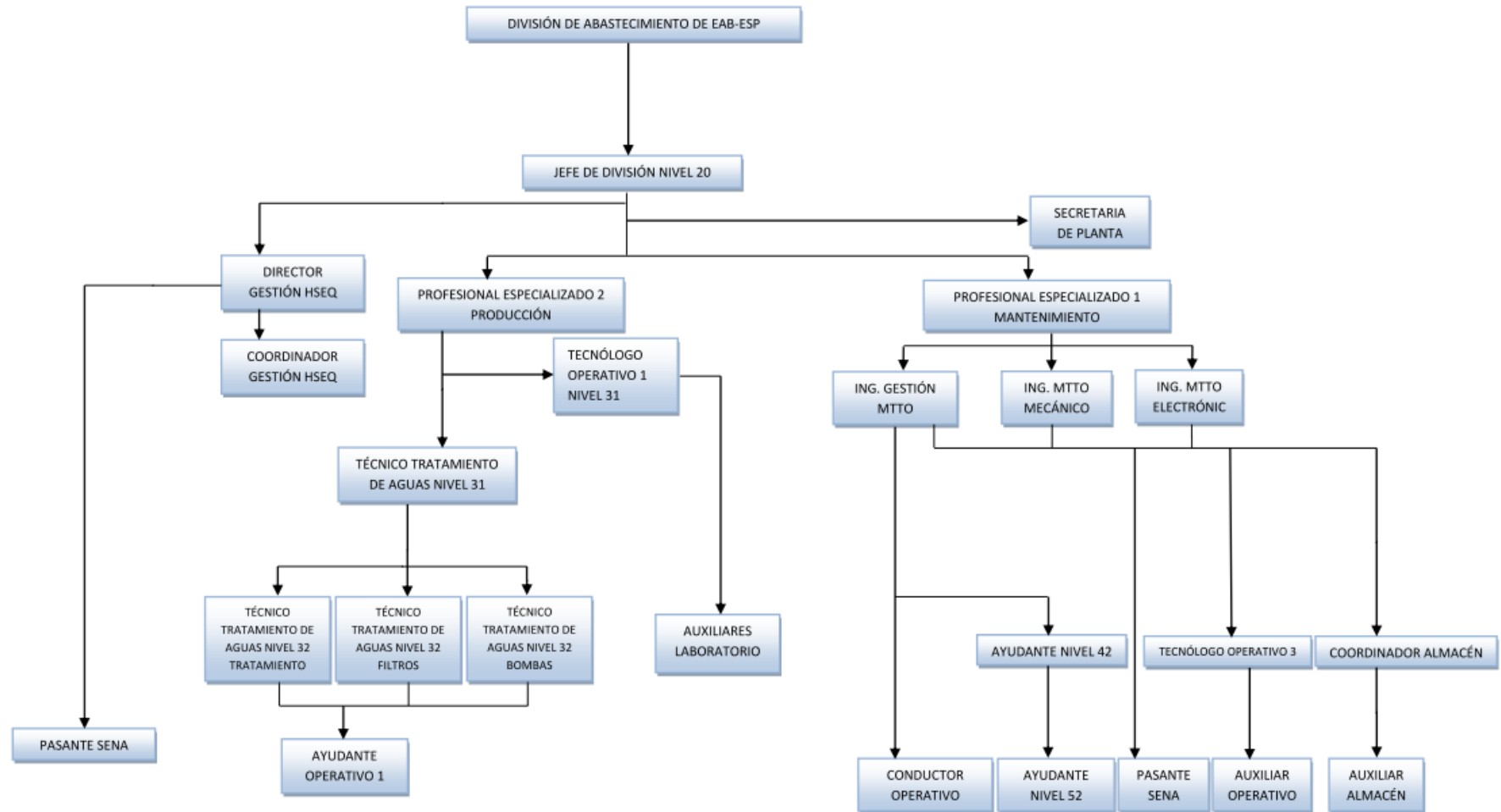
El primer orden jerárquico establecido en este nuevo organigrama, lo encabeza la División de abastecimiento de la EAB-ESP, quien es el responsable de las decisiones de producción, mantenimiento y administrativas de Tibitoc, las cuales se deben acoger a la metodología establecida por la EAB-ESP.

Continuando en el orden jerárquico se recomienda establecer el cargo de Jefe de división nivel 20, quien sería el responsable de garantizar la operación y mantenimiento de la planta.

En este organigrama se plantean cargos nuevos que no están establecidos en la EAB-ESP, que son fundamentales para el desarrollo normal de Tibitoc, ya que por su conocimiento, grado de responsabilidad y nivel de operación, aseguran el cumplimiento en la calidad del agua tratada. Dichos cargos son:

- ✚ Director de Gestión de HSEQ
- ✚ Coordinador HSEQ
- ✚ Ingeniero Gestión de Mantenimiento
- ✚ Ingeniero de Mantenimiento Mecánico y Electrónico
- ✚ Auxiliar de Laboratorio
- ✚ Auxiliar de Almacén
- ✚ Pasante SENA

Figura No. 15. Organigrama propuesto



5.6.2 Cargas de trabajo

Debido a que la EAB-ESP asumirá el control nuevamente de la planta de Tibitoc, las actividades realizadas durante el tratamiento de agua siguen siendo en esencia las mismas, por lo tanto las cargas de trabajo se toman del numeral 5.5.3 y se adiciona a dichas actividades las de la alternativa de optimización seleccionada.

Para la elaboración de las cargas de trabajo se tuvo en cuenta la cantidad de actividades que debe realizar el personal encargado del tratamiento de agua en la planta de Tibitoc, el cargo que ocupa dentro de la organización, la actividad principal y las actividades secundarias y el tiempo empleado para el desarrollo de esas actividades.

5.6.3 Determinación de la nómina requerida para la operación de la Planta con base en la escala salarial de la EAB-ESP

Para que la EAB-ESP continúe la operación normal de la planta de Tibitoc, se recomienda establecer los siguientes turnos que están basados en la información brindada por la EAB-ESP del manejo administrativo de la planta de Wiesner.

Turnos de 25 días trabajados por 5 de descanso en jornadas de 8 horas laborales y estableciendo los siguientes horarios:

- ✚ Turno 1 inicia a las 07:00 y finaliza a las 15:00
- ✚ Turno 2 inicia a las 15:00 y finaliza a las 23:00
- ✚ Turno 3 inicia a las 23:00 y finaliza a las 07:00 del siguiente día.

Solamente para los cargos técnicos se establece el siguiente turno:

- ✚ Turno 1 inicia a las 07:00 y finaliza a las 15:00
- ✚ Turno 2 inicia a las 15:00 y finaliza a las 07:00 del siguiente día. El trabajador que realiza este turno solo labora día de por medio.

Para realizar el cálculo de las horas extras, se tuvo en cuenta el Código sustantivo del trabajo artículos; 158, 159, 160 “modificado por el art. 25 de la ley 789 de 2002”, 168, 179 “modificado por el art. 26, Ley 789 de 2002.

✚ Porcentajes de los recargos

- HED: Hora Extra Diurna, con un recargo del 25% sobre el salario ordinario en proporción a las horas laboradas.

- HEN: Hora Extra Nocturna, con un recargo del 75% sobre el salario ordinario en proporción a las horas laboradas.
 - RN: Recargo Nocturno, con un recargo del 35% sobre el salario ordinario en proporción a las horas laboradas.
 - RF: Recargo Festivo, con un recargo del 75% sobre el salario ordinario en proporción a las horas laboradas.
 - HEF: Hora Extra Festiva, con un recargo del 75% sobre el salario ordinario en proporción a las horas laboradas.
 - HEFN: Hora Extra Festiva Nocturna, con un recargo del 150% sobre el salario ordinario en proporción a las horas laboradas.
 - RFN: Recargo Festivo Nocturno, con un recargo del 110% sobre el salario ordinario en proporción a las horas laboradas.
- ✚ Salud, pensión y fondo solidario: Para realizar el cálculo de los descuentos en cotización a salud y pensión a cargo del empleado del 4% por cada uno, se tuvo en cuenta la Ley 100 artículo 204 “modificado por el art. 10, Ley 1122 de 2007”
- ✚ Carga prestacional: Se realizó un promedio del 60% sobre el salario devengado, lo cual contempla vacaciones, cesantías e interés sobre las cesantías y prima de servicios.

5.6.4 Actualización y proyección del programa de mantenimiento preventivo de la infraestructura y equipos incluyendo la alternativa de optimización seleccionada, para los próximos 20 años

La consultoría realiza una proyección del mantenimiento que requiere la concesionaria, el cual se realiza de manera anual con los nuevos equipos y se presentan en tablas presentadas en el capítulo 10 del Producto 9.2, las cuales caracterizan el equipo a realizar el mantenimiento, el proceso donde se encuentra el equipo el periodo de mantenimiento y el mantenimiento a realizar.

5.6.5 Conclusiones

Para la elaboración del organigrama propuesto, se toma como base el organigrama que ya se encuentra establecido por la concesionaria Tibitoc, buscando similitudes en las competencias y responsabilidades en cada uno de los cargos, para así brindar una continuidad jerárquica que ya había establecido la concesión, encabezado por la división de abastecimiento.

Se estima un valor de nómina mensual y la cantidad de personal de producción, mantenimiento y administrativo que le sirva a la EAB-ESP como referencia, debido a que asumirá nuevamente la operación de la Planta de Tratamiento de Tibitoc. Tomando como, base el cálculo económico y de personal que se realizó en el **PRODUCTO N° 9.1 ESTADO OPERATIVO, ORGANIZACIONAL Y FUNCIONAL**

ACTUAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE TIBITOC,, se hace dicho análisis y se tienen en cuenta los cargos a implementar para la ejecución de la alternativa de optimización seleccionada.

Se resumen los procedimientos operativos actuales y las necesidades de implementar nuevos procedimientos para el correcto funcionamiento de la alternativa seleccionada los cuales pertenecen principalmente al Proceso de Tratamiento

5.7 PRODUCTO No. 10 ESTADO TÉCNICO, CONTRACTUAL AMBIENTAL Y FINANCIERO DEL CONTRATO DE CONCESIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE TIBITOC, HASTA EL AÑO 16 DE EJECUCIÓN

Dentro del producto, se efectúa la actualización del estado técnico, contractual, ambiental y financiero del contrato de concesión al año 15 de ejecución del mismo. Sin embargo, al inicio del desarrollo del proyecto de Consultoría, la EAB-ESP solicitó que fuera desarrollado hasta el año 16 de Ejecución. Se utilizaran formatos definidos por la EAB-ESP, en las auditorías realizadas al contrato y realizar la revisión de las actividades programadas y ejecutadas durante los años 14, 15 y 16.

Así mismo, se presenta un resumen y se hará una trazabilidad al Laudo Arbitral proferido el 15 de junio de 2012, con el fin de verificar que la alternativa seleccionada cumple con las obligaciones asignadas a la EAB-ESP.

El trabajo se desarrolló con toda la colaboración de los funcionarios de la Concesionaria de Tibitoc. Siempre se suministró toda la información requerida para verificar el cumplimiento de los compromisos contractuales y se facilitaron las visitas para las inspecciones de los equipos y obras realizadas. La única restricción presentada es el hecho que muchos de los trabajos realizados no son factibles de verse directamente, ya que los equipos se encuentran instalados y no es factible visualizar los trabajos ejecutados.

5.7.1 Obligaciones del Concesionario:

- ❖ Efectuar a su costo y riesgo, como mínimo, la rehabilitación y mantenimiento de la Planta de Tratamiento, y la rehabilitación de la Línea de 78" Tibitoc- Casablanca, en una longitud de 31 Km.
- ❖ Captar y procesar, por su cuenta y riesgo, para la EMPRESA el agua requerida hasta un caudal máximo de 10.5 m³/s, a partir de la fecha de entrega de la planta. La Planta Tibitoc continua siendo propiedad de la EAB-ESP.
- ❖ Operar, mantener y administrar técnicamente la planta.
- ❖ Dotar, mantener y operar el laboratorio en la planta.
- ❖ La Concesión que se hace no transfiere su propiedad al CONCESIONARIO y por tanto, a su terminación el CONCESIONARIO debe revertir a la EMPRESA, o a quien esta disponga, la planta de tratamiento y todos los demás bienes que se determinen como revertibles, sin lugar o derecho alguno a indemnización o compensación por este concepto.

