



**EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN E.S.P.
GERENCIA METROPOLITANA AGUAS**



CONTRATO: 10000230522

INTERCEPTOR NORTE DEL RÍO MEDELLÍN

DOCUMENTO HTA-A-RP-001

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Revisión 1

Diciembre de 2007



Consorcio Hidroestación Torre del Aburrá

conformado por



INTERCEPTOR NORTE DEL RÍO MEDELLÍN		
Estudio de Impacto Ambiental	Documento No: HTA-A-RP-001	
	Revisión: 1	Fecha: 2007-12-03

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.	RECOMENDACIONES DEL DISEÑO PRELIMINAR ;	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.1	Layout de la PTAR.....	¡Error! Marcador no definido.
2.2	Tiempo de retención en la sedimentación primaria	¡Error! Marcador no definido.
2.3	Sedimentación secundaria	¡Error! Marcador no definido.
2.4	Sistemas de salida de los sedimentadores	¡Error! Marcador no definido.
2.5	Sistemas de eliminación de natas	¡Error! Marcador no definido.
2.6	Estación de bombeo de lodo de retorno	¡Error! Marcador no definido.
2.7	Bombas de lodo de exceso	¡Error! Marcador no definido.
2.8	Tipo del reactor biológico.....	¡Error! Marcador no definido.
2.9	Agitadores para tanque de aireación.....	¡Error! Marcador no definido.
2.10	Nitrificación y desnitrificación.....	¡Error! Marcador no definido.
2.11	Sopladores.....	¡Error! Marcador no definido.
2.12	Tipos de difusores de burbuja fina.....	¡Error! Marcador no definido.
2.13	Métodos de control de la aireación.....	¡Error! Marcador no definido.
2.14	Medición del caudal del efluente	¡Error! Marcador no definido.
3.	CRITERIOS DE DISEÑO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.1	Criterios generales de diseño	¡Error! Marcador no definido.
3.1.1	<i>Caudales</i>	¡Error! Marcador no definido.
3.1.2	<i>Cargas de DBO₅ y de sólidos suspendidos</i>	¡Error! Marcador no definido.
3.1.3	<i>Tiempo seco</i>	¡Error! Marcador no definido.
3.1.4	<i>Fábrica de Licores de Antioquia (FLA)</i>	¡Error! Marcador no definido.
3.1.5	<i>Nitrato NO₃-N</i>	¡Error! Marcador no definido.
3.1.6	<i>Cargas internas de la planta</i>	¡Error! Marcador no definido.
3.1.7	<i>Clima</i>	¡Error! Marcador no definido.
3.1.8	<i>Niveles del Río Medellín frente a la PTAR</i>	¡Error! Marcador no definido.
3.1.9	<i>Conclusiones</i>	¡Error! Marcador no definido.
3.1.10	<i>Recomendaciones</i>	¡Error! Marcador no definido.
3.2	Criterios específicos de diseño del lote 1.3	¡Error! Marcador no definido.
3.2.1	<i>Eficiencia del tratamiento</i>	¡Error! Marcador no definido.
3.2.2	<i>Sedimentación primaria</i>	¡Error! Marcador no definido.
3.2.3	<i>Sedimentación secundaria</i>	¡Error! Marcador no definido.
3.2.4	<i>Tanques de aireación</i>	¡Error! Marcador no definido.
3.2.5	<i>Lodo de retorno y lodo de exceso</i>	¡Error! Marcador no definido.
3.2.6	<i>Sistema de aireación</i>	¡Error! Marcador no definido.
3.2.7	<i>Velocidad de flujo y diámetros de tubos</i>	¡Error! Marcador no definido.
4.	SEDIMENTACIÓN SECUNDARIA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.1	Bases de diseño	¡Error! Marcador no definido.
4.2	Dimensionamiento de la sedimentación secundaria ..	¡Error! Marcador no definido.
4.3	Tanque de sedimentación secundaria.....	¡Error! Marcador no definido.

INTERCEPTOR NORTE DEL RÍO MEDELLÍN		
Estudio de Impacto Ambiental	Documento No: HTA-A-RP-001	
	Revisión: 1	Fecha: 2007-12-03

