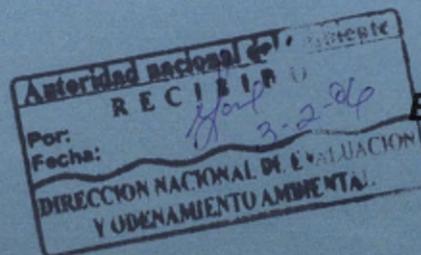


AMPLIACIÓN No. 2 DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL CATEGORÍA II

De la Expansión del Puerto de Cristóbal

Preparado para:

PANAMA PORTS COMPANY



Elaborado Por:



Ingemar Panamá
Consultores Ambientales

26 de enero de 2006

ÍNDICE DE CONTENIDO

A.	<u>INTRODUCCIÓN.....</u>	<u>2</u>
B.	<u>PREGUNTAS Y RESPUESTAS.....</u>	<u>2</u>
B.1	PRESENTAR LA SOLICITUD DE TRAMITACIÓN ANTE LA AUTORIDAD MARÍTIMA DE PANAMÁ (AMP), DE LA ASIGNACIÓN DEL PUNTO DE DISPOSICIÓN Y VERTIMIENTO DE MATERIAL DRAGADO, MEDIANTE EL CUMPLIMIENTO Y PRESENTACIÓN DE REQUISITOS ESPECÍFICOS (ESTUDIOS Y ANÁLISIS DE MUESTRAS) QUE PARA TAL FIN EXIGE LA REFERIDA INSTITUCIÓN, YA SEA PARA MATERIAL DURO O SUAVE.	2
B.2	PRESENTAR SOLICITUD DE TRAMITACIÓN ANTE LA AUTORIDAD MARÍTIMA DE PANAMÁ – DIRECCIÓN DE PUERTOS DEPARTAMENTO DE CONCESIONES Y ASESORÍA LEGAL DE ESA ENTIDAD, LOS PERMISOS PARA LA REALIZACIÓN DE CUALQUIER TIPO DE DRAGADO Y ACONDICIONAMIENTO DE ÁREA DE FONDO DE MAR.	2
B.3	PRESENTAR LA AUTORIZACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE CONTAMINACIÓN DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE RECURSOS MARINOS Y COSTEROS CON RESPECTO A LA UTILIZACIÓN DE COLORANTES (RODAMINA) UTILIZADOS EN SIMULACIONES DE MANCHA (DIRECCIÓN, PERÍODOS, VELOCIDAD).	2
B.4	DEFINIR LOS PARÁMETROS Y NORMAS DE CALIDAD DE AGUAS UTILIZADAS CON LA NORMA DGNTI-COPANIT-2000, YA QUE LA NO APLICA PARA AGUAS MARINAS ACLARAR ESTE MAL ENTENDIDO.....	3
B.5	INDICAR QUE MEDIDAS DE MITIGACIÓN APLICARÁ PARA EL SITIO DE DISPOSICIÓN DE MATERIAL DRAGADO ANTE LA AFECTACIÓN DIRECTA DE LOS ORGANISMOS BENTÓNICOS DEBIDO A LA MUERTE POR APLASTAMIENTO Y SOFOCACIÓN POR FALTA DE OXÍGENO.....	3
B.6	PRESENTAR LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN CON RESPECTO A LA CALIDAD DEL AGUA EN EL SITIO DE DISPOSICIÓN YA QUE ES BUENA Y APTA PARA LA VIDA MARINA.	4
B.7	ESPECIFICAR LA METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA MEDICIÓN DE LAS CORRIENTES SEGÚN LA BATIMETRÍA REALIZADA YA QUE NO SE ESTABLECE LA VELOCIDAD EN M/S (METROS POR SEGUNDO) SOLO SE ESPECIFICA EL COMPORTAMIENTO Y DIRECCIÓN DE LA MISMA POR LO SIGUIENTE QUEREMOS SABER CUAL FUE LA VELOCIDAD DE LAS CORRIENTES EN LOS MESES DE ENERO, FEBRERO, MARZO Y ABRIL EN M/S.....	4
B.8	AMPLIAR INFORMACIÓN SOBRE LA PLANTA DE TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE LODOS	6
C.	<u>ANEXOS.....</u>	<u>C-7</u>
C.1	ANEXO 1: CARTA DINEORA-DEIA-AP-026-12-06	C-8
C.2	ANEXO 2: ESPECIFICACIONES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	C-9

A. Introducción

La siguiente Ampliación al Estudio de Impacto Ambiental, Categoría II, Proyecto Expansión del Puerto de Cristóbal, responde las consultas específicas de la ANAM, mediante nota DINEORA-DEIA-AP-026-12-06 de 12 de enero de 2006 (Anexo 1), donde se solicita información sobre los diferentes temas dentro del EIA. La notificación del Promotor se dio el 23 de enero de 2006.

B. Preguntas y Respuestas

A continuación se detallan los puntos solicitados y su respectiva respuesta.

B.1 Presentar la solicitud de tramitación ante la Autoridad Marítima de Panamá (AMP), de la asignación del punto de disposición y vertimiento de material dragado, mediante el cumplimiento y presentación de requisitos específicos (estudios y análisis de muestras) que para tal fin exige la referida institución, ya sea para material duro o suave.

La resolución de aprobación del Estudio de Impacto Ambiental es uno de los requisitos solicitados por la AMP para ingresar los papeles para tramitar el permiso solicitado. Una vez completado el trámite de este Estudio de Impacto Ambiental se procederá a ingresar los papeles de solicitud de permiso ante la AMP.

B.2 Presentar solicitud de tramitación ante la Autoridad Marítima de Panamá – Dirección de Puertos Departamento de Concesiones y Asesoría Legal de esa entidad, los permisos para la realización de cualquier tipo de dragado y acondicionamiento de área de fondo de mar.

La resolución de aprobación del Estudio de Impacto Ambiental es uno de los requisitos solicitados por la AMP para ingresar los papeles para tramitar el permiso solicitado. Una vez completado el trámite de este Estudio de Impacto Ambiental se procederá a ingresar los papeles de solicitud de permiso ante la AMP.

B.3 Presentar la autorización del departamento de contaminación de la Dirección General de Recursos Marinos y Costeros con respecto a la utilización de colorantes (RODAMINA) utilizados en simulaciones de mancha (dirección, períodos, velocidad).

La utilización de la Rodamina fue aprobada mediante la Resolución DINEORA IA-078-01 de 23 de julio de 2001, mediante la cual se aprobó el Estudio de Impacto Ambiental, Categoría III, del Dragado del Puerto de Contenedores de Balboa, Fase 3, que fue la primera ocasión en que se

utilizaron colorantes para mediciones de disolución. En la sección *D.3.8.1.2-Disolución Natural*, y en el *Anexo 1-Metodología*, se informa del uso de rodamina como colorante natural a ser utilizado para los estudios de corrientes y disolución. Además, en los Planes de Trabajo e informes semanales de los monitoreos de las fases 1 y 3 se menciona el uso de rodamina como elemento de muestreo de disolución natural y corrientes. Tanto el informe de EIA como los informes semanales de seguimiento, vigilancia y control durante 83 semanas fueron revisados por las RUAS y aprobados por la ANAM.

B.4 Definir los parámetros y normas de calidad de aguas utilizadas con la Norma DGNTI-COPANIT-2000, ya que la no aplica para aguas marinas aclarar este mal entendido.

A falta de una norma nacional para aguas marinas, se utilizó la *Norma chilena de calidad en aguas marinas, 2004*. A continuación se presenta la Tabla D.15 (página D-29) modificada, que incorpora dicha norma.

Caracterización del agua de los sitios de disposición (sitio 1 y sitio 2)

PARAMETRO	UNIDAD	Sitios de Muestreo		Norma (Clase 1) (1)
		Sitio 1	Sitio 2	
Temperatura	°C	28.5	29.0	+/- 2°C (2)
Conductividad	mmhos/cm	48120.0	48960.0	
Oxígeno disuelto	mg/L	6.1	6.1	
% Saturación de oxígeno	%	91	92	>90%
Salinidad	‰	29	30	
Cadmio	mg/L	<0.02	<0.02	<5
Aceites y Grasas	mg/L	<0.1	<0.1	
Hidrocarburos totales	mg/L	<0.001	<0.001	<0.002
Coliformes Totales	CFU/100ml	0	0	<70
Coliformes Fecales	CFU/100ml	0	0	<2

Nota:

(1)= Clase 1: agua de buena calidad según Norma Chilena.

(2)= +/- 2°C la variación estacional normal de área

Según los resultados de la tabla, respecto a la norma chilena, en el sitio de disposición la calidad del agua es buena, esto concuerda con lo señalado en el texto de línea base. Los campos vacíos en la tabla significan que la norma chilena de calidad de aguas marinas no contempla estos parámetros.

B.5 Indicar que medidas de mitigación aplicará para el sitio de disposición de material dragado ante la afectación directa de los organismos bentónicos debido a la muerte por aplastamiento y sofocación por falta de oxígeno.

En la segunda viñeta de la respuesta a la pregunta B.4 de la primera ampliación solicitada se aclaró que a pesar que en el EIA se menciona la posibilidad de muerte por aplastamiento y sofocación de los organismos bentónicos, se menciona además que estos impactos no son considerados significativos debido a que una vez terminadas las actividades de disposición se dará la recolonización natural y rápida del área por los organismos de las zonas circundantes.

Esto ya fue comprobado por muestreos realizados por buzos entre las actividades de dragado de las fases 1 y 3 en el Puerto de Balboa. Por lo tanto, no requiere de medidas de mitigación o compensación.

B.6 Presentar las medidas de mitigación con respecto a la calidad del agua en el sitio de disposición ya que es buena y apta para la vida marina.