5.7.2 Estado técnico

Las especificaciones Técnicas definidas en el Volumen 2.1 del Pliego de Condiciones, fueron escritas en 1994 (hace 20 años), para los equipos y condiciones técnicas de la Planta en esa época. La mayoría de los equipos han sido cambiados y/o rehabilitados y muchos de ellos tienen condiciones técnicas diferentes a las de 1994. Por esta razón, se incluyen en cada una de las actividades auditadas la Hoja Resumen, donde la CT describe claramente el alcance de la actividad realizada.

Donde las especificaciones técnicas cambiaron por evolución de la tecnología y/o cambios de equipos, para definir el alcance de los mantenimientos contractuales se tuvieron en cuenta las recomendaciones de los proveedores y/o diseñadores y la experiencia propia de la CT. Esto unido al estado actual de los equipos nos permite corroborar el cumplimiento técnico de la CT.

Podemos decir que la CT ha cumplido con las Especificaciones y con los mantenimientos requeridos para los equipos y para las instalaciones de la Planta y que estos se encuentran en buenas condiciones de operación.

Algunas actividades de suministro de equipos presentan valores de inversión en años posteriores a la compra. En estos casos estos valores se toman para mantenimiento y/o rehabilitación de los mismos. A continuación se muestra un resumen de las actividades realizadas organizadas de acuerdo a los grupos definidos en el Plan de Inversiones.

5.7.3 ESTADO FINANCIERO

Tabla No. 38 Resumen cuentas por pagar y cobrar

ASUNTO	MONEDA VALOR	VALOR
Aprovechamiento forestal (Valor a favor de la EAB - ESP)	PESOS COP	139.622.903
Obra no requeridas Años 11 y 16 (Valor a favor de la EAB - ESP)	DÓLARES AMERICANOS USD	1.367.750
Obras adicionales ejecutadas por la Concesionaria Tibitoc S. A. y autorizadas por la EAB - ESP. (Valor a favor de la Concesionaria Tibitoc S. A.)	PESOS COP	(- \$ 1.009.665.966)
Cuentas de Orden CT correspondientes a los volúmenes que excedieron la DMG entre Marzo 2008 y Junio de 2012. (89.937.246 m ³) (Valor a favor de la Concesionaria Tibitoc S. A.)	PESOS COP (CAPITAL)	(-5.799.216.140)

Tabla No. 39 Acta de acuerdo de pago capital a la Concesionaria Tibitoc - 4 de abril de 2014 – laudo arbitral 15 de junio de 2012

DESCRIPCIÓN	(COP)
	EAB - ESP debe a CT
Principal del capital cuenta de orden CT	5.799.216.140
Total Capital que EAAB debe a CT	5.799.216.140
	CT debe a EAB - ESP
Capital principal aprov. Forestal	139.622.903
Neto de capital principal obras suprimidas (a la TRM de reunión del 31/01/2014 COP/USD:2.008,26) y capital principal obras aprobadas por la EAB	1.737.131.649
Total Capital CT debe a EAAB	1.876.754.552
NETO A GIRAR EAAB a la CT	3.922.461.588

5.7.4 Estado Contractual

En la Auditoría realizada por INGETEC SA. del año 9, se dejó constancia de una no conformidad por lo que tiene que ver con una de las cláusulas del contrato, relacionada con la capacitación que debe dar la CT a personal de la EAB-ESP, sobre la operación y mantenimiento de la Planta. En la auditoría realizada por JOSÉ DAVID MORENO para los años 10 al 13, se evidenció que la CT realizó estas capacitaciones a personal de la EAB-ESP. Para el periodo comprendido entre los años 14, 15 y 16 no se realizó ninguna actividad relacionada con capacitación al personal de la EAB-ESP.

Se verificó que la CT ha cumplido con su obligación de mantener las pólizas y garantías exigidas en el Contrato de Concesión. A octubre de 2014 las pólizas vigentes son las siguientes:

➤ **PÓLIZA TODO RIESGO DAÑOS MATERIALES**

Póliza No. 13816

Aseguradora: ASEGURADORA ACE SEGUROS

Beneficiario: CT

Valor asegurado: US\$ 114.381.803

Vigencia: hasta el 22 de marzo de 2015

➤ **GARANTÍA DE CUMPLIMIENTO DEL CONTRATO**

Póliza 31 GU075992

Aseguradora: CONFIANZA S.A.

Beneficiario: EAB-ESP

Valor asegurado: \$ 6.813.478.944

Vigencia: hasta el 14 de enero de 2015

➤ **GARANTÍA DE PAGO DE SALARIOS Y PRESTACIONES SOCIALES**

Póliza 31 GU075993

Aseguradora: CONFIANZA S.A.
Beneficiario: EAB-ESP
Valor asegurado: \$ 1.499.809.048
Vigencia: hasta enero de 2015

➤ **GARANTÍA DE RESPONSABILIDAD CIVIL EXTRA CONTRACTUAL**

Póliza 14689
Aseguradora: CONFIANZA S.A.
Beneficiario: EAB-ESP y/o terceros afectados
Valor asegurado: US\$1.000.000

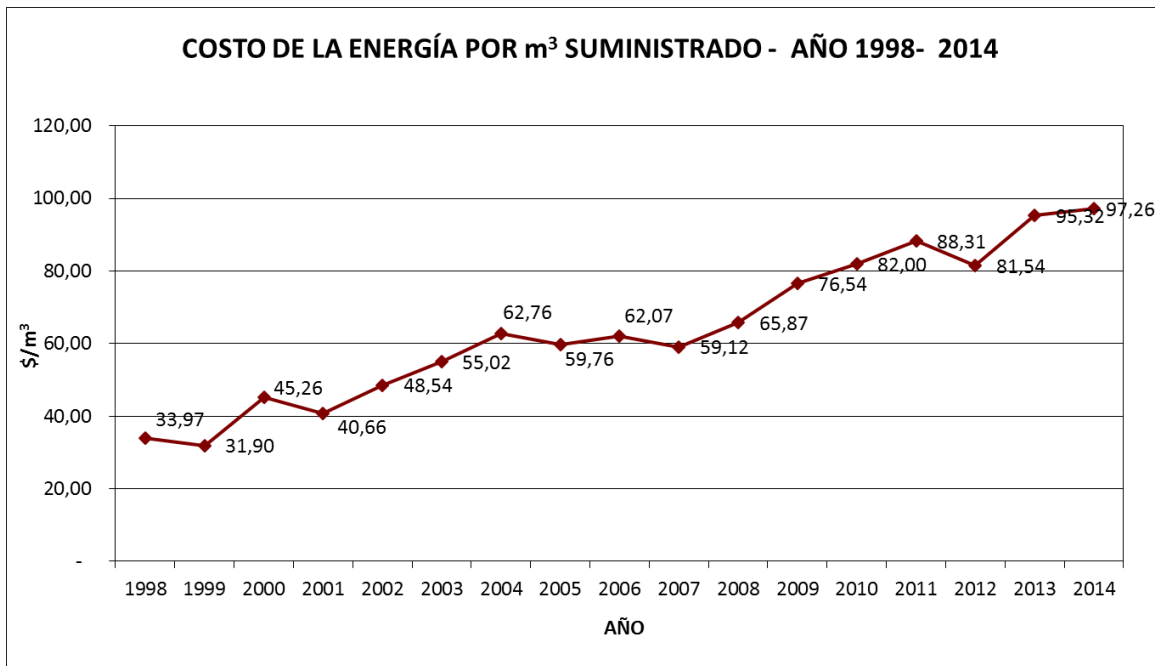
5.7.5 Suministro de energía

De acuerdo al Contrato de Concesión, cuando se utiliza el Rebombear para aumentar la presión en las tuberías de 60" y 78" y cuando se utilice la Estación del Bajo Teusacá, el valor correspondiente al consumo de energía en estas condiciones será asumido por la EAB-ESP.

Para el caso del Bajo Teusacá simplemente se descuenta el valor de la energía activa del valor que debe reembolsar la CT. Esto se hace de acuerdo a la factura emitida por CODENSA.

Tabla No. 40 Consolidado Anual Total de Energía Tibitoc 1998-2014

AÑO	VOLUMEN TOTAL AGUA SUMINISTRADA	COSTO TOTAL ENERGIA	\$/m³
1998	131.181.138	4.456.203.223	33,97
1999	155.865.993	4.972.684.150	31,90
2000	126.970.700	5.746.496.626	45,26
2001	163.692.418	6.655.265.780	40,66
2002	159.497.170	7.742.621.910	48,54
2003	165.676.390	9.116.065.094	55,02
2004	143.450.631	9.003.160.530	62,76
2005	111.375.996	6.655.817.502	59,76
2006	105.882.203	6.572.122.276	62,07
2007	126.003.031	7.449.035.876	59,12
2008	170.643.328	11.240.428.677	65,87
2009	150.855.111	11.546.768.786	76,54
2010	154.902.893	12.701.464.165	82,00
2011	146.370.360	12.926.498.969	88,31
2012	147.550.436	12.031.397.085	81,54
2013	116.274.929	11.083.467.467	95,32
2014	203.316.396	19.774.359.563	97,26
TOTAL	2.479.509.123	159.673.857.680	



5.7.6 Laudo Arbitral

El Tribunal de Arbitramento presentó el Laudo Arbitral el 15 de junio de 2012 a raíz de la demanda de la EAB-ESP contra la CT. En su parte resolutive se transcriben las siguientes decisiones:

- ✓ Negar por falta de fundamento, todas y cada una de las pretensiones de la demanda principal reformadas presentada por la EAB-ESP.
- ✓ Declarar de oficio la caducidad de la acción, respecto a la pretensión relacionada con la cláusula 52 del Contrato "terminación anticipada del Contrato".
- ✓ Se declara que lo pactado en el Acta de Acuerdo únicamente está encaminado al manejo del suministro de agua cuando se presentaran eventos que impiden el transporte de agua correspondiente a la demanda mínima garantizada desde la Planta Tibitoc por problemas de transporte en la red matriz de distribución de la EAB-ESP.
- ✓ Se declara que, en virtud del Acta de Acuerdo no se cambió la naturaleza del contrato en cuanto la CT no está obligada a reservarle a la EAB-ESP los metros cúbicos de agua correspondientes a la diferencia entre la cantidad de agua despachada y la cantidad estipulada como demanda mínima garantizada, sin que medien problemas de transporte en la red matriz de distribución de la EAB-ESP.
- ✓ Se declara que el derecho de la EAB-ESP a solicitar la restitución del agua acumulada en virtud a la dificultad de transporte ocurrida entre agosto de 1999 y diciembre de 2000, ha prescrito, en atención lo pactado en el Acta de Acuerdo.

- ✓ Se declara que la EAB-ESP ha incumplido la obligación de informar a contratista con la debida anticipación, la calidad del agua que se debe potabilizar en la Planta de Tibitoc.
- ✓ La EAB-ESP deberá estudiar la posibilidad de instalar una estación de monitoreo de calidad del agua del Rio Bogotá aguas arriba de la Planta Tibitoc, con el fin de poder cumplir con su obligación de informar anticipadamente a la CT sobre la calidad del agua que debe tratarse en la Planta.

El Tribunal de Arbitramento presentó el Laudo Arbitral el 15 de junio de 2012 a raíz de la demanda de la EAB-ESP contra la CT.

En su parte resolutive se transcriben las siguientes decisiones:

- ✓ Negar por falta de fundamento, todas y cada una de las pretensiones de la demanda principal reformadas presentada por la EAB-ESP
- ✓ Declarar de oficio la caducidad de la acción, respecto a la pretensión relacionada con la cláusula 52 del Contrato "terminación anticipada del Contrato"
- ✓ Se declara que lo pactado en el Acta de Acuerdo únicamente está encaminado al manejo del suministro de agua cuando se presentaran eventos que impiden el transporte de agua correspondiente a la demanda mínima garantizada desde la Planta Tibitoc por problemas de transporte en la red matriz de distribución de la EAB-ESP.
- ✓ Se declara que, en virtud del Acta de Acuerdo no se cambió la naturaleza del contrato en cuanto la CT no está obligada a reservarle a la EAB-ESP los metros cúbicos de agua correspondientes a la diferencia entre la cantidad de agua despachada y la cantidad estipulada como demanda mínima garantizada, sin que medien problemas de transporte en la red matriz de distribución de la EAB-ESP.
- ✓ Se declara que el derecho de la EAB-ESP a solicitar la restitución del agua acumulada en virtud a la dificultad de transporte ocurrida entre agosto de 1999 y diciembre de 2000, ha prescrito, en atención lo pactado en el Acta de Acuerdo.
- ✓ Se declara que la EAB-ESP ha incumplido la obligación de informar a contratista con la debida anticipación, la calidad del agua que se debe potabilizar en la Planta de Tibitoc.
- ✓ La EAB-ESP deberá estudiar la posibilidad de instalar una estación de monitoreo de calidad del agua del Rio Bogotá aguas arriba de la Planta Tibitoc, con el fin de poder cumplir con su obligación de informar anticipadamente a la CT sobre la calidad del agua que debe tratarse en la Planta.