4.4	Puente giratorio con sistema de barrelodos	¡Error! Marcador no definido.
4.5	Sistemas de salida de los sedimentadores	¡Error! Marcador no definido.
4.5.1	<i>Vertederos dentados</i>	¡Error! Marcador no definido.
4.5.2	<i>Sistema de limpieza de las canaletas</i>	¡Error! Marcador no definido.
4.5.3	<i>Material para las canaletas de salida</i>	¡Error! Marcador no definido.
4.6	Sistemas de eliminación de natas	¡Error! Marcador no definido.
4.6.1	<i>Ranura tipo “skim”</i>	¡Error! Marcador no definido.
4.6.2	<i>Bomba de natas instalada en los puentes</i>	¡Error! Marcador no definido.
4.7	Bombeo de natas de la sedimentación secundaria	¡Error! Marcador no definido.
4.7.1	<i>Posibilidades operacionales del tratamiento de las natas</i> ;	¡Error! Marcador no definido.
4.7.2	<i>Estación de bombeo de las natas</i>	¡Error! Marcador no definido.
5.	DISTRIBUIDOR DE LA SEDIMENTACIÓN SECUNDARIA;	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
6.	ESTACIÓN DE BOMBEO DE LODO DE RETORNO;	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
6.1	Estrategia general del control del lodo de retorno	¡Error! Marcador no definido.
6.1.1	<i>Caudal fijo del lodo de retorno</i>	¡Error! Marcador no definido.
6.1.2	<i>Tasa fija de recirculación del lodo de retorno</i>	¡Error! Marcador no definido.
6.1.3	<i>Control del nivel del lodo en la sedimentación secundaria</i> ;	¡Error! Marcador no definido.
6.2	Control del caudal de lodo de retorno.....	¡Error! Marcador no definido.
6.3	Dimensionamiento de las bombas de lodo de retorno;	¡Error! Marcador no definido.
6.4	Golpe de ariete	¡Error! Marcador no definido.
6.5	Aceleración del liquido del sistema.....	¡Error! Marcador no definido.
6.6	Arranque de la bomba de lodo de retorno	¡Error! Marcador no definido.
6.6.1	<i>Arranque directo de la bomba</i>	¡Error! Marcador no definido.
6.6.2	<i>Arranque estrella-triángulo de la bomba</i>	¡Error! Marcador no definido.
6.6.3	<i>Arranque de la bomba con variador de frecuencia</i>	¡Error! Marcador no definido.
6.7	Detalles de la estación de bombeo.....	¡Error! Marcador no definido.
7.	ESTACIÓN DE BOMBEO DE LODO DE EXCESO;	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
7.1	General	¡Error! Marcador no definido.
7.2	Dimensionamiento de las Bombas de lodo de exceso;	¡Error! Marcador no definido.
7.3	Detalles de la estación de bombeo.....	¡Error! Marcador no definido.
8.	REACTOR BIOLÓGICO.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
8.1	Tipo de reactor.....	¡Error! Marcador no definido.
8.2	Dimensionamiento del reactor biológico	¡Error! Marcador no definido.
8.3	Configuración elegida del reactor biológico	¡Error! Marcador no definido.
8.3.1	<i>Descripción del reactor</i>	¡Error! Marcador no definido.
8.3.2	<i>Operación normal del reactor</i>	¡Error! Marcador no definido.
8.3.3	<i>Cascada 1 fuera de servicio</i>	¡Error! Marcador no definido.
8.3.4	<i>Cascada 2 fuera de servicio</i>	¡Error! Marcador no definido.
8.3.5	<i>Cascada 3 fuera de servicio</i>	¡Error! Marcador no definido.
8.4	Agitadores sumergibles	¡Error! Marcador no definido.
9.	AIREACIÓN.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
9.1	Dimensionamiento de la aireación.....	¡Error! Marcador no definido.
9.1.1	<i>Consumo de oxígeno</i>	¡Error! Marcador no definido.

INTERCEPTOR NORTE DEL RÍO MEDELLÍN		
Estudio de Impacto Ambiental	Documento No: HTA-A-RP-001	
	Revisión: 1	Fecha: 2007-12-03