En la sección *F.4.1-Programa de Dragado* (página F-4) se presentan las acciones In-Situ y Ex-Post de mitigación. Estas acciones demostraron ser eficaces durante las actividades de dragado de las Fases 1 y 3 del Puerto de Balboa, en el Pacífico, hecho demostrado en los informes semanales y finales del seguimiento, vigilancia y control de dichos dragados, documentos que reposan en la ANAM.

B.7 Especificar la metodología utilizada para la medición de las corrientes según la batimetría realizada ya que no se establece la velocidad en m/s (metros por segundo) solo se especifica el comportamiento y dirección de la misma por lo siguiente queremos saber cual fue la velocidad de las corrientes en los meses de enero, febrero, marzo y abril en m/s.

En la sección *1.5.4-Oceanografía del Anexo 1: Metodología*, se presenta la metodología para la sección de Oceanografía, que incluye mediciones de corrientes, disolución, olas, viento, y descripción de como opera el modelo OAM.

En la Tabla D.10 de la sección D.3.5.1-Corrientes (página D-23) se presentan las velocidades de las corrientes (columna 4), en cm/s, en todos los sitios de muestreo durante mareas en vaciante y llenante, durante las campañas de muestreo, que se realizaron el 28 y 29 de mayo, 2 y 4 de junio de 2005. En los párrafos siguientes a dicha Tabla D-10 (paginas D-23 y D-24) se analizan los resultados, incluyendo mención de los rangos de fluctuación de las velocidades de las corrientes en las dos campañas de medición. A continuación se presenta una tabla que convierte los cm/s en m/s:

FECHA	MAREA	ESTACION	VELOCIDAD Y DIRECCION DE CORRIENTES		OLAS (m)	VIENTO
			(cm/s)	(m/s)		
28 mayo AM	Vaciante	Boya I	6,1 al N	0.061	0,05m/NE	moderado/SW
		Boya F	5,8 al N	0.058		
		Boya A	14,5 al N	0.145		
28 mayo PM	Llenante	Boya I	4.0 al NNE	0.04	0.05m/N	Suave/W
		Boya F	11.4 al NWN	0.114		
		Boya A	5.8 al W	0.058		
29 mayo AM	Vaciante	Boya I	13,2 al N	0.132	0,05m/W	moderado/W
		Boya F	9,9 al NEE	0.099		
		Boya A	11,5 al SE	0.115		
29 mayo PM	Llenante	Boya I	14.7 al E	0.147	0.1m/NE	Fuerte/NW

FECHA	MAREA	ESTACION	VELOCIDAD Y DIRECCION DE CORRIENTES		OLAS (m)	VIENTO
			(cm/s)	(m/s)		
		Boya F	10.1 al ESE	0.101	0.1m/NE	Fuerte/NW
		Boya A	18.2 al NE	0.182	0.3m/E	Fuerte/NW
02 junio PM	Vacante	Boya I	13.3 al NWN	0.133	0.2m/N	moderado/N
		Boya F	20,8 al NWN	0.208	0,1m/S	Suave/S
		Boya A	15,2 al N	0.152	0,1m/S	Suave/S
02 junio AM	Llenante	Boya I	25.0 al N	0.25	0.1m/S	Suave/S
		Boya F	23.3 al N	0.233	0.1m/S	Suave/S
		Boya A	13.9 al N	0.139	0.1m/S	Suave/S
04 junio PM	Vacante	Boya I	13.3 al N	0.133	0,1m/NE	Calmo/W
		Boya F	9.7 al N	0.097	0,1m/NE	Calmo/SW
		Boya A	7.8 al NWN	0.078	0,1m/N	Calmo/SW
04 junio AM	Llenante	Boya I	11.1 al E	0.111	-	Suave/SW
		Boya F	10.0 al N	0.1	-	Calmo/S
		Boya A	18.9 al NE	0.189	-	Moderado/S

Entre los meses de enero a abril no se tomaron datos porque el estudio se inició en mayo de 2005.

Con referencia a la solicitud de muestreo en los meses de enero a abril, asumimos que solicitan que consideremos muestreos durante la estación seca. Al respecto respondemos con los siguientes análisis.

La velocidad y dirección de las corrientes en un determinado lugar, son determinadas por los vientos imperantes y las mareas. Esto es conocido como forzamiento hidrodinámico básico. El hecho que sea estación seca o lluviosa no tiene mayor influencia en las corrientes marinas y oceánicas.

El régimen de mareas depende de la fase lunar (sicigia o cuadratura), por lo cual se da en un ciclo mensual y no cambia estacionalmente. En el periodo de sicigias (aguajes) se deberían registrar las corrientes con mayor intensidad. Contrariamente, en el periodo de cuadratura la velocidad de las corrientes debiera ser más débil. Esto se da por la fuerza de atracción que ejercen la luna y el sol sobre la tierra.

Al respecto se debe mencionar que las mediciones se realizaron en las siguientes fechas:

- 28 de mayo 2005: cuadratura
- 4 de junio 2005: sicigia

Por lo tanto, las mareas se midieron en ambas fases lunares, y por lo tanto, se “capturó” completa la señal hidrodinámica.

Respecto al viento, según el mismo informe (sección vientos), se cuantificó que durante la mayor parte del año soplan vientos del primer y segundo cuadrante (vientos provenientes del norte). Esta condición de viento sí fue medida en la campaña de muestreo realizada en mayo – junio 2005. Efectivamente se efectuaron mediciones con vientos del Norte y además se

analizaron con modelo matemático de cómo las corrientes responderán a vientos del primer y cuarto cuadrante. Por lo tanto, se considera innecesario realizar mediciones en la estación seca, para eso es precisamente que se usan modelos de simulación hidrodinámica.

B.8 Ampliar información sobre la planta de tratamiento y disposición de lodos

En el Anexo 2 se presenta la información ampliada sobre la planta de tratamiento de aguas servidas y la disposición de lodos.

C. ANEXOS

C.1 ANEXO 1: Carta DINEORA-DEIA-AP-026-12-06



AUTORIDAD NACIONAL DEL AMBIENTE
DIRECCIÓN NACIONAL DE EVALUACIÓN Y ORDENAMIENTO AMBIENTAL

Tel. 315-0855 - Ext. 329. Fax Ext. 332 Apartado C Zona 0843, Balboa, Ancon

www.anam.gob.pa

Panamá, 12 de enero de 2006.
DINEORA-DEIA-AP- 026- 12-06.

Señor
ALEJANDRO KOURUKLIS
Representante Legal
Empresa Panamá Ports Company S.A.
E. S. D.

Señor Kouruklis:

Nos dirigimos a usted con relación al Estudio de Impacto Ambiental Categoría II titulado "PROYECTO EXPANSION DEL PUERTO DE CRISTOBAL", a desarrollarse en la provincia de Colón, el cual requiere la siguiente información complementaria:

1. Presentar la solicitud de tramitación ante la Autoridad Marítima de Panamá, de la asignación del punto de disposición y vertimiento de material dragado, mediante el cumplimiento y presentación de requisitos específicos (estudios y análisis de muestras) que para tal fin exige la referida Institución, ya sea para material duro o suave.
2. Presentar solicitud de tramitación ante la Autoridad Marítima de Panamá- Dirección de Puertos Departamento, de Concesiones y Asesoría Legal de esa entidad, los permisos para la realización de cualquier tipo de dragado y acondicionamiento de área de fondo de mar.
3. Presentar la autorización del departamento de contaminación de la dirección General de Recursos Marinos y Costeros con respecto a la utilización de colorantes (RODAMINA) utilizados en simulaciones de mancha (dirección, periodos, velocidad).
4. Definir los parámetros y normas de aguas utilizadas con la Norma COPANT-2000, ya que no aplica para aguas Marinas aclarar este mal entendido.
5. Indicar que medidas de mitigación aplicara para el sitio disposición de material de dragado ante la afectación directa de los organismos bentónicos debido a la muerte por aplastamiento y sofocación por falta de oxígeno.
6. Presentar las medidas de mitigación con respecto a la calidad de agua en el sitio de disposición ya que es buena y apta para la vida marina.

Panamá, 12 de enero de 2006.
DINEORA-DEIA-AP- 026- 12-06.

7. Especificar la metodología utilizada para la medición de las corrientes según la batimetría realizada ya que no se establece la velocidad en m/s (metros por segundo) solo se especifica el comportamiento y dirección de la misma por lo siguiente queremos saber cual fue la velocidad de las corrientes en los meses de Enero, Febrero, Marzo y Abril en m/s.
8. Ampliar información sobre la planta de tratamiento y disposición de lodos.

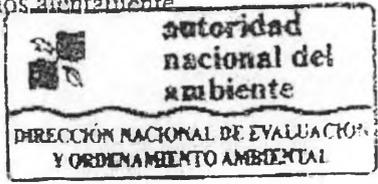
Finalmente, le comunicamos que aún quedan pendientes los comentarios de las unidades ambientales consultadas. Por otro lado, transcurridos tres (3) meses del recibo de esta nota, sin que haya cumplido con lo solicitado, daremos por concluido el Proceso.