5.7.7 Conclusiones

Durante el periodo auditado, años 14, 15 y 16 del Contrato de Concesión, la CT ha cumplido con los mantenimientos programados de acuerdo al Plan de Inversiones y con las especificaciones técnicas requeridas para dichos mantenimientos.

Se exceptúan los atrasos ocurridos en las actividades relacionadas con la adquisición de bombas para la Estación 1, compuertas de salida del tanque de filtros, mantenimiento al patio de conexiones y todos los componentes del grupo 5.

La CT desarrolló un software propio de mantenimiento llamado SIMO. Aparte de los mantenimientos programados en el Plan de Inversiones, la CT hace mantenimientos, predictivos y preventivos según la programación del SIMO y correctivos cuando son necesarios.

La consultoría considera que los mantenimientos son bien programados y ejecutados por la CT y esto se refleja en el estado operativo de la Planta. Sería importante que la EAB-ESP trabajara con la CT para poder hacer compatibles el sistema de mantenimiento SIMO y el sistema SAP manejado por la EAB-ESP. Esto pensando en facilitar la migración de la información de un sistema a otro.

De acuerdo a las visitas realizadas a la Planta, la Consultoría pudo verificar que los equipos e instalaciones se encuentran operativos y en buen estado.

Durante los años 14, 15 y 16 del Contrato de Concesión, la CT ha cumplido con los requisitos de calidad de agua suministrada definidos en el Contrato de Concesión y en la normatividad colombiana vigente. Asimismo, la CT terminó 14 actividades dentro del plazo lo cual corresponde a un porcentaje del 28.6%, 22 actividades se terminaron con atraso lo cual corresponde a un 44.9%, 11 actividades terminaron con adelanto lo que equivale a un 22.4% y 2 actividades fueron anuladas equivalentes a un 1.4%.

De las 22 actividades atrasadas, 12 presentan más de 3 meses de atraso. Estas actividades son:

- ❖ Adquisición Bomba Q máx. 0.88 m³/s de Estación 1. Esta actividad presenta un atraso de 31 meses y aún está pendiente su terminación. Esta bomba fue adquirida a la empresa DULFOS DE ARGENTINA SA. Según la CT el proveedor ha incumplido en los términos de fabricación y entrega de la bomba en la Planta. La bomba no se ha montado, porque es necesaria la supervisión de la empresa proveedora por efectos de la garantía de la bomba. La CT también ha tenido problemas para la presencia de personal del proveedor para el montaje de la misma. La CT explica que aunque está pendiente el montaje de la nueva unidad, la disponibilidad de bombeo de la Estación 1 ha sido siempre del 100% y no ha existido ningún riesgo en la continuidad del bombeo requerido.
- ❖ Adquisición Bomba Q máx. 0.66 m³/s de Estación 1. Igual comentario que para el Ítem anterior.
- ❖ Mantenimiento de 6 Compuertas de 48" x 48" de Salida de Tanque de Agua Filtrada. Esta actividad no se ha podido realizar debido a que para llevarla a cabo sería necesario sacar de operación el tanque de filtros o reducir mucho el caudal para poder trabajar con solo medio tanque. Esta actividad debe coordinarse con la EAB-ESP. Se comprobó que las 6 compuertas mencionadas se encuentran en buenas condiciones operativas.
- ❖ Mantenimiento al Patio de Conexiones. Esta actividad no se ha podido ejecutar debido a que se requeriría alimentar el Cerro por la línea del Sol y la Estación de bombas 1 y 2 por Termozipa. Esta operación requiere el visto bueno de CODENSA quien argumenta que la EAB-ESP no cuenta con un contrato de línea de suplencia.
- ❖ Mantenimiento de los seis (6) Motores de las Bombas de Estación 1. Esta actividad presentó un atraso de 4 meses. Según la CT se debió a condiciones operativas de la Estación 1 y a la disponibilidad de los motores. La CT aclara que al igual que los dos puntos anteriores la Estación 1 siempre tuvo una disponibilidad del 100%.

- ❖ Sistema de Control. Aquí se incluyen las 8 actividades relacionadas con el centro de Control. Como se ha explicado anteriormente hace falta una parte de la documentación y algunas pruebas finales. La CT considera que en 3 meses estarán las 8 actividades concluidas.

Estos atrasos, no han generado una situación de riesgo en la operación de la Planta. Siempre se han mantenido las condiciones para salvaguardar la continuidad en la producción de la Planta. Todas las actividades atrasadas son importantes y deben ser terminadas lo antes posible por la CT.

Según las auditorías realizadas por INGETEC SA y JOSÉ D. MORENO, existe un saldo a favor de la EAB-ESP US \$ 1.021.000, después de la modificación No.1, debido a los ítems que se suprimieron en el Plan de Inversiones inicial. Según información de la CT este valor debe ser concertado entre las dos partes pues según concepto de la CT no existe claridad sobre el monto del valor. La CT lleva una ejecución equivalente al 125.6 % de sus compromisos contractuales por lo cual puede decirse que se ha cumplido con los mismos.

Se auditaron todas las actividades consideradas como no contractuales ejecutadas por la CT durante los años 14, 15 y 16. Se auditaron un total de 22 actividades "no contractuales con Ítem del Plan de Inversiones" que ascienden a un valor \$ 3.472.461.112, y 36 actividades no contractuales que ascienden a un valor de \$ 565.245.476. El valor total de actividades no contractuales para el periodo auditado es de \$ 4,037,706,588.

La Consultoría considera que las obras realizadas por la CT calificadas como no contractuales han sido importantes para mantener el estado operativo de la Planta, las condiciones actuales de operación y la calidad del agua suministrada.

La EAB-ESP y la CT firmaron el acta de acuerdo del 4 de abril de 2014, según la cual la EAB-ESP pagará a la CT la suma de \$ 3.922.461.588, quedando las partes a paz y salvo de mutuo acuerdo.

La CT ha cumplido con lo estipulado en las cláusulas del contrato para el periodo comprendido entre los años 14, 15 y 16 de Concesión. Se exceptúa la cláusula relacionada con la capacitación que debe dar la CT a personal de la EAB-ESP, sobre la operación y mantenimiento de la Planta.

La CT ha cumplido con lo estipulado en las cláusulas 38 y 39 del Contrato de Concesión, relacionado con el mantenimiento de pólizas y garantías. Con corte a octubre de 2014, la CT mantiene vigentes las pólizas y garantías requeridas, las cuales pueden observarse en el numeral 5.3.2 del presente informe.

Durante el periodo auditado la CT ha cumplido con los requisitos de calidad de agua suministrada especificados en el Contrato de Concesión y en las normas colombianas vigentes.

Los temas relacionados con permisos de vertimiento siguen pendientes y el trámite lo hace directamente la EAB-ESP ante la CAR.

Con respecto a los aceites con PCBs de la sub Estación 2, el tema ha concluido y la CT presentó el certificado de incineración realizado en Finlandia. Será necesario estar pendientes de la nueva reglamentación sobre el tema de aceites con PCBs, para lo cual la CT hizo un inventario de todos los transformadores de la Planta.

La CT sacó de servicio la Estación de gasolina existente en la Planta. Durante el periodo auditado, la EAB-ESP adelantó un programa de reforestación para dar cumplimiento a los requerimientos a la resolución de la CAR No. 498 de 1999.

5.8 PRODUCTO No. 11 TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA LA CONTRATACIÓN DE LA INTERVENTORÍA Y DE LOS DISEÑOS DETALLADOS, CONSTRUCCIÓN, SUMINISTRO, MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE LAS OBRAS Y SISTEMAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE TIBITOC.

5.8.1 Fases de Implementación del Proyecto de Optimización de la PTAP Tibitoc

A. FASE 1. EJECUCIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS

En esta Fase se ejecutarán las investigaciones adicionales necesarias para el diseño definitivo de La alternativa seleccionada para la optimización de la Planta de Tibitoc y la construcción de estas durante la Fase 2.

Los diseños definitivos se realizarán de conformidad con el estado del arte, y de acuerdo con las normas internacionales de ingeniería que garantizan en forma segura y confiable la operación del proyecto durante su vida útil, normas técnicas de EAB-ESP, el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, y demás normas vigentes que apliquen a las características y alcance del proyecto. Para lo cual se ha previsto un plazo de ocho (8) meses.

Los trabajos incluirán las cantidades de obra necesarias para la supervisión y control de las obras, descripción de los procedimientos constructivos, programas de construcción, calendario de adquisiciones, especificaciones técnicas, planos de construcción, manuales y protocolos de prueba para la puesta en marcha, manuales para la operación y mantenimiento, etc.

Los estudios y diseños detallados incluyen el diseño definitivo de todas las obras que se requieren para la alternativa seleccionada, descritas en el numeral 4.2.2.

Teniendo en cuenta que durante la ejecución del contrato de Optimización de la Planta de Tibitoc se debe seguir operando y manteniendo la planta, se recomienda establecer esta actividad según las diferentes Fases del contrato, de tal forma que las responsabilidades y costos queden claramente identificados.

En esta fase teniendo en cuenta que no existirán actividades constructivas del Contratista, se efectuará la Operación y el Mantenimiento por cuenta de la EAB con el personal que ha establecido al recibir la Planta de parte de la Concesionaria.

En el evento que el Contratista requiera hacer algunas pruebas directamente en la Planta o en su laboratorio, éstas deberán ser aprobadas previamente y su coordinación se debe hacer con la EAB, quien estará presente en su desarrollo a través de un funcionario designado para el efecto. Los Insumos a usar en las pruebas solicitadas y aprobadas serán por cuenta del Contratista, incluyendo consumos energéticos, químicos, personal y equipos usados en el proceso. Para tal efecto el Contratista deberá presentar una Memoria Técnica, en la cual describirá los ensayos que pretende realizar, explicando en detalle y relacionado los recursos que empleará con tiempos y costos.

B. FASE 2. CONSTRUCCIÓN, SUMINISTRO, MONTAJE DE LAS OBRAS Y SISTEMAS PARA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE TIBITOC, ADIESTRAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA DE LAS OBRAS

Una vez finalizados los estudios y diseños detallados definitivos de todas las obras de la alternativa seleccionada y obras de modernización u obras complementarias, se tiene prevista la ejecución de las obras de construcción, rehabilitación y optimización para la OPTIMIZACIÓN DEL TRATAMIENTO en un plazo igual a veinticuatro (24) meses, y para la MODERNIZACIÓN en un plazo igual a dieciocho (18) meses.

La fase 2 de construcción, incluye: Obra civil, suministro, montaje y pruebas de equipos electromecánicos, dosificación, automatización e instrumentación (Incluyendo acompañamiento del diseñador durante la fase de construcción), adiestramiento y puesta en marcha de las obras. Las obras de optimización requeridas para lograr un caudal continuo confiable correspondiente a 10.5 m³/s, con máximos diarios hasta de 12 m³/s.

Durante la ejecución de esta fase, la operación y mantenimiento de la planta de Tibitoc será por cuenta de la EAB y si el Contratista requiere usar insumos para efectuar pruebas a sus instalaciones en proceso, estos deberán ser previamente solicitadas y aprobadas por la Interventoría y la EAB y los Insumos a usar, serán por cuenta del Contratista, incluyendo consumos energéticos, químicos, personal y equipos usados en el proceso. Para tal efecto el Contratista deberá presentar una Memoria Técnica, en la cual describirá las actividades que pretende realizar, explicando en detalle y relacionado los recursos que empleará con tiempos y costos.

Las obras previstas para esta fase se han modulado en dos (2) grupos, de tal forma que la EAB-ESP pueda adoptar decisiones de tipo presupuestal para su ejecución.

Los Términos de Referencia se han elaborado para la ejecución de la Fase 1, Fase 2 – Grupo optimización tratamiento y Fase 3 Acompañamiento en la operación.

En el numeral 4.2.2 se describen las obras correspondientes a cada grupo en el sistema de tratamiento previsto en la alternativa seleccionada para la optimización del sistema de tratamiento y modernización de la Planta.