- 9.1.2 Capacidad de oxigenación en agua limpia ¡Error! Marcador no definido.
- 9.1.3 Volumen del aire a inyectar ¡Error! Marcador no definido.
- 9.2 Sopladores..... ¡Error! Marcador no definido.
- 9.2.1 Dimensionamiento ¡Error! Marcador no definido.
- 9.2.2 Tipo del soplador - soplador centrífugo de una etapa ¡Error! Marcador no definido.
- 9.2.3 Análisis de las condiciones de operación - inestabilidades ¡Error! Marcador no definido.
- 9.2.4 Edificio de sopladores - cálculos acústicos ¡Error! Marcador no definido.
- 9.3 Tipos de difusores de burbuja fina..... ¡Error! Marcador no definido.
- 9.4 Control de la aireación..... ¡Error! Marcador no definido.
- 9.4.1 Primer circuito de control (control del oxígeno disuelto) ¡Error! Marcador no definido.
- 9.4.2 Segundo circuito de control (control del caudal de los sopladores) ¡Error! Marcador no definido.
- 10. MEDICIÓN DEL CAUDAL DEL EFLUENTE (CANAL VENTURI); ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**
- 11. MUESTREO INTENSIVO EN MARZO DE 2007; ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**
- 11.1 Variación del caudal y de las cargas durante el día ... ¡Error! Marcador no definido.
- 11.2 Variación típica del caudal y de las cargas durante el día ¡Error! Marcador no definido.
- 12. VERIFICACIÓN DEL DISEÑO FINAL CON EL PROGRAMA GPS-X; ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**
- 12.1 Introducción ¡Error! Marcador no definido.
- 12.2 Descripción del Modelo ¡Error! Marcador no definido.
- 12.2.1 Diseño de la planta ¡Error! Marcador no definido.
- 12.2.2 Calibración..... ¡Error! Marcador no definido.
- 12.2.3 Calidad y flujo del agua residual..... ¡Error! Marcador no definido.
- 12.3 Resultado de la Simulación Dinámica ¡Error! Marcador no definido.
- 12.3.1 Desnitrificación y nitrificación (caso 1)..... ¡Error! Marcador no definido.
- 12.3.2 Desnitrificación y nitrificación con ajuste en la división de difusores (caso 2); ¡Error! Marcador no definido.
- 12.4 Discusión ¡Error! Marcador no definido.
- 12.5 Conclusiones ¡Error! Marcador no definido.
- 13. VERIFICACIÓN DEL DISEÑO FINAL CON EL PROGRAMA SIMBA; ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**
- 13.1 Introducción ¡Error! Marcador no definido.
- 13.2 Descripción del Modelo ¡Error! Marcador no definido.
- 13.3 Caracterización de la Distribución del Agua Residual ¡Error! Marcador no definido.
- 13.3.1 Caudal de aguas residuales ¡Error! Marcador no definido.
- 13.3.2 Valores y cargas de la DQO ¡Error! Marcador no definido.
- 13.3.3 Nitrógeno total ¡Error! Marcador no definido.
- 13.4 Resultados de la Simulación Dinámica ¡Error! Marcador no definido.
- 13.4.1 Sedimentación primaria ¡Error! Marcador no definido.
- 13.4.2 Desempeño de la planta de lodos activados ¡Error! Marcador no definido.
- 13.4.3 Calidad esperada del efluente ¡Error! Marcador no definido.
- 13.4.4 Demanda de aire ¡Error! Marcador no definido.
- 13.4.5 Recomendaciones para el control de la aireación y la distribución de difusores ¡Error! Marcador no definido.
- 13.5 Resumen y Recomendaciones ¡Error! Marcador no definido.
- 14. CÁLCULOS HIDRÁULICOS ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**
- 14.1 Caudales..... ¡Error! Marcador no definido.
- 14.1.1 Caudales del afluente ¡Error! Marcador no definido.

INTERCEPTOR NORTE DEL RÍO MEDELLÍN		
Estudio de Impacto Ambiental	Documento No: HTA-A-RP-001	
	Revisión: 1	Fecha: 2007-12-03

- 14.1.2 Caudales internos.....; **Error! Marcador no definido.**
- 14.1.3 Caudales de agua de lluvias - reactores; **Error! Marcador no definido.**
- 14.1.4 Caudales de agua de lluvias - calles; **Error! Marcador no definido.**
- 14.2 Nivel del agua en el Río Medellín; **Error! Marcador no definido.**
- 15. MEMORIAS DE CÁLCULO ESTRUCTURALES; ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**
- 16. RESUMEN.....; ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

INTERCEPTOR NORTE DEL RÍO MEDELLÍN		
Estudio de Impacto Ambiental	Documento No: HTA-A-RP-001	
	Revisión: 1	Fecha: 2007-12-03