Sin otro particular, nos suscribimos *atentamente*



BOLIVAR ZAMBRANO
Director Nacional de Evaluación y
Ordenamiento Ambiental

BZ/CC



"Conservación para el Desarrollo Sostenible"

C.2 ANEXO 2: Especificaciones de la planta de tratamiento de aguas servidas

**PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
PUERTO DE CRISTOBAL**

MEMORIA TÉCNICA

MEMORIA TÉCNICA HIDRÁULICA Y ESTRUCTURAL:

NOMBRE DEL DISEÑADOR: TOMÁS A. CHUE M.
TÍTULO PROFESIONAL: INGENIERO CIVIL
NUMERO DE IDONEIDAD: 78-6-003
TÍTULO PROFESIONAL: INGENIERO SANITARIO
NUMERO DE IDONEIDAD: 82-019-002

MEMORIA TÉCNICA ELÉCTRICA:

NOMBRE DEL DISEÑADOR: ARMANDO MILLAN A.
TÍTULO PROFESIONAL: INGENIERO ELECTROMECAÁNICO
NÚMERO DE IDONEIDAD: 80-024- 001

Panamá, Diciembre 2005

INDICE

	Página
PROYECTO.....	1
JUSTIFICACIÓN.....	1
CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS.....	1
ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO.....	1
DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....	2
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES..... (Lodos Activados – Aireación Extendida)	2
ADJUNTO 1. CÁLCULOS HIDRÁULICOS Y ESTRUCTURALES.....	7
ADJUNTO 2. MEMORIA TÉCNICA ELÉCTRICA.....	14
ADJUNTO 3. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	18

**PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
PUERTO DE CRISTOBAL 20000 GPD
MEMORIA TÉCNICA**

PROYECTO:

Estudio técnico, cálculos, diseños y dibujos para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el Puerto de Cristóbal, ubicada en el Corregimiento de Cristóbal, Distrito de Colón, provincia de Colón..

JUSTIFICACIÓN:

Reglamentos Técnicos DGNTI-COPANIT 35-2000 “Descarga de efluentes líquidos directamente a cuerpos y masas de agua superficiales y subterráneas” y DGNTI-COPANIT 47-2000 “Usos y disposición final de lodos”, del Ministerio de Comercio e Industrias (Norma).

CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS:

El diseño de la planta de tratamiento esta determinado por las características de las aguas a tratar, consideradas como aguas residuales domésticas con una concentración de 280 mgDBO/lit para un módulo de 20,000 gpd en el día pico, para una remoción esperada del 95 %.

ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO:

Básicamente tenemos tres tipos de tratamiento de las aguas residuales, a saber: químico, anaeróbico y aeróbico. Podemos combinar cualquiera de estos tres tipos, hasta encontrar el tratamiento más adecuado. Cualquiera combinación de estos tratamientos puede cumplir la Norma. El tratamiento químico es uno de los que mejor optimiza el espacio físico, sin embargo es el que mayor demanda de insumos químicos y energéticos conlleva. Además, el nivel académico y de preparación de los operadores debe ser muy alto. El tratamiento anaeróbico, a pesar de ser uno de los más económicos, tiene el inconveniente que genera malos olores y para poder eliminar estos últimos, tenemos que incrementar el nivel de tecnología en el proceso y el nivel académico y de preparación de los operadores. Además de que para cumplir con la Norma se hace necesario de colocar varias estructuras en serie o en su defecto combinarla con un sistema aeróbico. En el tratamiento aeróbico se hace necesario inyectarle aire al proceso, lo que aumenta los costos de energía eléctrica. Es un proceso que no genera malos olores, la calidad del efluente es muy buena y la operación y el

mantenimiento, dependiendo del tipo de proceso aeróbico empleado, resulta aceptable para mantenimiento y operación.

El tratamiento aeróbico es el que más se utiliza en efluentes de tipo doméstico, sin embargo existen diferentes tendencias o variaciones en la aplicación de este tratamiento, entre las más conocidas y utilizadas en países como el nuestro, podemos mencionar: Lodos Activados Convencional, Proceso SBR, Estabilización por Contacto y Aireación Extendida. En todas estas variantes se utiliza el lodo activado, cumplen con la Norma y tienen costos bastante similares, si se hace una evaluación de los costos de inversión y operación en un período de 20 años y se comparan a valor presente, con una tasa de retorno del 12%.

En el proceso de lodos activado convencional se utiliza poco tiempo en la aireación de las aguas residuales, sin embargo hay que tener un buen control en el proceso de clarificación y en el tratamiento de los lodos. De hecho se requiere que el nivel académico y de preparación de los operadores sea bastante alto. En el Proceso SBR (Reactor Secuencial de Bachadas), el tiempo de retención de las aguas residuales es mayor y el tratamiento de los lodos es mucho más estable, sin embargo requiere de sistemas automatizados y más complejos, lo que se traduce en un nivel académico y de preparación de los operadores mayor. El proceso de Estabilización por Contacto es el que menor tiempo de retención conlleva, sin embargo requiere que el flujo sea bastante uniforme y continuo, lo que se traduce también en un nivel académico y de preparación de los operadores más elevado. El proceso de Aireación Extendida es el que mejor se adapta a países como el nuestro, en que el mantenimiento es mínimo y el sistema es bastante sencillo. De allí que este es el sistema que más se ha proliferado en Panamá y con muy buenos resultados.

DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Para la determinar el caudal de la Planta de Tratamiento, se estimó un total de 650 empleados y consumo unitario de 15 gppd para un cauda de 9750 gpd. Y 10000 gpd para otros servicios produciendo en volumen total de 20000 gpd.

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (Lodos Activados – Aireación Extendida – Zanja de Oxidación)

La aireación extendida es el proceso de tratamiento de las aguas residuales de mayor uso hoy día, debido a la calidad de efluente que produce, la sencillez de su operación y mantenimiento, su bajo costo de inversión, operacional y ambiental. Por ser un proceso de lodos activados totalmente aireado, no produce olores desagradables. Esto se logra con tiempos de retención entre 18 y 24 horas, dependiendo básicamente del caudal y del nivel de contaminación de las aguas residuales, lo que se traduce en eficiencias de remoción del 85 al 95 %.

La aireación extendida es un proceso biológico en el cual las bacterias aeróbicas presentes en las aguas residuales oxidan la materia orgánica transformándola en una forma mucho más estable. Para que esto se realice se requiere de un medio adecuado que les proporcione oxígeno y alimento necesarios para que se puedan desarrollar y multiplicar estas bacterias. Esto se logra retornando los lodos sedimentados, mezclándolos con las aguas residuales que entran al aireador y proporcionándoles el oxígeno requerido para este proceso.

La denominación de zanja de oxidación se deriva de la forma del reactor de aireación, que originalmente era la de un canal abierto en que las paredes laterales se diseñaban con un talud que permitiera su estabilidad. El proceso en si, es una variable del denominado aireación extendida por lo tanto comparte las principales características de éste como son la de no requerir, en general, sedimentación primaria y la de permitir mediante largos tiempos de retención celular, la estabilización de los lodos los cuales no requieren de procesos de digestión previos a su disposición final a través de lechos de secado.

Este sistema opera con tiempos de retención celular prolongado de 28 días lo que provoca que los lodos generados en plantas de este tipo estén prácticamente estabilizados disminuyendo los problemas de disposición final. Teóricamente, el proceso de aireación extendida se diseña de tal manera que todo el sustrato eliminado sea canalizado hacia el catabolismo. Así, no se produce biomasa en exceso y se elimina el problema del manejo de lodos, los cuales deberán ser eliminados, periódicamente para evitar el aumento de sólidos en la concentración del efluente. Esto se podrá realizar mediante el uso de lechos de secado.

La Planta de Tratamiento será diseñada para procesar 20,000 gpd de aguas residuales con características domésticas. La misma deberá cumplir con los Reglamentos Técnicos DGNTI-COPANIT 35-2000 “Descarga de efluentes líquidos directamente a cuerpos y masas de agua superficiales y subterráneas” y DGNTI-COPANIT 47-2000 “Usos y disposición final de lodos”, del Ministerio de Comercio e Industrias.

Antes de su llegada al aireador, las aguas residuales pasarán por un proceso de medición y tamizado. En el aireador se producirá una agitación bastante fuerte con el fin de mezclar las aguas residuales con el lodo proveniente del clarificador y al mismo tiempo introducir aire suficiente para completar el proceso biológico. Tanto la agitación como la introducción de aire serán proveídas por un mezclador sumergible y un soplador de aire centrífugo de alta eficiencia.

Dentro del aireador y formando parte del mismo, nos encontraremos con el clarificador compuesto de láminas de sedimentación de alta tasa, la cual asegurará un efluente de óptima calidad. Los lodos sedimentados se mantendrán en un 100 % en el tanque de aireación. Finalmente, las aguas sedimentadas pasarán por un tanque de contacto de cloro con unos 30 minutos de retención antes de su descarga final. El lodo en exceso se bombeará desde el aireador hasta el lecho de secado, mediante una bomba de aire.

Toda la infraestructura de la planta es duradera y fácil de mantener construida en hormigón armado. El mezclador, el aireador y la bomba de elevación por aire son los equipos mecanizados más eficientes hoy día en el mercado de las aguas residuales. Todos estos equipos son sencillos y fáciles de operar, mantener y reponer. Para el control de toda la operación, se deberán hacer análisis periódicos de oxígeno disuelto, pH, sólidos sedimentables, residual cloro, demandas biológica y química de oxígeno en un laboratorio especializado.