Durante la Fase 2, se adelantará de manera paralela a la ejecución de la construcción de las obras de optimización de la Planta, el adiestramiento y puesta en marcha de estas. Para la ejecución de esta actividad, se desarrollarán dos aspectos fundamentales para el inicio de la Etapa de Operación y Mantenimiento de las obras de Optimización de la Planta de Tibitoc. los cuales consisten en:

1. **Capacitación o Adiestramiento** del personal de la EAB-ESP que va a estar encargado de la operación y mantenimiento de la Planta una vez se entre a la Fase de Operación y Mantenimiento, con duración de una año, pero todavía bajo la responsabilidad del Contratista de las obras de Optimización y una vez sea recibida a satisfacción los trabajos del Contratista, será el personal que se encargará de la Operación y Mantenimiento de la EAB, pero ahora bajo la total responsabilidad de la EAB.
2. **Puesta en Marcha** de los diferentes unidades operacionales de los procesos involucrados en la Optimización de la Planta, tanto equipamiento nuevo como antiguo, pero que corresponden al sistema del tratamiento de potabilización de la planta.

C. FASE 3. ACOMPAÑAMIENTO OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

La Fase de acompañamiento en la Operación y Mantenimiento tiene prevista una duración de doce (12) meses y es la última fase del Contrato de Optimización. La finalidad de esta Fase es determinar el cumplimiento de lo ofrecido por el Contratista en cuanto a calidades del agua tratada y los procedimientos implementados según los diseños ofertados, aprobados y construidos.

En esta fase desde el punto de vista organizacional se tiene previsto que el Contratista estará presente con el personal que se muestra en la Figura 1.1 de este volumen, para efectos de Dirigir y Planear la operación de acuerdo con las necesidades de suministro de agua tratada de la Planta para el consumo humano y según los requerimientos de caudal tratado por parte de la EAB.

Por parte de la EAB-ESP se tendrá todo el personal que se adiestró o capacitó en todas las áreas para la operación y mantenimiento de la Planta y que se relacionó en la descripción de la Fase de Adiestramiento y Puesta en Marcha. El Contratista en conjunto con el personal directivo de la EAB, tanto en la Planta como en la sede principal, si es del caso, hará el planeamiento para la producción y en forma paralela se tendrá en cuenta que la calidad producida sea la ofertada y aprobada en la Licitación. Es claro que se aceptarán ajustes para condiciones no frecuentes de la calidad del agua cruda con el propósito de tener la calidad del agua tratada.

Así mismo durante esta Fase se tendrá, sin ser su objetivo principal, un mejor adiestramiento del personal de la EAB que será el operador del sistema y por tanto se perfeccionarán temas operativos y de mantenimiento haciendo más eficiente su operación en general.

Los costos de los insumos requeridos para esta Fase de Operación y Mantenimiento serán de responsabilidad de la EAB.

Una vez se termine la ejecución de las obras de la fase 2 y se finalice la puesta en marcha, se dará inicio por parte del Contratista a las actividades de operación y mantenimiento (Fase 3), periodo durante el cual deberá adelantar adicional a las actividades mencionadas en párrafo anterior las siguientes:

- Asesoría ya acompañamiento en la Lectura y análisis de equipos, funcionamiento, parámetros de alerta, condiciones óptimas de operación, calibración y ajuste de curvas de tratamiento etc.
- Continuar capacitación y adiestramiento del personal de EAB-ESP que operará y realizará mantenimiento de las obras por parte de amb.
- Asesoría y acompañamiento en la Operación y Mantenimiento equipos eléctricos y mecánicos. Resolviendo inquietudes puntuales del personal de la EAB-ESP que opera la planta
- Asesoría, acompañamiento y solución de situaciones puntuales generadas en el desarrollo de la Operación de las obras en general.

Las condiciones para la entrega de la esta etapa incluyen: Entrega de los manuales de operación y mantenimiento actualizados, conforme a las solicitudes de EAB-ESP y lo implementado durante esta fase; Entrega de garantías y asistencia de equipos, Prever Stock mínimo de repuestos de los equipos más sensibles, determinados por EAB-ESP, en el acompañamiento de la Etapa de Operación y Mantenimiento, Cierre Ambiental por medio del cual se deja constancia que El Contratista reconformó o recuperó las áreas intervenidas en el desarrollo del Proyecto y la Entrega y recibo de la obra: Mediante la suscripción del Acta de Entrega y Recibo, de las obras.

5.8.2 Estructura organizacional para la ejecución de las obras de optimización de la PTAP

Para llevar a cabo de manera eficiente todas las obras necesarias para optimizar la Planta de Tratamiento de Tibitoc, se han determinado las funciones demandadas para el correcto desarrollo de cada una de las éstas. A partir de la definición de las funciones y con base en su experiencia, la Consultoría justifica la necesidad de los perfiles requeridos para desarrollar determinada actividad, conformando de esta forma el respectivo organigrama presentado en la Figura No. 15 y No. 17 para las Fases 1, y 3 y la Figura No. 16. Para la Fase 2.

5.8.3 Estructura organizacional para la ejecución de interventoría de las obras de Optimización de la PTAP

Para garantizar el cumplimiento de los requisitos definidos en para las obras de optimización de la Planta de Tibitoc y con base en la planeación y control de las actividades propias para cada una de las etapas del proyecto, se ha definido por parte del Consultor un organigrama general para la ejecución de la Interventoría, el cual se muestra en la Figura No. 16. De conformidad con la experiencia del

Consultor y el análisis de estructura organizacional requerida para la ejecución de la Interventoría de las fases 1, 2 y 3.

No obstante lo anterior y dando cumplimiento con las indicaciones y comentarios realizados por la Interventoría y la EAB-ESP, la Consultoría ha estructurado los cronogramas generales de ejecución, presupuestos y plan de inversión considerando una ejecución de manera independiente de las obras de optimización, y las obras de modernización.

Si bien los Términos de referencia se han elaborado para la ejecución de las Fases 1, 3 y Fase 2 en lo correspondiente a las obras de optimización de la Planta para 10.5 m³/s, los presupuestos de la construcción se han modulado para considerar los dos grandes grupos de ejecución que se han previsto en la Fase 2, de tal forma que la EAB-ESP, de conformidad con la disponibilidad de recursos que tenga, pueda dividir la convocatoria considerando estas etapas o realizar su contratación en una sola convocatoria como se presenta en los Términos de Referencia que se adjuntan en los Anexos 1 y 2 del documento correspondiente al Volumen No. 1 del Producto 11 de la Consultoría.

Figura No. 16. Organigrama estructura organizacional proponente para ejecución de diseños detallados, construcción, suministro, montaje, puesta en marcha de obras y sistemas para la optimización de la planta Tibitoc

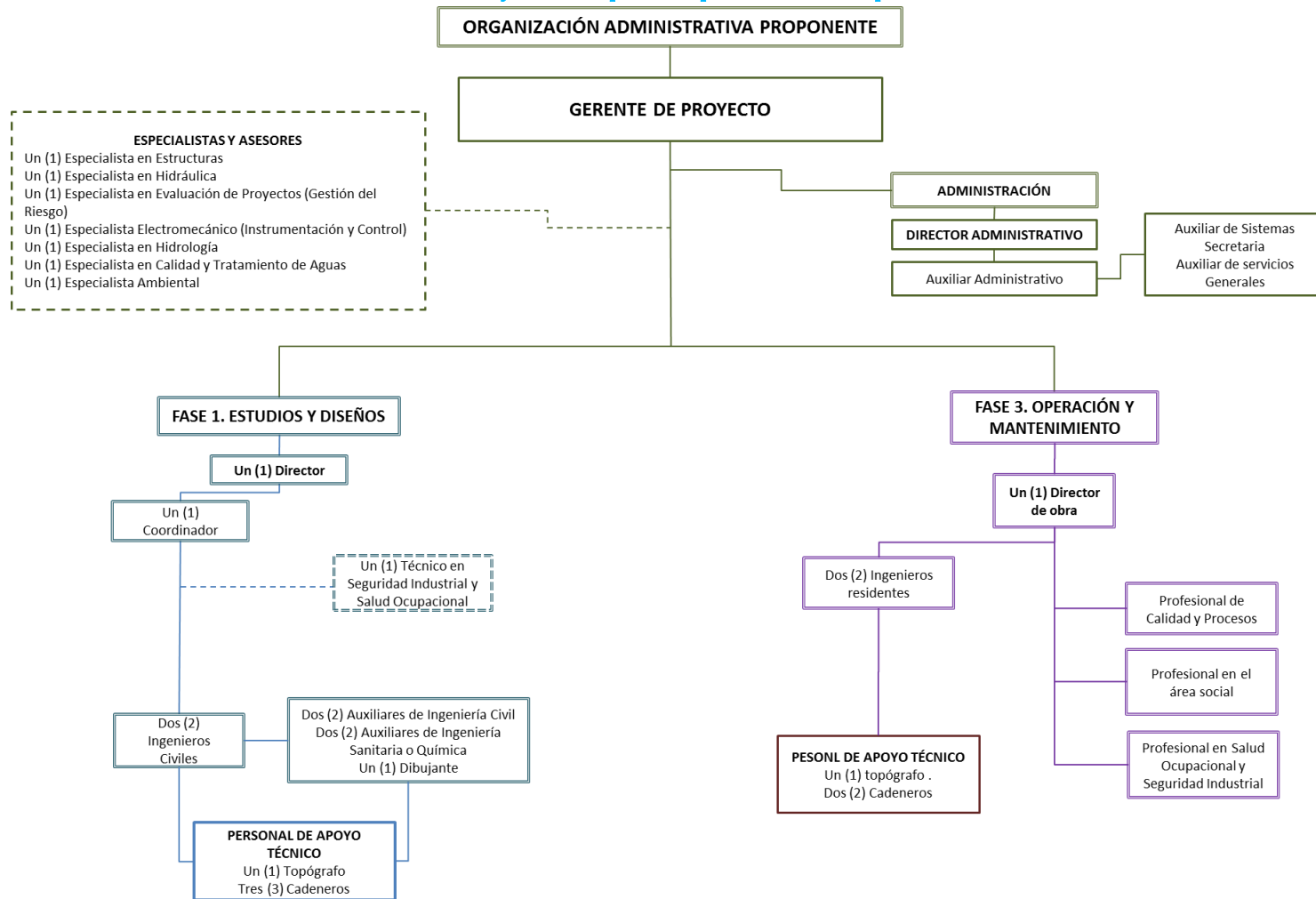


Figura No. 17. Organigrama estructura organizacional proponente para ejecución de diseños detallados, construcción, suministro, montaje, puesta en marcha de obras y sistemas para la optimización de la planta Tibitoc