LISTA DE TABLAS

Tabla 3.1	Cargas diarias afluentes del diseño de la PTAR Bello (tiempo seco);	Error! Marcador no definido.
Tabla 3.2	Eficiencia del tratamiento.....	Error! Marcador no definido.
Tabla 3.3	Tiempo de detención hidráulico para la sedimentación primaria;	Error! Marcador no definido.
Tabla 3.4	Tasa de desbordamiento superficial para la sedimentación primaria;	Error! Marcador no definido.
Tabla 3.5	Parámetros de diseño para la sedimentación primaria;	Error! Marcador no definido.
Tabla 3.6	Parámetros de diseño para la sedimentación secundaria;	Error! Marcador no definido.
Tabla 3.7	Parámetros para los tanques de aireación	Error! Marcador no definido.
Tabla 3.8	Parámetros para el sistema de lodo de retorno y lodo de exceso;	Error! Marcador no definido.
Tabla 3.9	Parámetros de diseño para el sistema de aireación;	Error! Marcador no definido.
Tabla 3.10	Parámetros de diseño para tubería	Error! Marcador no definido.
Tabla 4.1	Bases de diseño para la sedimentación secundaria;	Error! Marcador no definido.
Tabla 4.2	Dimensiones de la sedimentación secundaria	Error! Marcador no definido.
Tabla 4.3	Datos de la bomba de natas (instalada en el puente);	Error! Marcador no definido.
Tabla 4.4	Posibilidades operacionales del tratamiento de las natas de la sedimentación secundaria	Error! Marcador no definido.
Tabla 4.5	Datos de la bomba de natas (E/B de natas de la sedimentación secundaria)	Error! Marcador no definido.
Tabla 5.1	Dimensiones del distribuidor de la sedimentación secundaria;	Error! Marcador no definido.
Tabla 6.1	Pérdida de carga en el sistema de succión de lodo de retorno;	Error! Marcador no definido.
Tabla 6.2	Datos de las bombas de lodo de retorno.....	Error! Marcador no definido.
Tabla 6.3	Tiempo de arranque para los sistemas del arranque de la bomba;	Error! Marcador no definido.
Tabla 7.1	Datos de la bomba de lodo de exceso	Error! Marcador no definido.
Tabla 8.1	Compartimientos de un tanque de aireación	Error! Marcador no definido.
Tabla 8.2	Distribución de flujo - operación normal	Error! Marcador no definido.
Tabla 8.3	Distribución de flujo - cascada 1 fuera de servicio .;	Error! Marcador no definido.
Tabla 8.4	Distribución de flujo - cascada 2 fuera de servicio .;	Error! Marcador no definido.
Tabla 8.5	Distribución de flujo - cascada 3 fuera de servicio .;	Error! Marcador no definido.
Tabla 8.6	Datos de los agitadores sumergibles.....	Error! Marcador no definido.
Tabla 9.1	Consumo horario de oxígeno	Error! Marcador no definido.
Tabla 9.2	Capacidad de oxigenación en agua limpia	Error! Marcador no definido.
Tabla 9.3	Volumen del aire a inyectar	Error! Marcador no definido.
Tabla 9.4	Datos de los sopladores	Error! Marcador no definido.
Tabla 9.5	Distribución de los difusores en un tanque de aireación;	Error! Marcador no definido.
Tabla 10.1	Dimensiones del Canal Venturi	Error! Marcador no definido.
Tabla 12.1	Calidad de las aguas residuales.....	Error! Marcador no definido.
Tabla 12.2	Caudales de diseño	Error! Marcador no definido.
Tabla 12.3	Carga de diseño del afluente de la planta	Error! Marcador no definido.
Tabla 12.4	Carga de diseño del afluente del tratamiento biológico;	Error! Marcador no definido.
Tabla 12.5	Diferencias entre el dimensionamiento y la simulación con GPS-X;	Error! Marcador no definido.
Tabla 12.6	Caracterización del afluente a la PTAR.....	Error! Marcador no definido.
Tabla 12.7	Resultado de la simulación - efluente de la sedimentación primaria;	Error! Marcador no definido.
Tabla 12.8	Número de los difusores en los tanques de aireación (caso 1 + 2);	Error! Marcador no definido.
Tabla 12.9	Caudal del aire por difusor (distribución de los difusores ajustada);	Error! Marcador no definido.
Tabla 14.1	Caudales y niveles de agua en el Río Medellín....	Error! Marcador no definido.

INTERCEPTOR NORTE DEL RÍO MEDELLÍN		
Estudio de Impacto Ambiental	Documento No: HTA-A-RP-001	
	Revisión: 1	Fecha: 2007-12-03