ADJUNTO 1

**CÁLCULOS HIDRÁULICOS
Y ESTRUCTURALES**

Planta de Tratamiento de Aguas Residuales SIBRAR

Lodos Activados - Aireación Extendida - Zanja de Oxidación

Caudal

Número de Habitantes (Hab) =	650
Consumo Unitario (CUnit) =	31 (gppd)
Caudal Total (QT) = Hab*CUnit =	20.000 (gpd)
QT/264.2 =	76 (m3/día)
Número de Módulos (NM) =	1
Caudal (Q) = QT/NM =	20.000 (gpd)
	76 (m3/día)

Tanque de Aireación

Factor Maximo Diario (FMD) =	1.50
DBO Esperado (DBOe) =	35 (mg/l)
TSS Esperado (TSSe) =	35 (mg/l)
MLVSS =	3.000 (mg/l)
Relación DBO5/DQO (RBQ) =	0.65
Y =	0.65
kd =	0.06
Tasa de Producción de Lodos (TL) =	0.50 (kgSS/kgDBOrem)
Tiempo de Retención Celular (TRC) =	
MLVSS*VolA/(PL*264.2*1000) =	16.38 (días)
Aporte Unitario de DBO (AUDBO) =	0.103 (lbDBO/hab/día)
Capacidad (Cap) = Hab*AUDBO/NM =	67 (lbDBO/día)
Concentración Afluyente (So) = Cap*1000000/(Q*8.34) =	401 (mgDBO/l)
Capacidad Pico (CapP) = Cap*FMD =	100 (lbDBO/día)
Concentración Efluyente (S) = DBOe-0.63*TSSe =	13 (mg/l)
Remoción Esperada (RE) = (So-S)*100/So =	97 (%)
Tiempo de Retención del Aireador (TRA) =	24 (hr)
Volumen del Aireador (VolA) = TRA*Q/24 =	20.000 (gal)
VolA/264.2 =	75.70 (m3)
Capacidad Unitaria (CapU) = Cap*1000/(VolA/7.48) =	25 (lbDBO/1000pie3)
F/M = So*24/(TRA*MLVSS) =	0.13 (1/día)
Carga Volumétrica = So*Q/(VolA*1000) =	0.40 (kgDBO/m3*día)
Altura de Aireador (HA) =	1.80 (m)
Relación Largo/Ancho (RLA) =	3.0
Ancho de Aireador (BA) =	
$((VolA)/(HA*RLA-HA+(PI()*HA/4))*264.2)^{(1/2))+.05$ =	3.95 (m)
Largo de Aireador (LA) = BA*RLA =	11.90 (m)
Espesor de Muros (e) = Esp/100 =	0.20 (m)
Ancho de Zanja (AZ) = (BA-e)/2 =	1.88 (m)
Peso Especifico del Aire (Po) =	0.0750 (lb/pie3)
Oxígeno en el Aire (Oa) =	0.232
Eficiencia de transferencia del Oxígeno (ETO) =	0.060
Oxígeno Requerido (O2R) = CapP/RBQ =	155 (lb/día)
Caudal de Aire Requerido por el Aireador (QA) =	
$(O2R/(Po*Oa*ETO*1440))*1.2$ =	123 (pie3/min)
Caudal de Aire Requerido para Mezcla (QAM) =	
$(Cap*2500/(24*60))*1.2$ =	139 (pie3/min)
Caudal de Aire del Aireador (QAA) =	105 (pie3/min)
Presión de Descarga = (HA-0.2)*1.25/0.7 =	2.9 (psi)
Potencia del Aireador (PA) =	3.0 (hp)
Amperaje (Amp) =	18.0 (amp)
Voltaje (Volt) =	230 (volt)
Fase =	1
Caudal de Aire por Difusor de Burbuja Gruesa (qadif) =	5 (pie3/min*difusor)

Diffusores del Anclador (ND) = Q_A/q_{adit}	=	22
Potencia del Mezclador (PM) =		1,50 (hp)
Producción de Lodos (PL) = $TL*(So-TSSc)*Q/(264.2*1000)$	=	13,87 (kgSS/día)
Producción de Lodos Final (PLF) = $PL-TSSc*Q/(264.2*1000)$	=	11,22 (kgSS/día)

Área de Sedimentación

Factor Máximo Horario (1.80 = FMH = 5.00) =		
$6.46 * (Hab/NM)^{(-0.152)}$	=	2,41
Caudal Máximo Horario (QMH) = $Q*FMH$	=	48,272 (gpd)
$QMH/264.2$	=	183 (m ³ /día)
Tasa de Sedimentación Superficial Aparente (TS) =		2,500 (gpd/pie ²)
$TS/(60*24)$	=	1,74 (gpm/pie ²)
$TS*10.76/264.2$	=	102 (m ³ /m ² /día)
Tasa de Sedimentación Promedio (TSP) = $Q_A/QMH/TS$	=	1,036 (gpd/pie ²)
$TSP/(60*24)$	=	0,72 (gpm/pie ²)
$TSP*10.76/264.2$	=	42 (m ³ /m ² /día)
Área de Sedimentación Total (AsT) = $QMH/(TS*10.76)$	=	1,79 (m ²)
$AsT*10.76$	=	19 (pie ²)
Ancho de Sedimentador (BS) = $AsT*.6$	=	1,13 (m)
Longitud horizontal del sedimentador (Lhs) = AsT/BS	=	1,60 (m)
Separación horizontal de láminas (ep) =		5,00 (cm)
Número de Canales (N) = $Lhs*100/ep$	=	32
Número de Láminas (NL) = $N+1$	=	33
Longitud horizontal del sedimentador Final (LhsF) = $(ep/100)*N+e/1000$	=	1,60 (m)
Espesor de láminas (el) =		1,50 (mm)
Longitud del módulo de láminas (lm) =		0,92 (m)
Inclinación de láminas (Ang) =		60 (°)
Proyección horizontal de las láminas (Lhl) = $lm*COS(Ang*PI()/180)$	=	0,46 (m)
Altura de las láminas (Alt) = $lm*SIN(Ang*PI()/180)$	=	0,80 (m)
Espaciamiento entre láminas (EspLam) = $ep*SIN(Ang*PI()/180)-e/10$	=	4,18 (cm)
Área de Sedimentación (ASed) = $N*BS*(EspLam/100)/SIN(Ang*PI()/180)$	=	1,74 (m ²)
Longitud total del sedimentador (LTS) =		
$(LhsF+(els+BL+HLS)/TAN(Ang*PI()/180))+.4$	=	2,42 (m)
Longitud útil dentro de las láminas (lu) = $lm*100-ep*COS(Ang*PI()/180)$	=	90 (cm)
Longitud relativa del módulo de láminas (LR) = $lu/EspLam$	=	21
Velocidad de sedimentación (Vs) =		
$QMH/(264.2*SIN(Ang*PI()/180)*(SIN(Ang*PI()/180)+$		
$LR*COS(Ang*PI()/180))/Sc)*ASed*(86400/100)$	=	0,0121 (cm/seg)
Módulo de eficiencia de las láminas (Se) =		1
Tasa Promedio de Sedimentación (Vo) =		
$QMH*100/(ASed*264.2*86400)*SIN(Ang*PI()/180)$	=	0,141 (cm/seg)
$QMH/(ASed*264.2*SIN(Ang*PI()/180))$	=	121 (m ³ /m ² /día)
Ancho del módulo de láminas (bm) = $BS/4$	=	0,28 (m)
Radio hidráulico de las láminas (RH) =		
$(bm*100)*EspLam/(2*((bm*100)+EspLam))$	=	1,8 (cm)
Temperatura Promedio del Agua (Temp) =		24 °C
Viscosidad Cinemática (ve) =		9,14E-03 (cm ² /seg)
Número de Reynolds (NR) = $4*RH*Vo/ve$	=	112 (NR < 500)
Longitud de Canaletas (LonC) = $Lhs/2$	=	1,60 (m)
Número de Canaletas (NumCan) =		1
Caudal Unitario (qu) = $QMH*3.785/(LhsF*NumCan*2*86400)$	=	0,66 (lt/seg/m)
Separación de Vertederos Unitarios (SV) =		0,10 (m)
Número de Vertederos Unitarios por Canaleta (NV) = $LhsF*2/SV$	=	32
Caudal por Vertedero (qv) = $QMH*3.785/(NV*NumCan*86400)$	=	0,066 (lt/seg)
Tirante de Vertedero Unitario (TV) = $(qv/1400)^{(2/5)}$	=	0,019 (m)
Ancho de Canaleta (AC) =		0,20 (m)
Tirante de Canaleta (TC) =		
$(QMH/(1.386*AC*NumCan*264.2*86400))^{(2/3)}$	=	0,039 (m)

$$\begin{aligned} \text{Profundidad M\u00ednima de L\u00e1minas de Sedimentaci\u00f3n (HLS)} &= \\ \text{ROUND}(BS*TS*10.76/(264.2^{*432}).1) &= 0,30 \text{ (m)} \\ \text{Altura del Sedimentador (HS)} = HA &= 1,80 \text{ (m)} \\ \text{Volumen Total del Sedimentador (VolTS)} &= \\ (\text{Alt}+HLS+0.2)*(BS+0.1)*(LhsF+0.2)*264.2 &= 756 \text{ (gal)} \\ \text{Tiempo de Retenci\u00f3n del Sedimentador (TRS)} = \text{VolTS}*24/Q &= 0,91 \text{ (hr)} \\ \text{Altura de Fondo de Sedimentador (AltF)} = HS-Alt-HLS &= 0,70 \text{ (m)} \\ \text{ea Transversal de Sedimentaci\u00f3n} = (BS+.1)*(HLS+Alt+.2)*100/(AZ*HS) &= 47 \text{ (\%)} \end{aligned}$$

Tanque de Contacto

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de Retenci\u00f3n del Tanque de Contacto (TRTC)} &= 30 \text{ (min)} \\ \text{Volumen del Tanque de Contacto (VolTC)} = Q*(TRTC/60)/24 &= 417 \text{ (gal)} \\ \text{VolTC}/264.2 &= 1,58 \text{ (m}^3\text{)} \\ \text{Altura del Tanque de Contacto (HTC)} &= \\ \text{ROUND}((\text{VolTC}/(264.2))^{(1/3)}.1) &= 1,20 \text{ (m)} \\ \text{Ancho del Tanque de Contacto (BTC)} = HTC &= 1,20 \text{ (m)} \\ \text{Largo del Tanque de Contacto (LTC)} = HTC &= 1,20 \text{ (m)} \end{aligned}$$