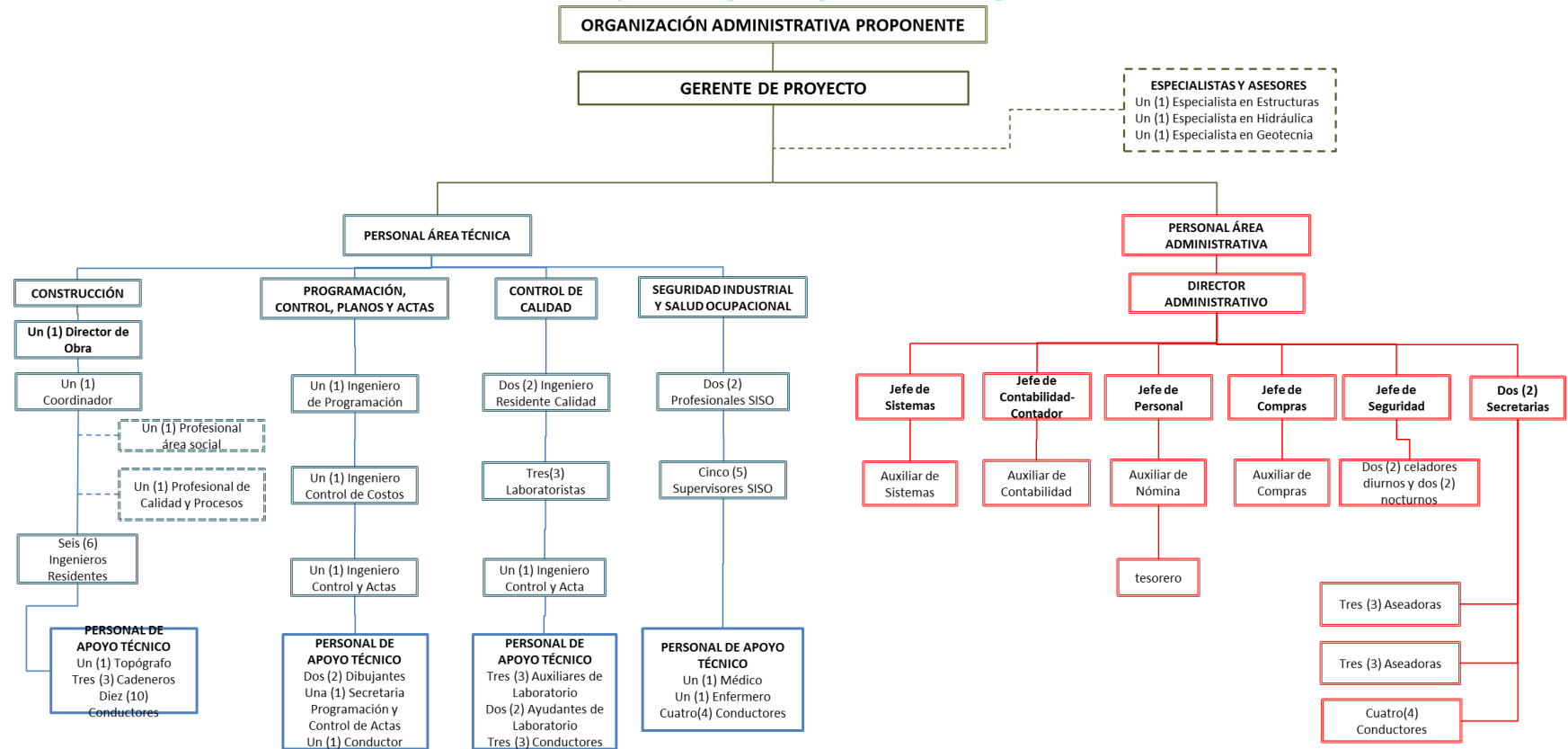
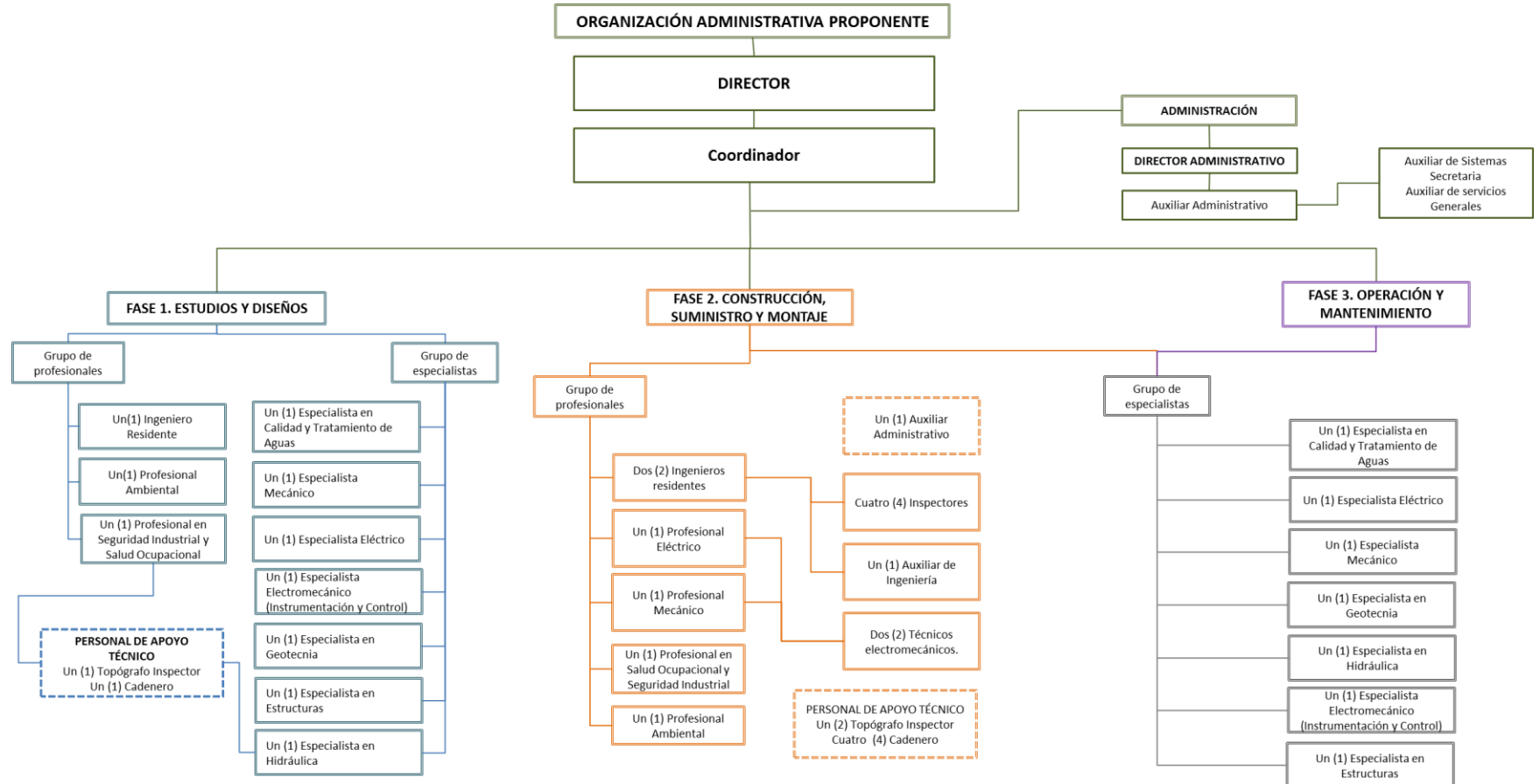


Figura No. 18. Organigrama estructura organizacional proponente para ejecución de la interventoría sobre los diseños detallados, construcción, suministro, montaje, puesta en marcha de obras y sistemas para la optimización de la planta Tibitoc



5.8.4 Presupuesto de referencia para ejecución de las obras de optimización y modernización de la PTAP

El presupuesto de referencia para la convocatoria para la ejecución de las obras de Optimización de la PTAP Tibitoc, fue calculado de la siguiente forma:

1. Para las Fases I y III, el presupuesto es el resultado del producto entre las tarifas de personal justificados en el Acuerdo 10 de la EAB, un factor multiplicador calculado según el Manual para la Contratación de Consultoría de FONADE y el personal propuesto por la Consultoría que se presenta en la Figura No. 1 de este documento.
2. El Presupuesto de la Fase II corresponde propiamente a las obras en sí mismas y tienen el porcentaje de AIU correspondiente. El presupuesto detallado de las obras de construcción, con los APU y desglose de AIU respectivo se presenta en el Volumen 3 de este producto Anexo 2.

En la siguiente tabla se presenta el resumen del presupuesto de referencia estimado por la Consultoría INAR ASOCIADOS S.A para cada fase y en los numerales 5.1.1 y 5.1.2, se presenta la descripción del cálculo del mismo para las distintas fases.

Tabla No. 41 Resumen costos Ejecución (\$ COL-2014)

FASE	DESCRIPCION	VALOR PESOS 2014	IVA / AIU	TOTAL
FASE I	ESTUDIOS Y DISEÑOS DETALLADOS DEFINITIVOS DE LA ALTERNATIVA DE OPTIMIZACIÓN TRATAMIENTO	\$ 1.946.560.000,00	\$ 311.449.600,00	\$ 2.258.009.600,00
FASE II	OBRAS DE OPTIMIZACIÓN Y REHABILITACIÓN PTAP TIBITOC GARANTIZANDO LA DEMANDA MÍNIMA REQUERIDA. Q = 10.5 M3/S -	\$112.693.015.040,03	\$ 36.061.764.812,81	\$ 148.754.779.852,84
FASE II	OBRAS DE MODERNIZACIÓN PTAP TIBITOC	\$137.316.951.395,60	\$ 43.941.424.446,59	\$ 181.258.375.842,19
FASE III	ACOMPAÑAMIENTO OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	\$ 1.550.000.000,00	\$ 248.000.000,00	\$ 1.798.000.000,00
TOTAL		\$ 253.506.526.435,63	\$ 80.562.638.859,40	\$ 334.069.165.295,03

A. CÁLCULO DE PRESUPUESTO DE REFERENCIA PARA LAS FASES I, III

Como se mencionó anteriormente, para las Fases I, y III, el presupuesto es el resultado del producto entre las tarifas, un factor multiplicador y el personal propuesto por la Consultoría. Cada uno de estos componentes se explica a continuación:

- ✓ Tarifas del personal: Las tarifas son mensuales y fueron tomadas las establecidas en el Acuerdo 10 de 2013 por el cual se fija el monto salarial para los empleados públicos de la EAB-ESP.

- ✓ **Factor multiplicador:** Es un factor que afecta la base de los sueldos previstos al personal vinculado al servicio de la Consultoría, el cual tiene en cuenta las prestaciones sociales, los costos indirectos y los honorarios o utilidad del Consultor. Este factor se aplica sobre todos los sueldos, incluyendo dominicales y festivos, y partidas que tengan efecto sobre las prestaciones sociales. El factor multiplicador para el caso particular de las obras de Optimización de la PTAP de Tibitoc es de 2,6 y fue calculado con base en la metodología presentada en los Manuales para la Contratación de Consultoría” de la Sociedad Colombiana de Ingenieros y el AICO – Asociación de Ingenieros Consultores Colombianos, publicados por FONADE. El desglose respectivo de este factor se muestra en el Cuadro No. 3.

Según las mencionadas fuentes, el sistema de cálculo por factor de multiplicación es el sistema más ampliamente utilizado en Colombia por ser el que se considera más equitativo. Por otro lado, la aplicación de esta modalidad puede darse dentro de un esquema de contratación abierto, en el cual el monto del contrato no está definido, o dentro de un esquema de suma global fija. En este último caso, el valor del contrato es el resultado de una estimación hecha por el Consultor sobre los sueldos que deberá pagar a su personal para la realización del trabajo, afectados por el factor multiplicador, más una estimación de los costos directos en que se deberá incurrir.

El desglose de los costos estimados para las fases 1 y 3 se presenta en los Cuadros No. 1 y 2, del Volumen No. 1 del Producto No. 11.

B. CÁLCULO DE PRESUPUESTO DE REFERENCIA PARA LAS FASE II

Para la elaboración del presupuesto y de los análisis de precios unitarios respectivos de cada una las obras diseñadas se utilizó un formato elaborado por el ingeniero José Miguel Hernández Sánchez, que fue adaptado a las necesidades específicas del proyecto por INAR ASOCIADOS S.A.

El formato consta de un único archivo donde se encuentra toda la base de datos de: equipos, materiales y personal utilizado en los APU's; de la misma forma, se encuentra toda la organización del presupuesto (capítulos, subcapítulos e ítems); además del análisis y conformación de cada APU.

El presupuesto se organizó de la siguiente manera (HACER REFERENCIA AL NUMERAL DEL PRODUCTO 7 DEL PRESUPUESTO):

1. **Capítulos:** incluye los diferentes componentes de obra. El Plan de Manejo Ambiental (PMA) se estableció globalmente para toda la obra y está tomado en cuenta dentro del capítulo de Estudios y Diseños adicionales.
2. **Subcapítulos:** subdivide cada capítulo en subcapítulos que agrupan los diferentes ítems, por ejemplo: Sistemas de aireación, equipos auxiliares, obras de proceso, celdas eléctricas, etc.
3. **Ítems:** como se mencionó anteriormente, los ítems van agrupados en su subcapítulo correspondiente. Se indica su unidad y su cantidad, su correspondiente APU es calculado en la hoja ANALISIS y se puede ver cada ítem con su APU en la hoja VISTA ITEM.

5.8.5 Presupuesto de referencia para ejecución de la interventoría sobre las obras de optimización de la Planta

El presupuesto de referencia para la convocatoria para la Interventoría de las Fases 1, 2 y 3 de las obras de Optimización de la PTAP Tibitoc, fue calculado considerando la metodología de costos para Consultoría, como el resultado del producto entre las tarifas de personal justificados en el Acuerdo 10 de la EAB, un factor multiplicador calculado según el Manual para la Contratación de Consultoría de FONADE y el personal propuesto por la Consultoría que se presenta en la Figura No. 2 de este documento.

A continuación se presenta tabla con el resumen de los costos estimados para la Interventoría de cada una de las fases de ejecución previstas para el contrato.