LISTA DE FIGURAS

- Figura 4.1 Vista isométrica del tanque de sedimentación secundaria; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 4.2 Planta del tanque de la sedimentación secundaria; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 4.3 Corte del tanque de la sedimentación secundaria ; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 4.4 Corte de la cámara central de entrada y del pozo de lodo; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 4.5 Cámara central - conexión de tubos.....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 4.6 Anillo deslizante para el puente barrelados; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 4.7 Zona de salida de la sedimentación secundaria (planta); **Error! Marcador no definido.**
- Figura 4.8 Zona de salida de la sedimentación secundaria (corte); **Error! Marcador no definido.**
- Figura 4.9 Puente doble giratorio (planta); **Error! Marcador no definido.**
- Figura 4.10 Corte del puente giratorio; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 4.11 Accionamiento del puente giratorio; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 4.12 Protección de la cresta del sedimentador secundario; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 4.13 Vertederos dentados según DIN 19558; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 4.14 Vertedero dentado (corte); **Error! Marcador no definido.**
- Figura 4.15 Canaletas de salida exterior e interior (corte).....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 4.16 Sistema de limpieza de las canaletas con cepillos giratorios; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 4.17 Ranura tipo “skim” con bomba (corte); **Error! Marcador no definido.**
- Figura 4.18 Ranura tipo “skim” con bomba; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 4.19 Bomba de natas instalada en los puentes de los sedimentadores secundarios; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 4.20 Estación de bombeo de las natas de la sedimentación secundaria; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 5.1 Distribuidor de la sedimentación secundaria (vista isométrica); **Error! Marcador no definido.**
- Figura 5.2 Distribuidor de la sedimentación secundaria - canal cerrado de entrada (corte); **Error! Marcador no definido.**
- Figura 5.3 Distribuidor de la sedimentación secundaria (planta); **Error! Marcador no definido.**
- Figura 5.4 Distribuidor de la sedimentación secundaria - cámara de salida (corte); **Error! Marcador no definido.**
- Figura 6.1 Caudal fijo del lodo de retorno.....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 6.2 Tasa fija del lodo de retorno; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 6.3 Control del nivel del lodo en los sedimentadores..; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 6.4 Caudal del lodo de retorno como función del caudal del efluente de la PTAR; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 6.5 Esquema del sistema de lodo de retorno; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 6.6 Niveles del aliviadero y del agua en la cámara de control; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 6.7 Pérdida de carga en el tubo DN 900 y altura de la lámina vertiente; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 6.8 Curva del sistema y curva de las bombas.....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 6.9 Potencia en el eje P y rendimiento η de la bomba de lodo de retorno; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 6.10 Net Positive Suction Head NPSH de la bomba de lodo de retorno; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 6.11 Cámara de equilibrio (planta); **Error! Marcador no definido.**
- Figura 6.12 Cámara de equilibrio (corte); **Error! Marcador no definido.**
- Figura 6.13 Oscilación en la cámara de equilibrio.....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 6.14 Aceleración del líquido del sistema; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 6.15 Arranque directo de la bomba de lodo de retorno; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 6.16 Arranque estrella-triángulo de la bomba de lodo de retorno; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 6.17 Caudales del arranque; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 6.18 Estación de bombeo de lodo de retorno - vista isométrica; **Error! Marcador no definido.**

INTERCEPTOR NORTE DEL RÍO MEDELLÍN		
Estudio de Impacto Ambiental	Documento No: HTA-A-RP-001	
	Revisión: 1	Fecha: 2007-12-03

- Figura 6.19 Estación de bombeo de lodo de retorno - planta. ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 6.20 Estación de bombeo de lodo de retorno - corte longitudinal ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 6.21 Corte del pozo húmedo ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 6.22 Detalle del pozo húmedo..... ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 6.23 Grúa para la estación de bombeo ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 7.1 Bomba de cavidad progresiva (referencia: KSB) .. ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 7.2 Curva del sistema y curva de las bombas..... ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 7.3 Bombas de lodo de exceso (planta)..... ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 7.4 Bombas de lodo de exceso (sección longitudinal) ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 7.5 Bombas de lodo de exceso (sección transversal) . ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 8.1 Reactor de flujo pistón con alimentación por pasos ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 8.2 Sistema de desnitrificación por cascadas ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 8.3 Vista isométrica del tanque de aireación..... ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 8.4 Planta del tanque de aireación (V = 14.250 m³, H = 6,20 m) ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 8.5 Vista superior del tanque de aireación ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 8.6 Aliviaderos para la distribución de flujo a las cascadas ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 8.7 Pared sumergida entre reactor 4 y 5 ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 8.8 Pared sumergida entre reactor 3 y 4 ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 8.9 Tubo de aire a baja presión DN 1400 instalado en el túnel ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 8.10 Aliviaderos de salida del tanque de aireación ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 8.11 Distribución de flujo - operación normal ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 8.12 Distribución de flujo - cascada 1 fuera de servicio ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 8.13 Distribución de flujo - cascada 2 fuera de servicio ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 8.14 Distribución de flujo - cascada 3 fuera de servicio ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 8.15 Agitador sumergible con eje horizontal ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 9.1 Factores pico para el consumo máximo horario de oxígeno ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 9.2 Margen de caudales para sopladores centrífugos de una etapa
(Referencia: HV TURBO) ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 9.3 Instalación típica de sopladores centrífugos de una etapa (Referencia:
HV Turbo) ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 9.4 Soplador centrífugo de una etapa ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 9.5 Corte longitudinal de un soplador centrífugo de una etapa ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 9.6 Rendimiento de los sopladores ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 9.7 Silenciador para tubo de aire a presión DN 2000.. ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 9.8 Edificio de sopladores -Isometría ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 9.9 Edificio de sopladores - aspiración (planta) ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 9.10 Edificio de sopladores - tubo de recolección de aire DN 2000 (planta) ¡Error! Marcador no defi
- Figura 9.11 Edificio de sopladores - zona de aspiración de aire (corte longitudinal) ¡Error! Marcador no def
- Figura 9.12 Edificio de sopladores - tubo de recolección de aire DN 2000 (corte
longitudinal) ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 9.13 Edificio de sopladores - corte transversal chimenea de aspiración ¡Error! Marcador no definido
- Figura 9.14 Edificio de sopladores - corte transversal de los sopladores ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 9.15 Difusores en forma de disco (Referencia: ITT FLYGT) ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 9.16 Distribución de los difusores en un tanque de aireación ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 9.17 Válvula de control tipo iris..... ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 9.18 Control del caudal de los sopladores mediante presión ¡Error! Marcador no definido.