Lecho de Secado

$$\begin{aligned} \text{\u00c1rea Unitaria (Au)} &= 0,006 \text{ (m}^2\text{/hab)} \\ \text{\u00c1rea de Lecho de Secado (Als)} = \text{Hab}*Au/NM &= 3,90 \text{ (m}^2\text{)} \\ \text{Ancho de Lecho} = AZ &= 1,88 \text{ (m)} \\ \text{Largo de Lecho (LLSS)} = \text{Als}/AZ &= 2,10 \text{ (m)} \\ \text{Altura de Lodo (HL)} &= 0,20 \text{ (m)} \\ \text{Volumen de Lodos a Descargar (VolLD)} = AZ*LLSS*HL*264.2 &= 208 \text{ (gal)} \\ \text{Espesor de Paredes} = e &= 0,20 \text{ (m)} \\ \text{Volado de Techo (vt)} &= 0,50 \text{ (m)} \\ \text{Largo de Techo (LT)} = \text{LLSS}+2*(e+vt) &= 3,50 \text{ (m)} \\ \text{Ancho de Techo (BT)} = AZ+2*(e+vt) &= 3,28 \text{ (m)} \end{aligned}$$

Dimensiones de la Planta de Tratamiento

$$\begin{aligned} \text{Borde Libre (BL)} &= 0,30 \text{ (m)} \\ \text{Espesor de Muros (e)} &= 0,20 \text{ (m)} \\ \text{Longitud de Muro Central (cc)} = \text{LA}-(AZ+e/2)*2 &= 7,95 \text{ (m)} \\ \text{Espesor de Losa Superior (els)} = \text{Espv}/100 &= 0,125 \text{ (m)} \\ \text{Espesor de Losa de Piso (elp)} = e &= 0,20 \text{ (m)} \\ \text{Espesor de Paredes Menores (epm)} &= 0,10 \text{ (m)} \\ \text{Altura del Aireador (HA)} &= 1,80 \text{ (m)} \\ \text{Ancho del Aireador (BA)} &= 3,95 \text{ (m)} \\ \text{Largo del Aireador (LA)} &= 11,90 \text{ (m)} \\ \text{Ancho del Sedimentador (BS)} &= 1,13 \text{ (m)} \\ \text{Longitud total del sedimentador (LTS)} &= 2,42 \text{ (m)} \\ \text{Ancho Total de Planta} = \text{NM}*BA+(NM+1)*e &= 4,35 \text{ (m)} \\ \text{Largo Total de Planta} = \text{LA}+2*e &= 12,30 \text{ (m)} \\ \text{Volado de Piso (vp)} &= 0,30 \text{ (m)} \\ \text{Ancho Total de Losa de Piso} = \text{NM}*BA+(NM+1)*e+2*vp &= 4,95 \text{ (m)} \\ \text{Largo Total de Losa de Piso} = \text{LA}+2*e+2*vp &= 12,90 \text{ (m)} \\ \text{Altura Total de Planta} = \text{elp}+HA+BL+els &= 2,425 \text{ (m)} \\ \text{Ancho del Tanque de Contacto (BTC)} &= 1,20 \text{ (m)} \\ \text{Largo del Tanque de Contacto (LTC)} &= 1,20 \text{ (m)} \end{aligned}$$

CALCULO ESTRUCTURAL

INFORMACIÓN GENERAL

Nivel de Rebose (NReb) = HIA+BL =	2,10 (m)
Nivel de Fondo (NF) =	0,00 (m)
h = NReb-NF =	2,10 (m)
Carga Viva (CV) =	100 (Kg/m ²)
Peso Especifico del Agua (w) =	1 000 (kg/m ³)
wa (Lecho) =	1,500 (kg/m ³)
wh (Hormigón) =	2,400 (kg/m ³)
Factor de Carga Muerta (Fcm) =	1,40
Factor de Carga Viva (Fcv) =	1,70
Øc =	0,85
Øm =	0,90
Resistencia del Hormigón (fc) =	280 (kg/cm ²)
Resistencia del Acero (fy) =	4 200 (kg/cm ²)
Vcu = 0.53*(fc)^(1/2) =	8,87 (kg/cm ²)
Beta1 =	0,85
Porcentaje de Acero Balanceado (Asb) =	
0.85*Beta1*(fpc/fy)*(6090/(6090+fy)) =	0,0285
Porcentaje de Acero Mínimo (PAsMin) = 14/fy =	0,0033
Porcentaje de Acero Máximo (PAsMax) = 0.75*Asb =	0,0214
Recubrimiento Mínimo de Barras de Suelo (RMBS) =	7,0 (cm)
Recubrimiento Mínimo de Barras (RMB) =	5,0 (cm)
Ancho Tributario (b) =	100 (cm)
Profundidad de Lecho (hle) =	0,50 (m)
Ancho de Arcador (BA) =	3,95 (m)
Ancho de Zanja (AZ) =	1,88 (m)

MUROS (Empuje de Agua)

Cortante

$Vu = Fcm*w*h^2/2 =$	3,087 (kg/m)
Espesor de Losa Mínimo (Espmin) = $Vu/(Øc*b*Vcu) =$	4,10 (cm)
Estimación del Espesor de Losa (EEsp) = $h*100/20 =$	10,5 (cm)
Espesor de Losa (Esp) =	15 (cm)
$d = Esp / 2 =$	7,5 (cm)

Momento

Momento Crítico (MA)

Momento Vertical Inferior Interno (MA)	
$ABS(-(1/15)*Fcm*w*(h^3)*100) =$	86,436 (kg-cm/m)
Acero Estimado (Ase) =	3,17 (cm ²)
Espaciamento de barras (EspB) =	20 (cm)
Utilizaremos barras de (Dia) =	5/8 (plg)
Arca de Barra (Ab) = $PI()*(Dia*2.54)^2/4 =$	1,98 (cm ²)
As =	9,90 (cm ²)
Porcentaje de Acero (PAs)= As/(b*Esp) =	0,0066

Momento resistente (Mr)

$a = As*fy/(0.85*fpc*b) =$	1,75 (cm)
Momento resistente (Mr) = $Øm*fy*(d-a/2)*As =$	247,903 (kg-cm/m)

LOSA SUPERIOR

Cortante

Carga Total (wt) = $w*H1+wa*hle+wh*Espv/100 =$	1,251 (Kg/m ²)
$Vuv = (Fcm*wt+Fcv*CV)*AZ/2 =$	1,801 (kg/m)
Espesor de Losa Mínimo (Espminv) = $Vuv/(Øc*b*Vcu) =$	2,39 (cm)
Estimación del Espesor de Losa (EEspv) = $AZ*100/20 =$	9,4 (cm)
Espesor de Losa Superior (Espv) =	12,54 (cm)
$dv = Espv / 2 - Diav = 2.54 / 2 =$	5,6 (cm)

Momento**Momento Crítico (MB)**

$$\text{Momento Horizontal Inferior Interno (MB)} \\ \text{ABS}((F_{cm} * w_t + F_{cv} * CV)^2 * AZ^2 * 100/8) = 84.434 \text{ (kg-cm/m)}$$

Momento resistente (Mrv)

$$\begin{aligned} \text{Espaciamiento de barras (EspBv)} &= 10 \text{ (cm)} \\ \text{Utilizaremos barras de (Diav)} &= 1/2 \text{ (plg)} \\ \text{Area de Barra (Abv)} &= P1() * (Diav^2 * 2.54)^2 / 4 = 1.27 \text{ (cm}^2\text{)} \\ \text{Asv} &= (b / \text{EspBv}) * Abv = 12.67 \text{ (cm}^2\text{)} \\ \text{Porcentaje de Acero (PAsv)} &= \text{Asv} / (b * \text{EspBv}) = 0.0101 \\ \text{av} &= \text{Asv} * f_y / (0.85 * f_c * b) = 2.24 \text{ (cm)} \\ \text{Momento resistente (Mrv)} &= \phi m * f_y * (d_v - av / 2) * \text{Asv} = 216.304 \text{ (kg-cm/m)} \\ (\text{Mu} < \text{Mr}) &= \end{aligned}$$

RESUMEN

$$\begin{aligned} \text{Cemento Tipo II o Hidráulico Mezclado Tipo IS} &= 4.000 \text{ (psi)} \\ \text{Acero} &= 60.000 \text{ (psi)} \end{aligned}$$

Toda Junta Fría en contacto con el agua se hará con Llave de Hormigón y se colocará una Banda PVC de 4 plg de manera continua a lo largo de la Junta

Muros

$$\begin{aligned} \text{Utilizaremos una sección de espesor} &= 15.0 \text{ (cm)} \\ \text{Recubrimiento mínimo de barras interiores} &= 5.0 \text{ (cm)} \\ \text{Recubrimiento mínimo de barras exteriores} &= 7.0 \text{ (cm)} \\ \text{Espaciamiento de barras} &= 20.0 \text{ (cm)} \\ \text{Barras Verticales} &= 5/8 \text{ (plg)} \\ \text{Barras Horizontales} &= 5/8 \text{ (plg)} \\ \text{Longitud de Desarrollo y Traslape de barras} &= 43.0 \text{ (cm)} \\ \text{Diámetro mínimo de doblez de barras} &= 10.0 \text{ (cm)} \end{aligned}$$

Armadura vertical y horizontal (un solo emparrillado - ambas direcciones)

Zapatatas de Muros

$$\begin{aligned} \text{Utilizaremos una sección de espesor} &= 20.0 \text{ (cm)} \\ \text{Recubrimiento mínimo de barras interiores} &= 5.0 \text{ (cm)} \\ \text{Recubrimiento mínimo de barras exteriores} &= 7.0 \text{ (cm)} \\ \text{Espaciamiento de barras} &= 20.0 \text{ (cm)} \\ \text{Barras Verticales} &= 5/8 \text{ (plg)} \\ \text{Barras Horizontales} &= 5/8 \text{ (plg)} \\ \text{Longitud de Desarrollo y Traslape de barras} &= 43.0 \text{ (cm)} \\ \text{Diámetro mínimo de doblez de barras} &= 10.0 \text{ (cm)} \end{aligned}$$

Armadura vertical y horizontal (un solo emparrillado - ambas direcciones)