Tabla No. 42 Resumen costos Interventoría, Operación y Mantenimiento (\$ COL-2014)

FASE	DESCRIPCION	VALOR PESOS 2014	IVA	TOTAL
FASE I	Estudios y diseños detallados definitivos de la alternativa de optimización tratamiento	\$ 734.880.000,00	\$ 117.580.800,00	\$ 852.460.800,00
FASE II	Interventoría obras de optimización y rehabilitación PTAP Tibitoc garantizando la demanda mínima requerida 10.5 m3/s.	\$ 6.048.960.000,00	\$ 967.833.600,00	\$ 7.016.793.600,00
FASE II	Interventoría obras de modernización PTAP Tibitoc	\$ 3.020.760.000	\$ 483.321.600	\$ 3.504.081.600
FASE III	Interventoría acompañamiento operación y mantenimiento	\$ 513.240.000,00	\$ 82.118.400,00	\$ 595.358.400,00
TOTAL		\$ 10.317.840.000,00	\$ 1.650.854.400,00	\$ 11.968.694.400,00

Como se mencionó anteriormente, para la Interventoría de las Fases I, II y III el presupuesto es el resultado del producto entre las tarifas, un factor multiplicador y el personal propuesto por la Consultoría. Cada uno de estos componentes se explica a continuación:

- ✓ Tarifas del personal: Las tarifas son mensuales y fueron tomadas las establecidas en el Acuerdo 10 de 2013 por el cual se fija el monto salarial para los empleados públicos de la EAB-ESP.
- ✓ Factor multiplicador: Es un factor que afecta la base de los sueldos previstos al personal vinculado al servicio de la Consultoría, el cual tiene en cuenta las prestaciones sociales, los costos indirectos y los honorarios o utilidad del Consultor. Este factor se aplica sobre todos los sueldos, incluyendo dominicales y festivos, y partidas que tengan efecto sobre las prestaciones sociales. El factor multiplicador para el caso particular de las obras de Optimización de la PTAP de Tibitoc es de 2,4 y fue calculado con base en la metodología presentada en los Manuales para la Contratación de Consultoría” de la Sociedad Colombiana de Ingenieros y el AICO – Asociación de Ingenieros Consultores Colombianos, publicados por FONADE. (según se desglosa en el Cuadro No. 8).

Según las mencionadas fuentes, el sistema de cálculo por factor de multiplicación es el sistema más ampliamente utilizado en Colombia por ser el que se considera más equitativo. Por otro lado, la aplicación de esta modalidad puede darse dentro de un esquema de contratación abierto, en el cual el monto del contrato no está definido, o dentro de un esquema de suma global fija. En este último caso, el valor del contrato es el resultado de una estimación hecha por el Consultor sobre los sueldos que deberá pagar a su personal para la realización del trabajo, afectados por el factor multiplicador, más una estimación de los costos directos en que se deberá incurrir.

De conformidad con lo anterior, en los Cuadros No. 4, 5, 6 y 7, del Producto No. 11, se presenta el detalle de costos estimados para la Interventoría en cada fase.

5.8.6 Conclusiones

Teniendo en cuenta que durante la ejecución del contrato de Optimización de la Planta de Tibitoc se debe seguir operando y manteniendo la planta, se recomienda establecer esta actividad según las diferentes Fases del contrato, de tal forma que las responsabilidades y costos queden claramente identificados.

En el evento que el Contratista requiera hacer algunas pruebas directamente en la Planta o en su laboratorio, éstas deberán ser aprobadas previamente y su coordinación se debe hacer con la EAB, quien estará presente en su desarrollo a través de un funcionario designado para el efecto. Los Insumos a usar en las pruebas solicitadas y aprobadas serán por cuenta del Contratista, incluyendo consumos energéticos, químicos, personal y equipos usados en el proceso. Para tal efecto el Contratista deberá presentar una Memoria Técnica, en la cual describirá los ensayos que pretende realizar, explicando en detalle y relacionado los recursos que empleará con tiempos y costos.

El presupuesto de referencia con precios del año 2014, para la contratación tanto de la Interventoría como de los diseños detallados, construcción, suministro, montaje, puesta en marcha de obras y sistemas para la Optimización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Tibitoc, tiene fines informativos, debido a que los proponentes deberán realizar las cotizaciones necesarias para corroborar y/o actualizar el presupuesto. Se debe aclarar que la Consultoría realizó el presupuesto total para el desarrollo de las obras de manera global, las cuales deberán ser ejecutadas en las tres (3) fases mencionadas a continuación:

1. Fase No 1. Estudios y Diseños;
2. Fase No 2. Construcción, suministro y montaje, Puesta en Marcha
3. Fase No 3. Acompañamiento en la Operación y Mantenimiento,

No obstante lo anterior y dando cumplimiento con las indicaciones y comentarios realizados por la Interventoría y la EAB-ESP, la Consultoría ha estructurado los cronogramas generales de ejecución, presupuestos y plan de inversión considerando una ejecución de manera independiente de las obras de optimización, y las obras de modernización.

Si bien los Términos de referencia se han elaborado para la ejecución de las Fases 1, 3 y Fase 2 en lo correspondiente a las obras de optimización de la Planta para 10.5 m³/s, los presupuestos de la construcción se han modulado para considerar los dos grandes grupos de ejecución que se han previsto en la Fase 2, de tal forma que la EAB-ESP, de conformidad con la disponibilidad de recursos que tenga, pueda dividir la convocatoria considerando estas etapas o realizar su contratación en una sola convocatoria como se presenta en los Términos de Referencia que se adjuntan en los Anexos 1 y 2 del Producto No. 11 de la Consultoría.

6. MODELO DE SIMULACIÓN

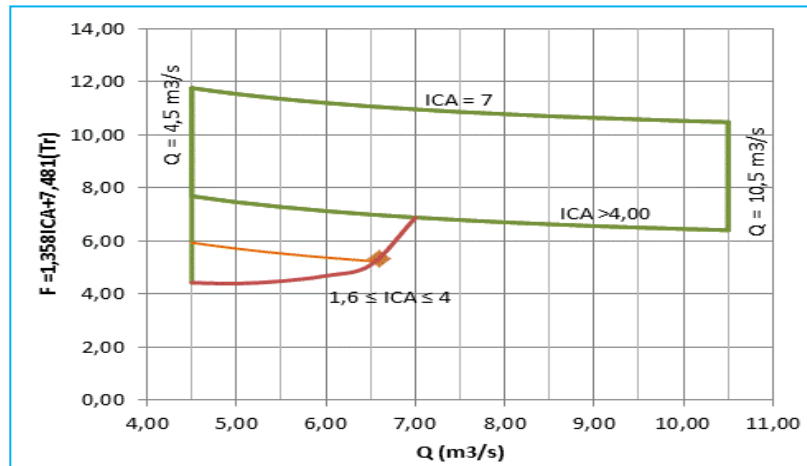
Con el fin de simular las condiciones operacionales de la Planta de Tratamiento de Tibitoc, tal como lo establecen los Términos de Referencia de la Consultoría, utilizando el lenguaje de programación en Visual Basic de Microsoft de Excel 2010® se elaboró una macro de simulación, denominada "INARTIBITOC v 0.5" con tres Módulos Principales:

- ✚ Módulo 1: Determinación del Caudal de Tratamiento para múltiples escenarios de calidad de agua cruda: Contiene las subrutinas de Datos de Entrada y Resultados Hidráulicos.
- ✚ Módulo 2: Simulación de las condiciones operacionales de la planta sin Alternativa de Optimización (Condiciones actuales) para múltiples escenarios de calidad de agua cruda y cumplimiento de normatividad de agua potable. Además del Módulo 1, contiene las subrutinas de Resultados de Potabilización, Producción de Lodos y Costos de Tratamiento.

Para la concepción de la base de datos del modelo matemático, se determinaron los efectos en la operación de la planta frente a la tendencia en el deterioro de la calidad de agua, se evaluó el periodo 2008 hasta el 2011, el cual fue considerado como representativo porque en él ocurrieron los tres escenarios de calidad de agua cruda, descritos en el numeral 2.1.2. Sin embargo, en la base de datos de calidad de agua cruda de 1998 al 2013 se observó que no se encontraba simultaneidad de registros de todos los parámetros considerados en el cálculo del Índice de Calidad de Agua del numeral por que para el desarrollo del modelo matemático se calculó un Índice de Calidad de agua particular, denominado en adelante ICA', con los reportes de los años 2008 a 2013, excluyendo los parámetros de nitratos y coliformes totales, ya que las mediciones de estos parámetros no son realizadas a diario y no ocasionan problemas operacionales a la Planta.

Se realizó una caracterización completa de los rangos de operación de la planta, para todo el rango posible de ICA de la misma, es decir, desde el ICA mínimo de la planta que corresponde a 1.6 hasta el ICA máximo de 7, tal y como se presenta en la Figura No. 19.

Figura No. 19. Rangos de operación Planta Tibitoc



En la siguiente figura se presenta la esquematización de la interfaz de la macro de simulación, denominada “INARTIBITOC v 0.5” con sus Módulos Principales:

Figura No. 20. Interfaz Macro de Simulación INAR TIBITOC



INAR ASOCIADOS S.A.



acueducto
AGUA, ALCANTARILLADO Y ASEO DE BOGOTÁ

INAR TIBITOC v 0.5-
MODELO DE SIMULACIÓN PTAP




Fuente imagen: www.acueducto.com.co

CONTRATO N° 1-02-25300-1221-2013

**CONSULTORÍA PARA REALIZAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS
 BÁSICOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE
 TRATAMIENTO DE AGUA TIBITOC**

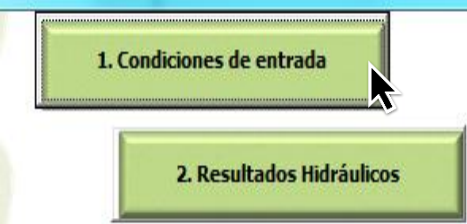
Pantalla de inicio de modelo de simulación
MODELO DE SIMULACIÓN PTAP



The image displays three overlapping windows from the INARTIBITOC V.0.4 software interface:

- Top Left Window (INARTIBITOC V.0.4):** Shows the main title and a green "ENTRAR" button with a mouse cursor pointing to it.
- Top Right Window (Alternativas de optimización):** Contains radio button options: "Operar la planta con las condiciones actuales (Con restricción de caudal)", "Alternativa 0 - Planta actual sin restricción de caudal", and "Alternativas de optimización". A green "Siguiete" button is at the bottom.
- Bottom Center Window (Módulos):** A menu titled "Módulos" with six options: "1. Condiciones de entrada", "2. Resultados Hidráulicos", "3. Resultados Potabilización", "4. Producción de lodos", "5. Costo de Tratamiento", and "6. Alternativas de optimización".

Interfaz de entrada del modelo de simulación



A close-up view of the "Módulos" window, highlighting the first two options: "1. Condiciones de entrada" and "2. Resultados Hidráulicos". A mouse cursor is positioned over the first button.