INTERCEPTOR NORTE DEL RÍO MEDELLÍN		
Estudio de Impacto Ambiental	Documento No: HTA-A-RP-001	
	Revisión: 1	Fecha: 2007-12-03

- Figura 9.19 Sistema de control de oxígeno de la estación de sopladores y de un tanque de aireación ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 10.1: Canal Venturi para medición del caudal del efluente ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 10.2 Curva del Canal Venturi ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 11.1 Caudales en los interceptores occidental y oriental ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 11.2 Cargas de DQO y de los sólidos suspendidos ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 11.3 Cargas del nitrógeno y del fósforo ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 11.4 Variación de la carga de DQO durante el día (tiempo seco) ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 11.5 Variación de la carga de los Sólidos Suspendidos durante el día (tiempo seco) ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 11.6 Variación de la carga del Nitrógeno durante el día (tiempo seco) ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 11.7 Variación de la carga del Fósforo durante el día (tiempo seco) ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 12.1 Modelo de la planta utilizado para el cálculo con GPS-X ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 12.2 Perfiles del caudal y de las cargas en el afluente de la PTAR ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 12.3 Concentraciones de N_{total} , DQO, DBO_5 y SS (efluente de la sedimentación primaria) ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 12.4 Carga de DBO_5 del afluente y del efluente de la PTAR ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 12.5 Carga de Sólidos Suspendidos SS del afluente y del efluente de la PTAR ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 12.6 Mixed Liquor Suspended Solids MLSS en los compartimientos N° 3, 6 y 9 ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 12.7 Nitrógeno amoniacal NH_4-N , nitrato NO_3-N y alcalinidad en el efluente de la PTAR ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 12.8 Nitrato NO_3-N en los reactores de desnitrificación ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 12.9 Caudal total de aire a los tanques de aireación (condiciones normales) ¡Error! Marcador no de
- Figura 12.10 Caudal de aire a los distintos compartimientos del tanque de aireación ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 12.11 Caudal del aire por difusor (caso 1 - distribución original) ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 12.12 Caudal del aire por difusor (caso 2 - distribución ajustada) ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 13.1 Diagrama del proceso del tratamiento biológico (una línea del proceso) en SIMBA ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 13.2 Subsistema de un compartimiento de un tanque de aireación ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 13.3 Caudal de aguas residuales en la campaña de pruebas en marzo 2007 ¡Error! Marcador no de
- Figura 13.4 Patrón de flujo diurno afluente a la PTAR Bello derivada de tomas de medidas por EEPPM en marzo 2007 usado en la simulación dinámica de la PTAR ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 13.5 Concentraciones de la DQO medidos en muestras tomadas de los dos interceptores principales de la PTAR Bello durante la campaña de pruebas en Marzo 2007 ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 13.6 Variación diurna de concentración y carga de DQO_{tot} en la ensenada de PTAR Bello derivado de medidas tomadas por EEPPM en marzo 2007 utilizado en la simulación dinámica ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 13.7 Valores de N_{total} medidos en muestras de aguas residuales tomadas de los dos principales interceptores de la PTAR Bello durante la campaña de pruebas en marzo 2007 ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 13.8 Variación diurna de concentración y carga de N_{total} en la ensenada de la PTAR Bello derivado de medidas tomadas por EEPPM en marzo 2007, utilizadas en la simulación dinámica ¡Error! Marcador no definido.

INTERCEPTOR NORTE DEL RÍO MEDELLÍN		
Estudio de Impacto Ambiental	Documento No: HTA-A-RP-001	
	Revisión: 1	Fecha: 2007-12-03