Losa de Piso

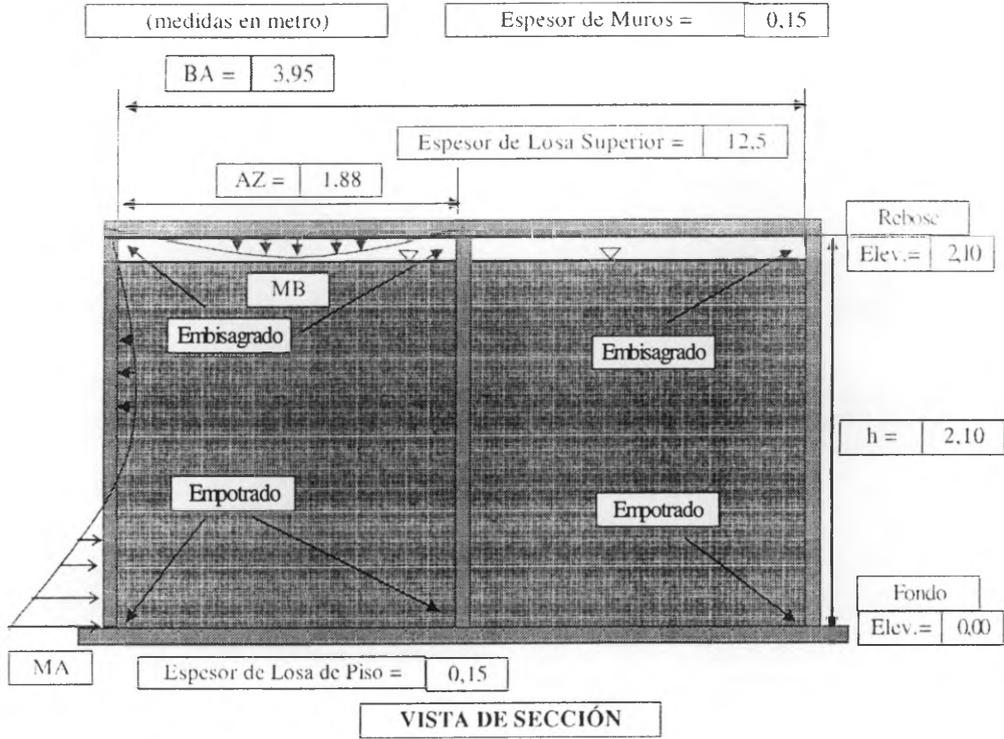
$$\begin{aligned} \text{Utilizaremos una sección de espesor} &= 20.0 \text{ (cm)} \\ \text{Recubrimiento mínimo de barras superiores} &= 5.0 \text{ (cm)} \\ \text{Recubrimiento mínimo de barras de fondo} &= 7.0 \text{ (cm)} \\ \text{Espaciamiento de barras} &= 20.0 \text{ (cm)} \\ \text{Barras Horizontales} &= 5/8 \text{ (plg)} \\ \text{Longitud de Desarrollo y Traslape de barras} &= 43.0 \text{ (cm)} \\ \text{Diámetro mínimo de doblez de barras} &= 10.0 \text{ (cm)} \end{aligned}$$

Armadura horizontal (un solo emparrillado - ambas direcciones)

Losa Superior

$$\begin{aligned} \text{Utilizaremos una sección de espesor} &= 20.0 \text{ (cm)} \\ \text{Recubrimiento mínimo de barras} &= 5.0 \text{ (cm)} \\ \text{Espaciamiento de barras} &= 20.0 \text{ (cm)} \\ \text{Barras Horizontales} &= 1/2 \text{ (plg)} \\ \text{Longitud de Desarrollo y Traslape de barras} &= 35.0 \text{ (cm)} \\ \text{Diámetro mínimo de doblez de barras} &= 8.0 \text{ (cm)} \end{aligned}$$

Armadura horizontal (un solo emparrillado - ambas direcciones)



ADJUNTO 2

MEMORIA TÉCNICA ELÉCTRICA

MEMORIA TECNICA ELECTRICA
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES 2000 GPD
PUERTO DE CRISTOBAL

DESCRIPCION GENERAL

Este diseño eléctrico se refiere a las instalaciones de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para EL Puerto de Cristobal. Fase I, ubicado en la Ciudad de Colón, provincia de Colon. La Planta de Tratamiento tiene una capacidad de 20000 GPD con una concentración de 380 mgDBO/Lt.

La Planta de Tratamiento contará con las siguientes cargas:

- a- Dos motores de 4 HP, trifásico, 230 voltios, 11 0 amperios, arranque directo. Para los sopladores de aire.
- b- Un agitadores sumergibles de 2.3 HP, trifásico, 230 voltios, 60 Hz.
- c- Circuito de control, luminarias y tomacorriente de 600 vatios.

El servicio eléctrico solicitado es trifásico corriente alterna 120/240 Voltios, 60 HZ, 4 hilos, acomoda subterránea.

I CALCULOS ELECTRICOS

SOPLADRO DE AIRE

Características Técnica

Soplador Tipo regenerativo de 110 CFM a 3 PSI, Motor de 4 HP, 230 Voltios, 3500 RPM, Trifásico, 11.0 Amperios, Clase F

Motor de = 4 HP Volt. = 230 In(amp) = 8,0
 N (rpm) = 3500 RPM Cos ϕ = 0.85 Efic. = 0.825

- Capacidad mínima del conductor que alimenta cada motor (NEC-430-22)

$$In \times 1.25 = 10 \text{ Amperios}$$

Se recomienda utilizar cable # 12 AWG, de acuerdo al NEC 310-16

Capacidad máxima del interruptor magnetotérmico de cada motor con arranque a voltaje pleno NEC 430-52, tabla 430-152.

$$In \times 2.0 = 16 \text{ Amperios}$$

Se recomienda utilizar interruptor magnetotérmico = 20 amperios, 230 voltios, 3 P.

Potencia = SQD3 x V x I x Cos ϕ

Potencia = 2708.93 W

Potencia = 2.71 KW

Pot. Rect. = SQD 3 x V x I

Pot. Rect. = 3186.97 VA

Pot. Rect. = 3.19 KVA

AGITADOR SUMERGIBLE

Características Técnica

Agitador sumergible para un empuje de 510 N, motor de 2.3 HP, trifásico, 230 voltios, construido en acero inoxidable, equipado con anillo difusor.

Motor de = 2.3 HP Volt. = 230 In(amp) = 7,1
 N (rpm) = 1550 RPM Cos ϕ = 0.86 Efic. = 0,84

- Capacidad mínima del conductor que alimenta cada motor (NEC-430-22)

$$In \times 1.25 = 8.875 \text{ Amperios}$$

Se recomienda utilizar cable # 12 AWG, de acuerdo al NEC 310-16

- Capacidad máxima del interruptor magnetotérmico de cada motor con arranque a voltaje pleno NEC 430-52, tabla 430-152.

$$In \times 2.0 = 14,2 \text{ Amperios}$$

Se recomienda utilizar interruptor magnetotérmico de 15 Amp., 230 Voltios, 2 Polos

- Capacidad del interruptor principal, (NEC 430-62)

$$I_{int.} + \Sigma I_n = 37.71 \text{ Amperios}$$

Se utilizará Interruptor principal con capacidad de 60 amperios, 3 polos, 240 Voltios.

- Capacidad mínima del interruptor principal (NEC 430-24)

$$I_{max} \times 1.25 + \Sigma I_n = 34.81 \text{ Amperios}$$

Se recomienda utilizar 4-C # 6 AWG Al. de acuerdo a las normas de servicio eléctrico.
para interruptor = 60 Amperios

$$\begin{aligned} \text{Potencia} &= SQD3 \times V \times I \times \text{Cos } \phi \\ \text{Potencia} &= 2432.46 \text{ W} \\ \text{Potencia} &= 2.43 \text{ KW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pot. Rect.} &= SQD3 \times V \times I \\ \text{Pot. Rect.} &= 2828.44 \text{ VA} \\ \text{Pot. Rect.} &= 2.83 \text{ KVA} \end{aligned}$$

II - CALCULO DE CARGA

A - Carga Trifásico

$$\text{Potencia} = 7.65 \text{ KW}$$

B - Carga Monofásico

$$\text{Panel A} = 0.4 \text{ KVA}$$

$$\text{C - Carga Total Inst.} = 8.25 \text{ KW}$$

Las características del sistema eléctrico solicitado son las siguientes:

- Carga total instalada = 8.25 KW
- Interruptor Principal = 60 Amp, 3 polos, 240 Voltios, tipo industrial.
- Servicio solicitado = trifásico, 120/240 voltios, 60 HZ.
- Acometida: Aérea: 4C # 6 AWG, Cu. tubería 1 1/2" o rídida.

DEMANDA MÁXIMA AL TRANSFORMADOR

$$\begin{aligned} \text{KVA instalado} &= 9.20 \\ \text{Factor de Demanda} &= 0.90 \\ \text{Factor de Diversidad} &= 1.00 \\ \text{Demanda Max. Estimada} &= 8.64 \end{aligned}$$

III - CALCULO DE CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO

Tomando como referencia el procedimiento descrito por el libro: Sistemas Eléctricos de Potencia de Syed A. Nasar, Editora Mc.Graw Hill, Edición de 1991 se realizó el cálculo de la corriente de cortocircuito en la línea de alimentación de la estación. Se consideró este sistema como un bus infinito, ya que no se cuenta con los niveles de falla en el circuito primario. Se estimó para este cálculo, la instalación de dos transformadores tipo poste de 10 KVA, tamaño más próximo a la magnitud de la carga instalada.