Entrada

Calidad de entrada

Manganeso: mg/L

Materia orgánica: mg/L

Oxígeno disuelto: mg/L

pH:

Turbiedad: UTN

Temperatura: °C

Conductividad: µS/cm

Caudal a tratar: m³/s

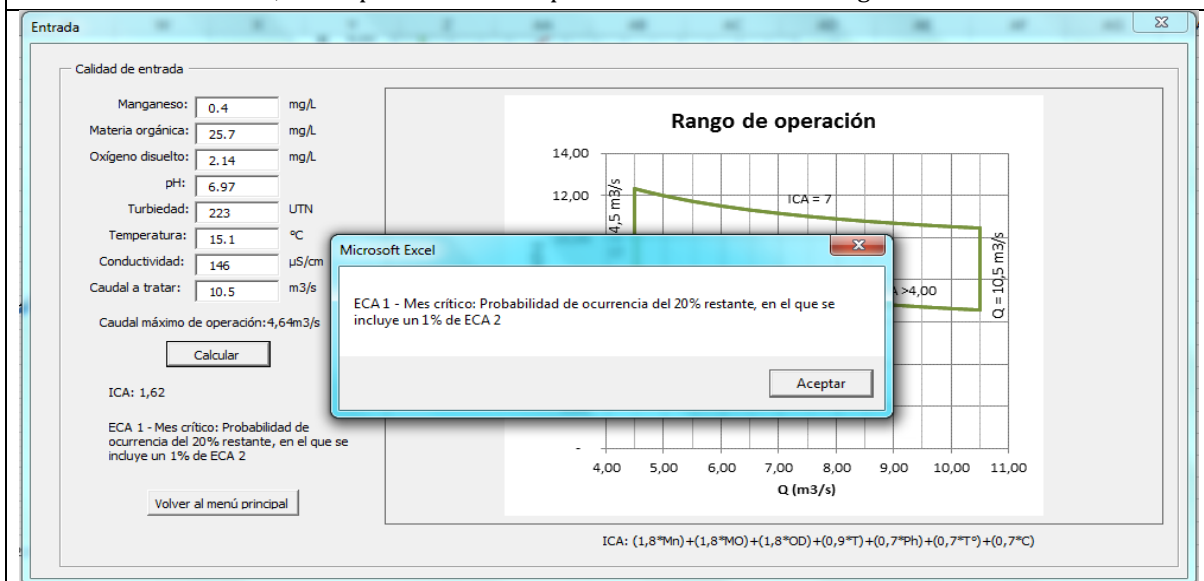
Calcular

ICA:

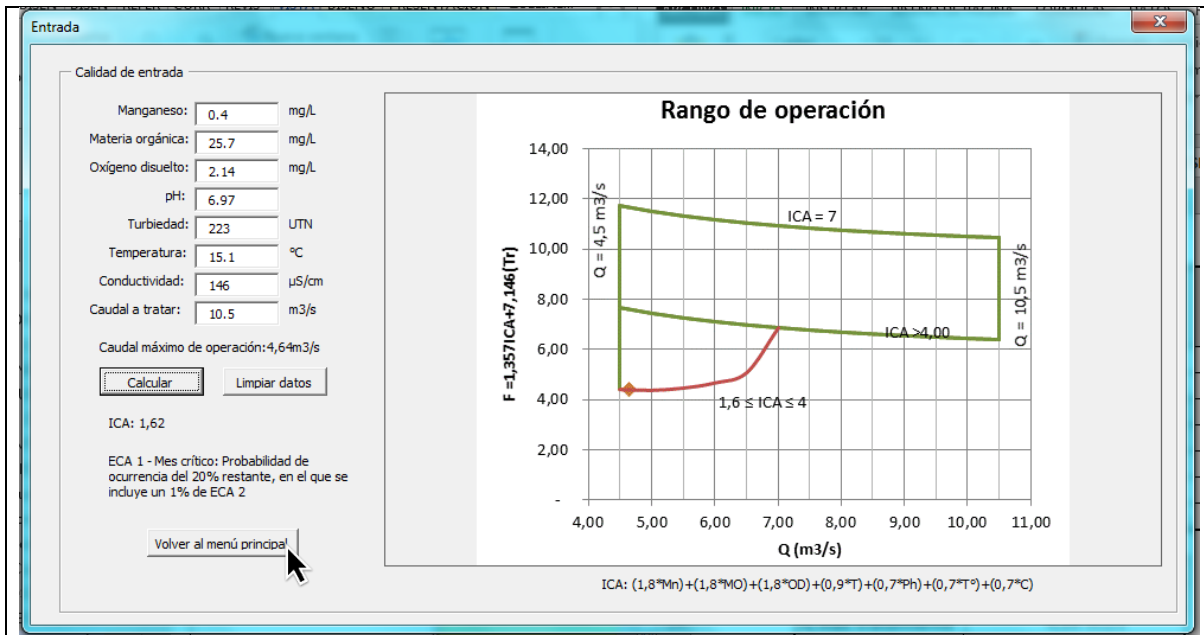
Volver al menú principal

ICA: (1,8*Mn)+(1,8*MO)+(1,8*OD)+(0,9*T)+(0,7*Ph)+(0,7*T°)+(0,7*C°)

Datos de entrada, correspondientes a los parámetros de calidad de agua cruda en las fuentes.



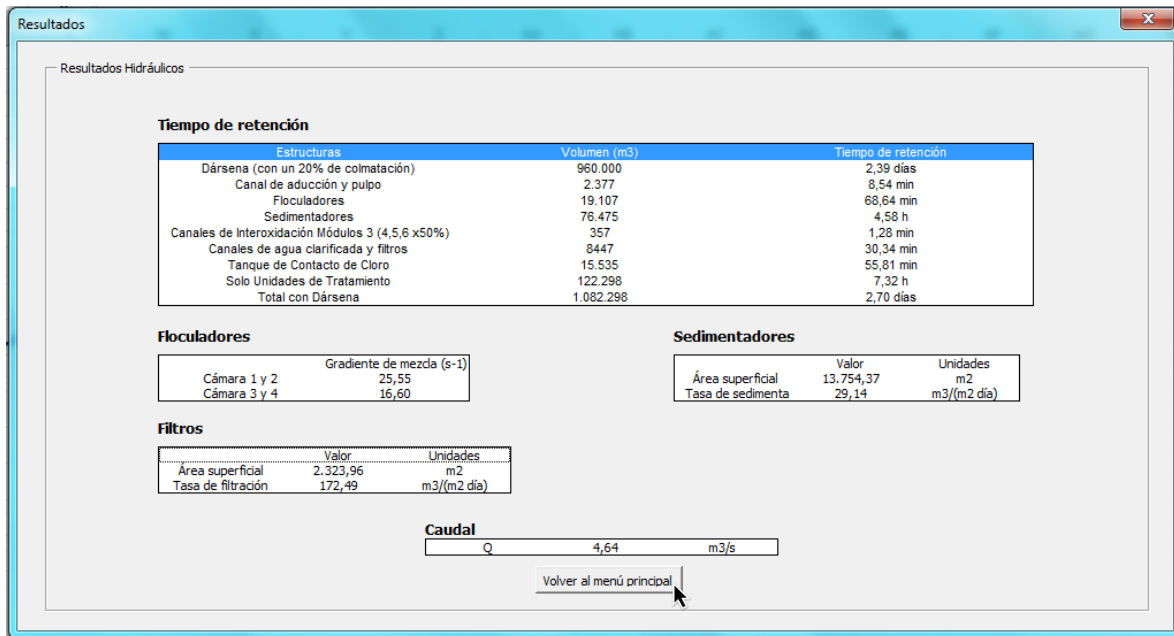
El primer dato que arroja el programa es el valor del ICA, para el caso del ejemplo es de 1.62 y se encuentra en el escenario ECA 1



Es posible visualizar la gráfica de rango de operación y ubicar el caudal máximo de operación con los parámetros de calidad digitados. En el ejemplo es de 4.6 m3/s (rombo naranja en la figura).

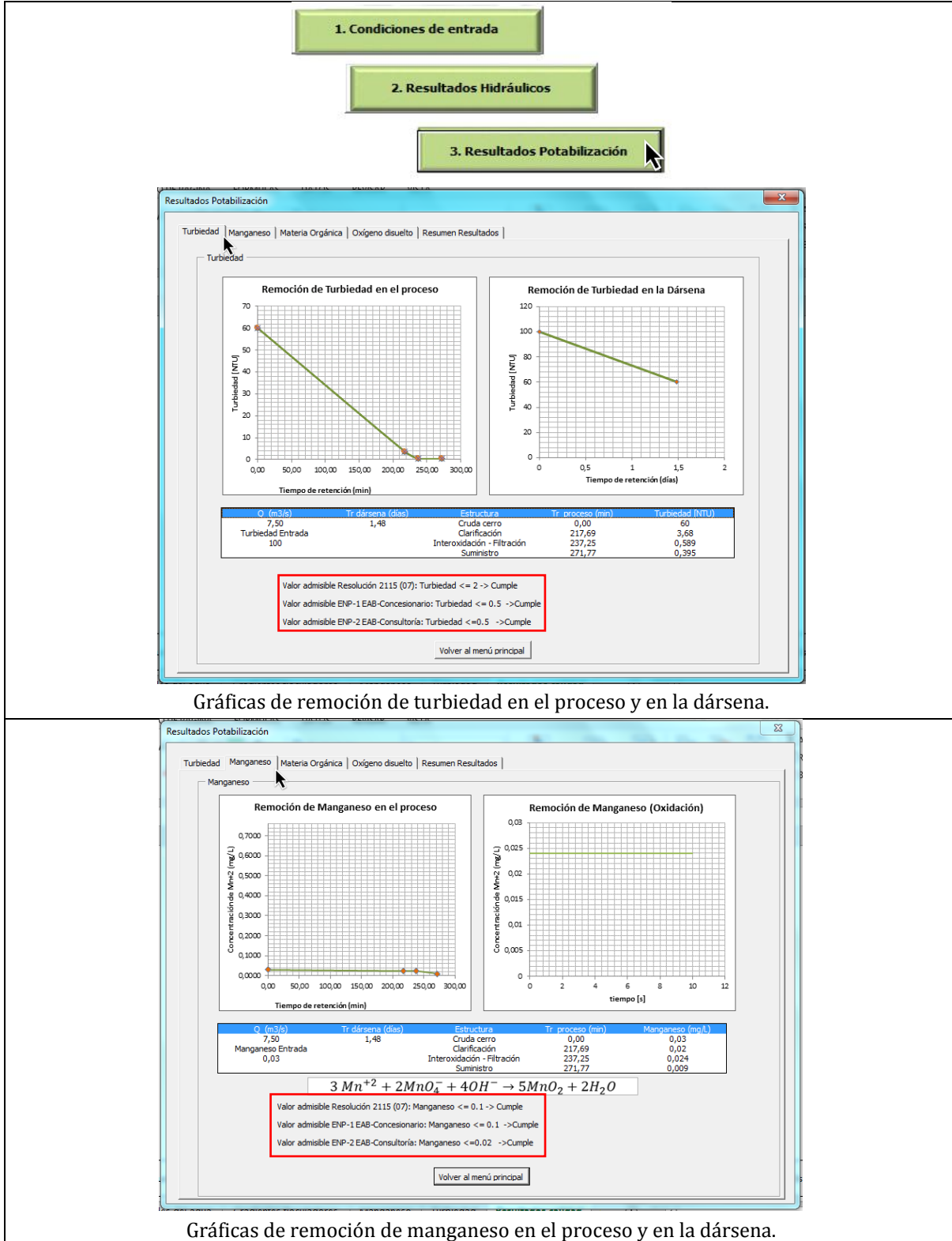
1. Condiciones de entrada

2. Resultados Hidráulicos



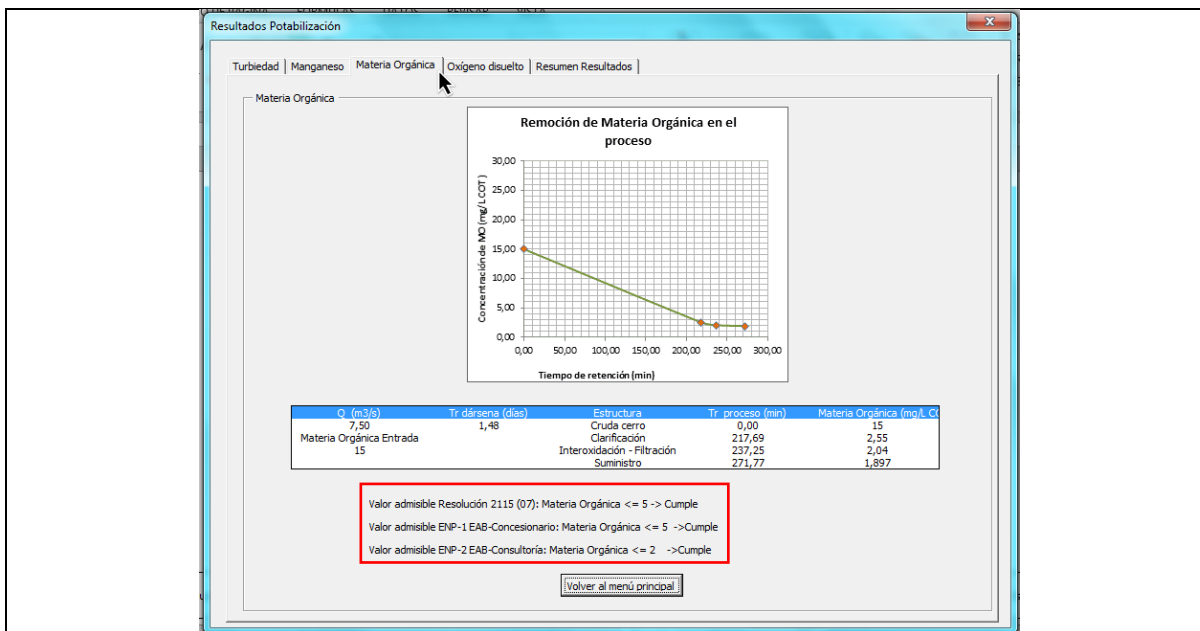
Resultados hidráulicos correspondientes a la primera fase del programa.