- Figura 13.9 Concentración de la DQO_{total} en el agua residual “antes” y “después” de la presedimentación por un período de simulación de 4 días; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 13.10 Concentración de NTK (Nitrógeno Total Kjeldahl) en el agua residual “antes” y “después” de la presedimentación por un período de simulación de 4 días **Error! Marcador no definido.**
- Figura 13.11 Perfil de concentración de nitrato-nitrógeno en distintos puntos de monitoreo del modelo de simulación después de alcanzar “equilibrio” en la biocenosis **Error! Marcador no definido.**
- Figura 13.12 Alcalinidad residual esperada y nitrato en la salida de la planta de tratamiento **Error! Marcador no definido.**
- Figura 13.13 Perfiles de concentración esperados para el amoníaco y el nitrato en la salida de la PTAR Bello (simulación dinámica L4a); **Error! Marcador no definido.**
- Figura 13.14 Perfil de concentración de NO₃-N en la entrada de la zona de desnitrificación del segundo compartimiento (Unidad 2) y la salida de cada uno de los tres CSTRs formando la zona de desnitrificación; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 13.15 DQO en el efluente de la PTAR Bello predicho por la simulación dinámica usando SIMBA (ASM1) y un enfoque para fraccionar la DQO del agua cruda **Error! Marcador no definido.**
- Figura 13.16 Demanda de aire de la primera cascada oxigenada de CSTRs, cada una con un volumen de 400 m³ **Error! Marcador no definido.**
- Figura 13.17 Perfiles de demanda de aire de las tres cascadas aireadas de una línea de tratamiento **Error! Marcador no definido.**
- Figura 13.18 Variación diaria de la demanda de aire de una línea de tratamiento; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 13.19 Dibujo esquemático del sistema de control de aireación propuesta y distribución de difusores para una línea de tratamiento; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 13.20 Perfil de concentración de oxígeno en la primera sección del primer compartimiento aireado de una línea de tratamiento (la sección es presentada por los tres CSTRs en el modelo de simulación y la concentración de oxígeno es controlada por una toma de medidas de oxígeno en el segundo CSTR) **Error! Marcador no definido.**
- Figura 13.21 Perfil de concentración de oxígeno en la segunda sección del primer compartimiento aireado de una línea de tratamiento (la sección es presentada por seis CSTRs en el modelo de simulación y la concentración de oxígeno es controlada por medidas de oxígeno en el cuarto CSTR de ésta sección) **Error! Marcador no definido.**
- Figura 14.1 Niveles del agua en el Río Medellín **Error! Marcador no definido.**
- Figura 14.2 Caudales en el Río Medellín **Error! Marcador no definido.**

INTERCEPTOR NORTE DEL RÍO MEDELLÍN		
Estudio de Impacto Ambiental	Documento No: HTA-A-RP-001	
	Revisión: 1	Fecha: 2007-12-03

LISTA DE ECUACIONES

- Ecuación 6.1 Amplitud de la oscilación en la cámara de equilibrio; **Error! Marcador no definido.**
- Ecuación 6.2 Aceleración del líquido.....; **Error! Marcador no definido.**
- Ecuación 6.3 Tiempo de aceleración.....; **Error! Marcador no definido.**
- Ecuación 6.4 Potencia en el eje de la bomba.....; **Error! Marcador no definido.**
- Ecuación 6.5 Torque de la bomba.....; **Error! Marcador no definido.**
- Ecuación 6.6 Torque nominal del motor; **Error! Marcador no definido.**
- Ecuación 6.7 Tiempo de arranque de la bomba.....; **Error! Marcador no definido.**
- Ecuación 6.8 Profundidad mínima requerida del tubo de succión; **Error! Marcador no definido.**
- Ecuación 9.1 Nitrificación; **Error! Marcador no definido.**
- Ecuación 9.2 Desnitrificación; **Error! Marcador no definido.**
- Ecuación 10.1 Cálculo del caudal en el Canal Venturi.....; **Error! Marcador no definido.**

INTERCEPTOR NORTE DEL RÍO MEDELLÍN		
Estudio de Impacto Ambiental	Documento No: HTA-A-RP-001	
	Revisión: 1	Fecha: 2007-12-03

LISTA DE ANEXOS

Descripción	Código	Nombre
Anexo 1	HTA-3-RP-03-003-A01	Planos
Anexo 2	HTA-3-RP-03-003-A02	Dimensionamiento de la PTAR (Memoria de Cálculos)
Anexo 3	HTA-3-RP-03-003-A03	Dimensionamiento del Tratamiento Biológico con el Programa BExpert
Anexo 4	HTA-3-RP-03-003-A04	Muestreo Interceptores Oriental y Occidental Marzo 2007
Anexo 5	HTA-3-RP-03-003-A05	Bombas y Motores

INTERCEPTOR NORTE DEL RÍO MEDELLÍN		
Estudio de Impacto Ambiental	Documento No: HTA-A-RP-001	
	Revisión: 1	Fecha: 2007-12-03