Los valores de las características del transformador de 10 KVA según Nema Estándar publicación No. 210-1970 son:

$$\begin{aligned} \text{Resistencia} &= 1.28 \% \\ \text{Reactancia} &= 1.3 \% \\ \text{Impedancia} &= 1.54 \% \end{aligned}$$

A. Impedancia Base del Transformado:

Despreciando la resistencia y reactancia de los dispositivos de protección tenemos que la impedancia base del transformador será:

$$\begin{aligned} Z_{base} &= \frac{(KV)^2}{MVA} & KV &= 0.24 & V &= 240 \\ Z_{base} &= 5.76 \Omega & MVA &= 0.01 \end{aligned}$$

$$R_T = (1.28) \times (Z_{base}) / 100 = 0.073728 \Omega$$

$$X_T = (1.3) \times (Z_{base}) / 100 = 0.07488 \Omega$$

$$Z_T = (1.54) \times (Z_{base}) / 100 = 0.2016 \Omega$$

B. Impedancia de Conductores:

Para el cálculo de la impedancia de los conductores nos basamos en los valores de resistencia y reactancia ($\Omega / 1000$ pies) de la Tabla No.9 del NEC.
Para conductor calibre # 6 AWG, Cu. tenemos:

$$\text{Resistencia} = 0.49 \Omega \quad \text{Longitud} = 70 \text{ pies}$$

$$\text{Reactancia} = 0.051 \Omega$$

Considerando una longitud máxima de 70 pies tenemos:

$$R_{cable} = 0.0343 \Omega$$

$$X_{\text{cable}} = 0,00357 \quad \Omega$$

$$Z_{\text{cable}} = 0,03449 \quad \Omega$$

La impedancia Thevenin vista del punto de falla hacia la fuente es:

$$Z_{TH} = (R_T + R_C) + j(X_T + X_C)$$

$$Z_{TH} = 0,108028 + j0,07845$$

$$|Z_{TH}| = 0,1335 \quad \Omega \quad (\text{magnitud})$$

Considerando un falla en los bornes del Interruptor Principal :

$$I_{cc} = (V_f) / Z_{TH}$$

$$I_{cc} = 1797,64 \quad \text{Amperios}$$

IV CALCULO DE CAIDA DE VOLTAJE

La caída de voltaje entre el interruptor principal y el transformador será:

$$?V = I \times Z_c$$

Asumiendo que el interruptor principal este cargado hasta un 60% de su capacidad total tenemos:

$$?V = 1,241 \quad \text{voltios} \quad \% \text{ de carga} = 0,6$$

Porcentaje en la caída de voltaje:

$$\% = 0,52\%$$

El cual establece un nivel de caída de voltaje aceptable.

Cálculo de Pérdidas en Conductores

Las pérdidas en los conductores entre el interruptor principal y el transformador se estima como sigue:

$$\text{Pérdidas} = 3 \times I_{cc}^2 \times R_c$$

$$P = 133,3584 \quad \text{W}$$

$$P = 0,13336 \quad \text{KW}$$

Tomando en cuenta la carga total instalada 8,25 KW, el porcentaje de pérdida será:

% pérdida = 1,62% .el cual es un % de pérdidas aceptable por la normas.

ADJUNTO 3

**MANUAL DE OPERACIÓN Y
MANTENIMIENTO**

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO GENERALIDADES

La planta de tratamiento de los efluentes domésticos del Puerto de Cristobal tiene capacidad para tratar de 20,000 gpd. La planta es del tipo de lodos activados con aireación extendida y cuenta con las siguientes unidades:

- Cámara de cribado,
- Tanque de aireación - digestión,
- Clarificador,
- Cámara de contacto de cloro y
- Lecho de secado.

Los procesos unitarios que se llevan a cabo en el sistema de tratamiento son de tipo químico y biológico, y las operaciones unitarias de tipo físico. La remoción esperada basada en los parámetros de diseño es de un 95% en la Demanda Bioquímica (DBO_5), Sólidos Suspendidos (SS) y Coliformes Fecales (CF), de tal manera que el impacto sobre el medio ambiente del efluente tratado será minimizado.

La planta de tratamiento ha sido diseñada para que el efluente final cumpla con los Reglamentos Técnicos COPANIT DGNTI 35-2000 “Descarga de Efluentes Líquidos directamente a Cuerpos de y Masas de Aguas Superficiales y Subterráneas” y DGNTI 47-2000 “Usos y Disposición Final de Lodos”.

FLUJOGRAMA

El flujograma a continuación muestra una descripción gráfica de los procesos y operaciones unitarias de la planta.

DESCRIPCION DE LAS OPERACIONES Y PROCESOS UNITARIOS

1.-TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS

Cámara de Cribado

La cámara de cribado o de rejillas como más comúnmente se le conoce, es la operación del tratamiento preliminar que tiene como objetivo la remoción de trapos, piedras u otros objetos de tamaño grueso. Este dispositivo consta de unas barras paralelas separadas a una distancia definida a través de las cuales fluye el influente crudo. Los residuos acumulados en la rejilla son retirados manualmente y los mismos deberán ser descartados en un sitio adecuado para su disposición final.

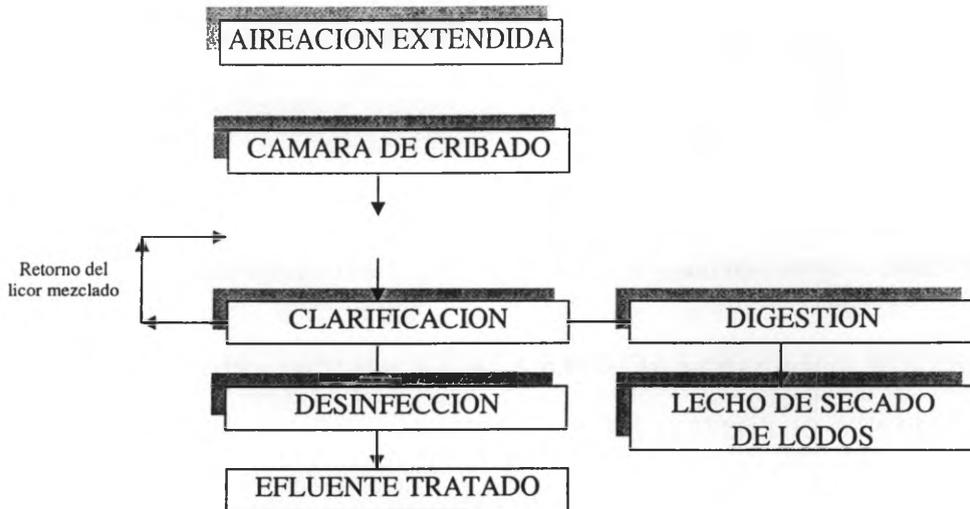
b. Tanque de Aireación

-Generalidades

Cuando el influente crudo fluye al tanque de aireación, el tratamiento preliminar, en este caso la cámara de rejillas, ha removido los sólidos más gruesos. Normalmente en una planta de lodos activados el tanque de aireación trata el influente sedimentado, pero en algunas plantas como es el caso de esta, el influente fluye directamente desde la cámara de cribado al tanque de aireación.

El lodo activado consiste de partículas de lodo producidas en el influente crudo por el crecimiento de organismos (generalmente bacterias) en tanques de aireación en presencia de oxígeno disuelto. El principal objetivo de un proceso de lodos activados es la transformación de los sólidos disueltos y suspendidos en materia sedimentable.

El proceso de lodos activados es un tratamiento biológico que usa microorganismos para acelerar la oxidación o estabilización de la materia orgánica. Cuando el lodo activado es mezclado con el influente doméstico, los microorganismos se alimentan y crecen. En la medida que los microorganismos crecen, mucho más materia orgánica es oxidada, produciendo un efluente más clarificado.



-Descripción del Proceso

El tratamiento secundario a través de un proceso de lodos activados tiene como objetivo la oxidación y remoción de la materia soluble o finamente suspendida. Los organismos aeróbicos hacen esto en unas pocas horas en la medida que el influente crudo fluye hacia el tanque de aireación. Tales organismos estabilizan los sólidos disueltos o finamente suspendidos a través de una oxidación parcial. Los productos finales de esta oxidación son dióxido de carbono, agua y compuestos de sulfatos y nitratos. Los sólidos remanentes que no pudieron ser eliminados en esta etapa son sedimentados y removidos posteriormente en el clarificador secundario.

Después del período de aireación, el influente oxidado fluye a un tanque de clarificación con el objetivo de que ocurra una separación entre la masa sólida y el líquido. Los sólidos que se sedimentan son retornados rápidamente al tanque de aireación.

Cuando el influente crudo fluye hacia el tanque de aireación, el mismo es mezclado con el lodo activado para formar una masa floculenta compuesta de sólidos, lodo y agua. El lodo activado está compuesto de muchos organismos vivientes formados en su contacto previo con el influente crudo. Esos organismos son de gran utilidad en el proceso de lodos activados. Los mismos utilizan la materia orgánica del influente crudo como alimento y como fuente de energía para su metabolismo y para la producción de otros organismos.

Muchos organismos requerirán un mayor tiempo para disponer de la materia orgánica. Algunos organismos competirán con otros por el alimento disponible para reducir el factor tiempo e incrementar la porción de materia orgánica estabilizada.

La relación entre el alimento disponible y la población de organismos vivientes es un parámetro de control operativo muy importante en el proceso de lodos activados. Esto es lo comúnmente se denomina relación Alimento/Microorganismo, conocidas por sus siglas en inglés como F/M.

Los organismos tienden a crecer con la carga orgánica y con el tiempo de estadía en el tanque de aireación. En condiciones favorables el operador removerá el exceso de lodos para mantener la población adecuada de organismos que le permita mantener un equilibrio en el tratamiento. La remoción del exceso de organismos es otros de los principales parámetros de control operativo.

El oxígeno suplido mediante unos sopladores es necesario para la sobrevivencia de los organismos, así como la oxidación de la materia orgánica. La insuficiencia de oxígeno reducirá los organismos aeróbicos, hará que los organismos facultativos

trabajen menos eficientemente y favorezcan la producción de organismos intermediarios causantes de malos olores y de reacciones incompletas.