Figura No. 21. Esquema modelación matemática Fase 2 – Potabilización

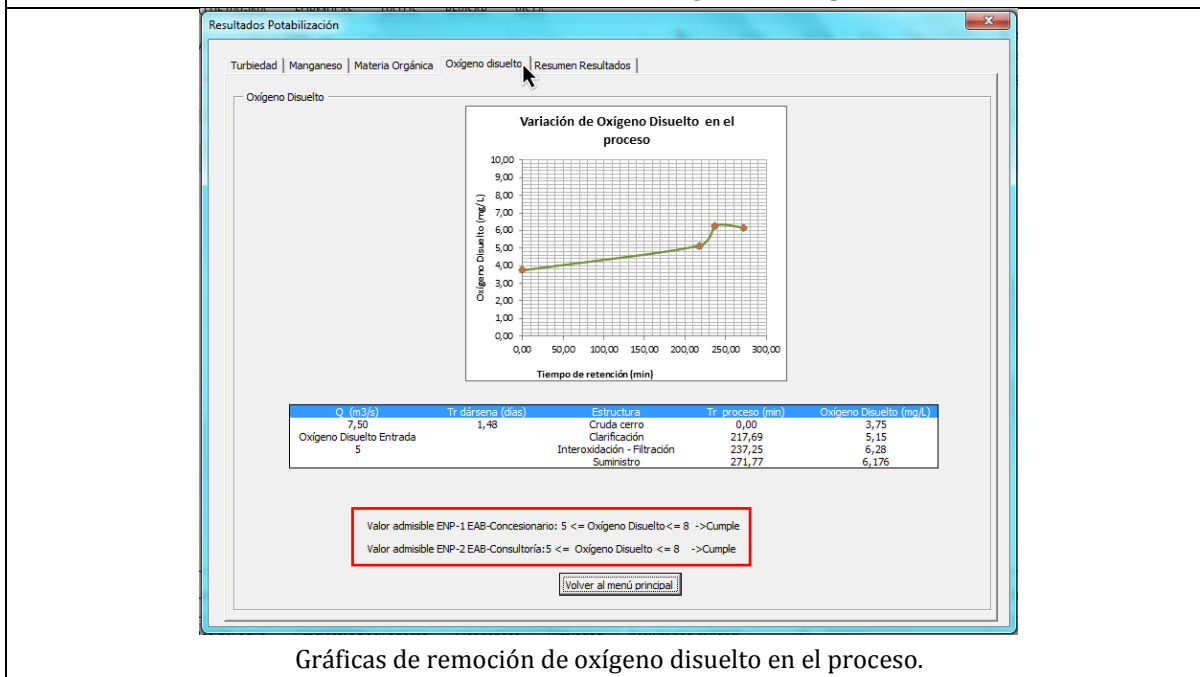


Gráficas de remoción de turbiedad en el proceso y en la dársena.

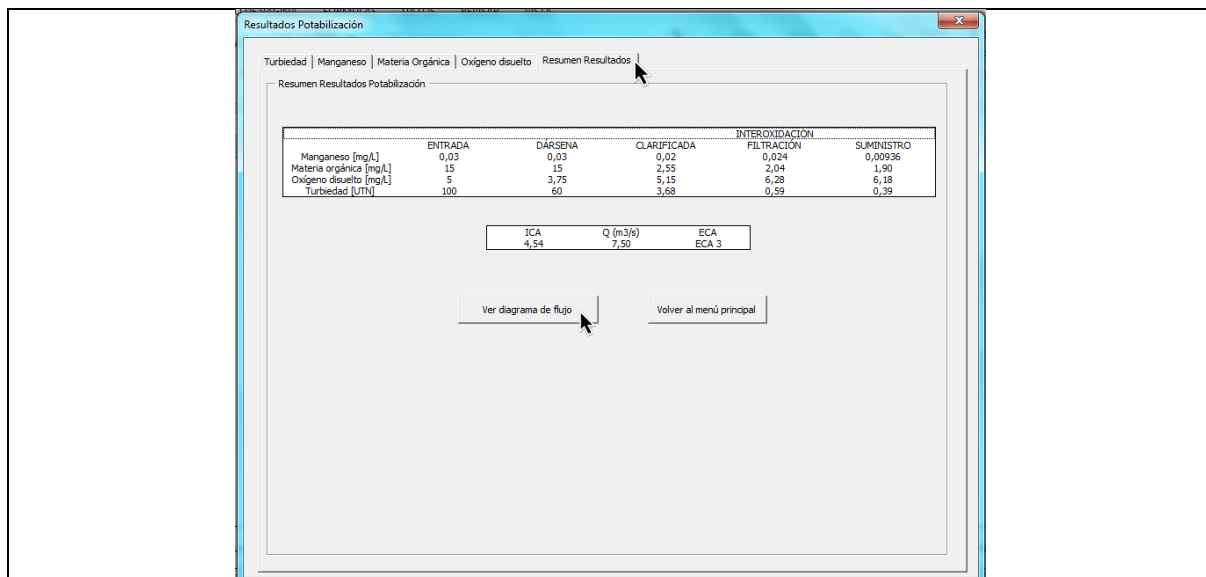
Gráficas de remoción de manganese en el proceso y en la dársena.



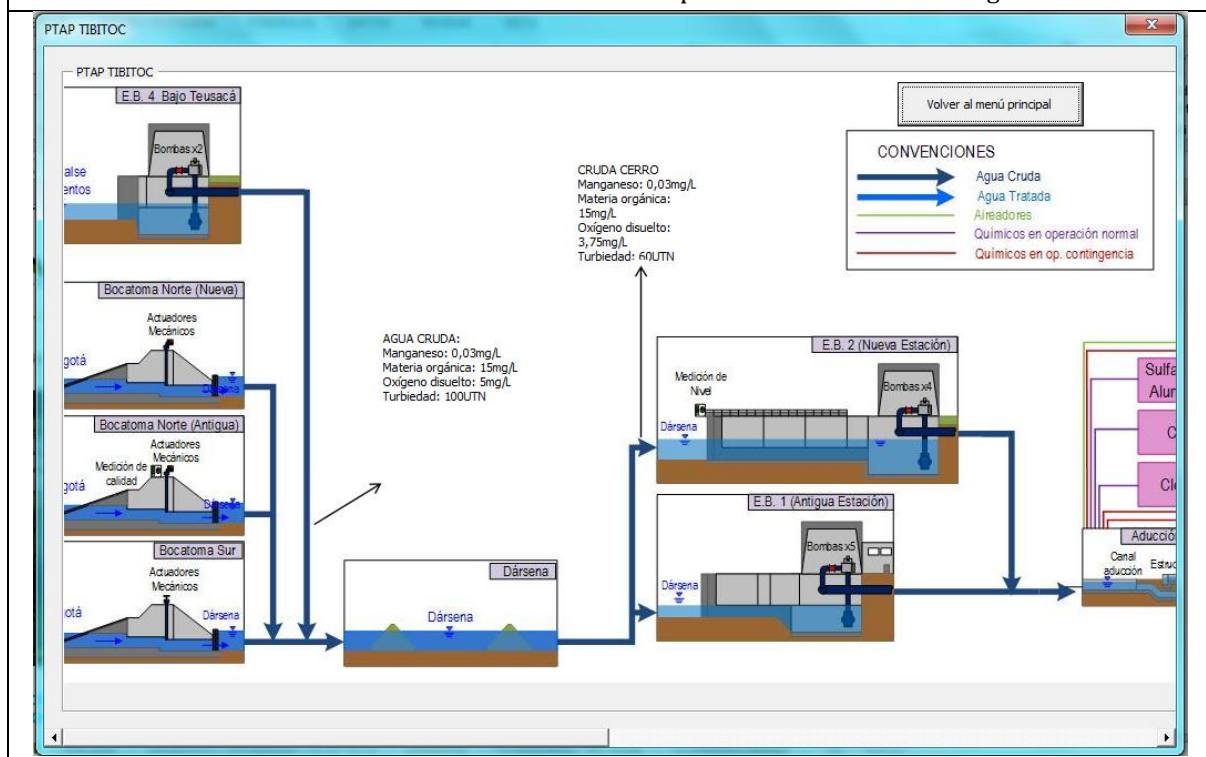
Gráficas de remoción de materia orgánica en el proceso.

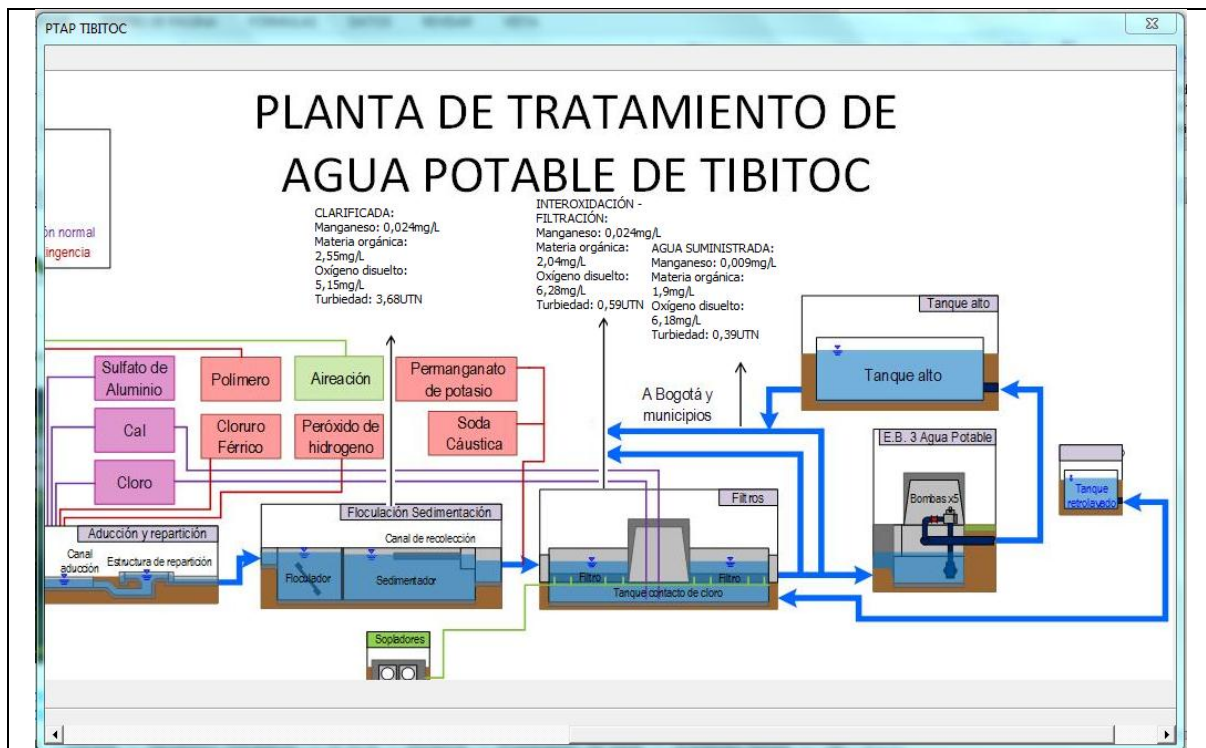


Gráficas de remoción de oxígeno disuelto en el proceso.



Resumen de resultados de remoción de los parámetros de calidad de agua.





Perfil hidráulico con descripción de parámetros de calidad de agua en cada proceso.



Producción de lodos

Producción de lodos

Color: UPC

$$\text{Producción lodos en base seca } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{día}}\right) = [Q[(SST + (A \cdot C) + (K1 \cdot D1) + (K2 \cdot D2)) + 0,001] \cdot 1,1$$

Q	907200	m3/día
SST	21,00	mg/L
A	0,007	
C	10	UPC
K1	0,163	
D1	70,425	mg/L
K2	0,34	
D2	0,000	mg/L

PRODUCCIÓN LODOS B-S. (Kg/día)
32476,55

Q: Volumen de agua tratado (m3/día)
 SST: Sólidos suspendidos totales presentes en el agua cruda (mg/l)
 A: Coeficiente de color = 0.007
 C: Color aparente de agua cruda (UPC)
 K1: Coeficiente de precipitación del sulfato de aluminio= 0.162929
 D1: Dosis de sulfato de aluminio (mg/l)
 K2: Coeficiente de precipitación del cloruro férrico= 0.34
 D2: Dosis de cloruro férrico (mg/l)

Es necesario ingresar el valor respectivo a color aparente, pues la función tiene en cuenta este parámetro para el cálculo de la producción de lodos.