LISTA DE PLANOS

CÓDIGO PLANO	TITULO PLANO	HOJAS
03G-PGGR-1-101	Planta General-Layout	1
03G-PGGR-1-105	Planta General-Lote 3 plano P&D	2
09G-PGGR-1-105	Planta General-Localización Sistemas Enterrados - Sector Oriental + Sector Occidental	2
	Tanque de Aireación	
03G-TAGR-1-111	Tanque de Aireación-General - Planta	2
03G-TAGR-3-112	Tanque de Aireación-General - Secciones	2
03G-TAGR-9-114	Tanque de Aireación-General - Isométrico	1
03C-TAGG-1-115	Tanque de Aireación-Geometría - Planta	1
03C-TAGG-3-116	Tanque de Aireación-Geometría - Secciones	3
03C-TAGG-5-117	Tanque de Aireación-Geometría - Detalles	1
03M-TATD-1-121	Tanque de Aireación-Tuberías - Planta	2
03M-TATD-5-122	Tanque de Aireación-Tuberías - Secciones y Detalles	2
	Edificio de Sopladores	
03G-ESGR-9-134	Edificio de Sopladores-General - Isométrico	1
03C-ESGG-1-135	Edificio de Sopladores-Geometría - Planta	5
03C-ESGG-3-136	Edificio de Sopladores-Geometría - Secciones	2
03M-ESES-1-141	Edificio de Sopladores-Localización de equipos - Planta	2
03M-ESES-1-142	Edificio de Sopladores-Tuberías - Planta	1
03M-ESES-4-143	Edificio de Sopladores-Tuberías - Secciones y Detalles	3
	Distribución Sedimentación Secundaria	
03G-DSGR-1-160	Distribución Sedimentación Secundaria-General - Planta	1
03G-DSGR-3-161	Distribución Sedimentación Secundaria-General - Secciones	2
03G-DSGR-9-163	Distribución Sedimentación Secundaria-General - Isométrico	1
03C-DSGG-4-164	Distribución Sedimentación Secundaria-Geometría - Planta - Secciones	2
	Tanque de Sedimentación Secundaria	
03G-TSGR-1-180	Tanque de Sedimentación Secundaria-General - Planta	1

INTERCEPTOR NORTE DEL RÍO MEDELLÍN		
Estudio de Impacto Ambiental	Documento No: HTA-A-RP-001	
	Revisión: 1	Fecha: 2007-12-03

03G-TSGR-3-181	Tanque de Sedimentación Secundaria-General - Secciones	1
03G-TSGR-5-182	Tanque de Sedimentación Secundaria-General - Detalles	2
03G-TSGR-9-183	Tanque de Sedimentación Secundaria-General - Isométrico	1
03C-TSGG-1-184	Tanque de Sedimentación Secundaria-Geometría - Planta	1
03C-TSGG-3-185	Tanque de Sedimentación Secundaria-Geometría - Secciones	1
03C-TSGG-5-186	Tanque de Sedimentación Secundaria-Geometría - Detalles	2
	Estación Bombeo Lodo de Retorno	
03G-BLGR-1-201	Estación Bombeo Lodo de Retorno-General - Planta	1
03G-BLGR-3-202	Estación Bombeo Lodo de Retorno-General - Secciones	6
03G-BLGR-9-204	Estación Bombeo Lodo de Retorno-General - Isométrico	1
03C-BLGG-1-205	Estación Bombeo Lodo de Retorno-Geometría - Planta	1
03C-BLGG-3-206	Estación Bombeo Lodo de Retorno-Geometría - Secciones	1
03M-BLTD-1-211	Estación Bombeo Lodo de Retorno-Tuberías - Planta	2
03M-BLTD-5-212	Estación Bombeo Lodo de Retorno-Tuberías - Secciones y Detalles	2
	Estación Bombeo Natas Secundarias	
03G-BNGR-4-240	Estación Bombeo Natas Secundarias-General - Planta-Secciones-Detalles	1
03C-BNES-4-241	Estación Bombeo Natas Secundarias-Geometría - Planta-Secciones-Detalles	1
	Canal de Interconexión y Descarga del Efluente	
03G-CSGR-1-260	Canal de Interconexión y Descarga del Efluente-General - Planta	2
03C-CSGG-3-265	Canal de Interconexión y Descarga del efluente-Geometría - Secciones	5

INTERCEPTOR NORTE DEL RÍO MEDELLÍN		
Estudio de Impacto Ambiental	Documento No: HTA-A-RP-001	
	Revisión: 1	Fecha: 2007-12-03

ANEXOS

INTERCEPTOR NORTE DEL RÍO MEDELLÍN		
Estudio de Impacto Ambiental	Documento No: HTA-A-RP-001	
	Revisión: 1	Fecha: 2007-12-03

ANEXO 1

HTA-A-RP-01-10-A01

PLANOS

Revisión 0

INTERCEPTOR NORTE DEL RÍO MEDELLÍN		
Estudio de Impacto Ambiental	Documento No: HTA-A-RP-001	
	Revisión: 1	Fecha: 2007-12-03

ANEXO 2

HTA-A-RP-01-10-A01

DIMENSIONAMIENTO DE LA PTAR (MEMORIA DE CÁLCULOS)

Revisión 0