Un aumento de organismos en el tanque de aireación requerirá de una mayor cantidad de oxígeno. Mucho más alimento en el influente crudo provocará un incremento en la actividad orgánica y por lo tanto una mayor oxidación; y consecuentemente mayor oxígeno es requerido en el tanque de aireación. Se requiere que haya un exceso de oxígeno para una estabilización completa de la materia orgánica. El contenido de oxígeno disuelto es otro parámetro de control operativo de gran importancia. Se debe mantener un nivel mínimo de oxígeno disuelto para favorecer la actividad orgánica que permita alcanzar la eficiencia necesaria en el tratamiento. Consecuencia de un nivel bajo de oxígeno disuelto es la formación de bacterias filamentosas. Las bacterias filamentosas impiden la sedimentación del flóculo de lodo en el clarificador. Además si el nivel de oxígeno disuelto es muy alto, se formarán flóculos muy finos que dificultosamente serán removidos en el clarificador secundario.

Otro parámetro de control operativo es la determinación de la concentración de sólidos del lodo activado. En la medida que estos sólidos se mantengan por mucho tiempo en el tanque de aireación, la calidad de los mismos se irá deteriorando.

Una masa floculenta está constituida de millones de organismos (10^{12} a 10^{18} por cada 100 ml en un lodo activado de buena calidad), incluyendo bacterias, hongos, levaduras, protozoarios y gusanos. Cuando una masa de organismos es retornada al tanque de aireación desde el clarificador, los organismos tienden a crecer como resultado de la mezcla con el influente crudo del cual toman alimento fresco para la oxidación parcial y para su propio metabolismo. La presencia de materia inorgánica (partículas de arena y arcilla) en la masa floculenta hace que esta incremente su densidad. La turbulencia en el tanque de aireación causa que la masa floculenta este en constante choque y promueva la formación de una masa floculenta de mayor tamaño. Eventualmente esa masa resulta lo suficientemente pesada para sedimentar en el clarificador donde puede ser removida fácilmente. Este lodo contiene bastantes organismos y materia orgánica que fueron mezclados en el tanque de aireación.

Una parte del lodo activado es retornado al tanque de aireación para que se mezcle con el influente crudo. El resto del lodo que no es recirculado debe ser removido y dispuesto de modo que el mismo no continúe en el proceso.

La operación exitosa y efectiva de un proceso de lodos activados requiere que el operador este conciente de muchos de los factores influenciando el tratamiento. El ambiente apropiado para mantener el equilibrio en el proceso lo proveerá el operador. La presencia de elementos tóxicos son indeseables y pueden producir un desequilibrio en el proceso.

Los parámetros de control operativos descritos previamente son relativamente simples: *EL CONTROL OPERATIVO CONSISTE EN MANTENER UNA CONCENTRACION APROPIADA DE SOLIDOS (MASA FLOCULENTO) EN EL TANQUE DE AIREACION DE ACUERDO A LA CANTIDAD DE ALIMENTO DISPONIBLE EN EL INFLUENTE CRUDO YA SEA AJUSTANDO LA DESCARGA DEL EXCESO DE LODOS Y REGULANDO LA CONCENTRACION DE OXIGENO SUMINISTRADO PARA MANTENER UN NIVEL SATISFACTORIO DE OXIGENO DISUELTO EN EL PROCESO.*

La aireación extendida es similar a un proceso convencional de lodos activados excepto que la masa floculenta es retenida por más tiempo en el tanque de aireación. La concentración del licor mezclado varía desde 3,000 a 6,000 mg/l. A diferencia de los otros procesos de lodos activados la aireación extendida no produce muchos residuos sólidos, sin embargo, para mantener un adecuado control operativo del proceso es necesaria de vez en cuando la descarga de sólidos desde el clarificador.

c. Clarificador

-Generalidades

La clarificación forma parte de las operaciones físicas destinada a que los sólidos sedimenten fácilmente en el fondo del clarificador.

Uno de los factores más importantes que afecta el diseño de un clarificador es la sedimentabilidad de las partículas suspendidas. Una velocidad muy rápida del líquido mantendrá las partículas en suspensión y las arrastrará produciendo un efluente clarificado de mala calidad. La tendencia de las partículas a flotar así como la tasa de sedimentación dependen en gran manera de la gravedad específica y temperatura del líquido, y de la forma y tamaño de la partícula.

Existen otros factores que influyen en la sedimentabilidad de la partícula y entre los que podemos mencionar:

- **Temperatura:** El agua se expande con la temperatura cuando esta se incrementa por arriba de 4°C o se contrae por debajo de ese valor. Cuando la temperatura aumenta la tasa de sedimentación también aumenta; cuando la temperatura disminuye sucede lo contrario. Las moléculas del agua reaccionan con los cambios de temperatura. Esas moléculas están más unidas cuando la temperatura del líquido es menor; entonces, la densidad aumenta y el agua resulta más pesada en un dado volumen debido a que hay más de ello en el mismo espacio. Cuando el agua se torna más densa, la diferencia de

densidad entre el líquido y las partículas sólidas resulta menor; por lo tanto las partículas sedimentan más rápido. El siguiente diagrama muestra lo anteriormente descrito.

Las moléculas de agua se expanden lo que permite una fácil sedimentación

Las moléculas de agua se contraen lo que dificulta la sedimentación



AGUA CALIENTE
100°C (MENOS DENSA)
(7.898 Lbs/Galón)



AGUA FRÍA
4°C (MAS DENSA)
(8.535 Lbs/Galón)

- **Cortos Circuitos:** En la medida que el efluente aireado fluye hacia el clarificador, el líquido debe ser dispersado a través del área transversal del tanque y debe fluir a la misma velocidad en toda la sección hasta la salida. Cuando la velocidad es mayor en una sección que en otra, pueden ocurrir cortocircuitos. Velocidades muy altas pueden reducir el tiempo de retención en esa sección, entonces, las partículas se mantienen en suspensión y son arrastradas con el efluente final. De otro modo si las velocidades son muy bajas se producirán condiciones sépticas en el clarificador.
- **Tiempo de retención:** El efluente debe mantenerse en el clarificador el tiempo suficiente para permitir la sedimentación de las partículas sólidas. Cuando el caudal de efluente aireado es mayor que el valor de diseño, muchos sólidos en suspensión serán arrastrados con el efluente clarificado. La relación entre el tiempo de retención y la tasa de sedimentación de las partículas es muy relevante.
- **Tasa de rebosamiento:** Cuando el efluente clarificado deja el clarificador, fluye a un rebosadero y a unos canales de recolección. El número de metros lineales del rebosadero en relación al flujo de líquido es muy importante para prevenir cortos circuitos. La tasa de rebosamiento es la cantidad de galones de efluente aireado que vierte sobre un metro lineal de rebosadero diariamente.
- **Carga superficial:** Este término expresa los galones por día de efluente aireado por metro cuadrado de área superficial. La carga superficial está directamente

relacionada con la eficiencia de remoción de los sólidos sedimentables. En climas templados por lo general se usan cargas superficiales bajas. En climas cálidos, cargas superficiales bajas pueden causar una prolongada retención del líquido lo que llevaría a producir condiciones de septicidad.

-Descripción de la Operación

El propósito de un tanque clarificador es que la masa de sólidos formada previamente en el tanque de aireación sedimente de manera adecuada en el fondo del clarificador. El clarificador es rectangular y la sedimentación ocurre por gravedad. Todo el lodo sedimentado se escurre hacia el fondo y hacia el centro, a través de la tolva del clarificador. El clarificador está diseñado para que una parte del lodo activado formado sea retornado al tanque de aireación y otra parte sea descargada al digestor.

Bajo condiciones normales de operación, la tasa de retorno debe variar entre 10 a 50% del caudal del efluente crudo. En determinados momentos cuando el lodo se deteriore, es recomendable que la tasa de retorno sea de un 100% para mantener suficiente sólidos del lodo activado en el sistema. En esas condiciones el operador debe tener el cuidado de que la tasa de retorno no resulte demasiado alta. Cuando sea necesario aplicar altas tasas de retorno, la turbulencia resultante en el clarificador puede destruir el manto de lodo.

De todos los tipos de clarificadores que un operador debe controlar, el clarificador de un proceso de lodos activados es el más crítico y requiere de mayor atención del operador. Algunos parámetros que ayudarán al operador a regular y controlar la eficiencia en el clarificador son:

- Nivel del manto de lodo,
- Concentración de sólidos suspendidos en el efluente clarificado,
- Control de la tasa de retorno de lodo activado,
- Nivel de turbiedad en el efluente clarificado,
- Concentración de oxígeno disuelto en el efluente clarificado, y
- Valor del pH.

Las pruebas de laboratorio ayudarán en el control de los parámetros antes descritos.

d. Desinfección

-Generalidades

Posterior al clarificador el efluente fluye a una cámara de contacto de cloro donde debe ocurrir el proceso de desinfección. El tiempo de permanencia del efluente en la cámara de contacto es de 30 minutos.

Microorganismos productores de enfermedades están presentes en los efluentes líquidos. Algunos organismos típicos de efluentes líquidos son las bacterias, virus y parásitos. Generalmente se hace referencia a estos organismos causantes de enfermedades como patógenos. Esos microorganismos deben ser removidos o aniquilados antes de que el efluente sea descargado al cuerpo receptor. El propósito de la desinfección es destruir los microorganismos patógenos y de ese modo prevenir la propagación de enfermedades de origen hídrico. Entre algunas de las enfermedades de origen hídrico más conocidas están las causadas por bacterias, como la fiebre tifoidea, cólera, ántrax, paratifoidea, disentería bacilar. La giardiasis y la disentería amebiana es causada por parásitos intestinales. El polio y la hepatitis infecciosa es causada por los virus.

Usualmente un adecuado tratamiento de los efluentes líquidos remueve algunos de esos microorganismos patógenos a través de los siguientes procesos y operaciones:

- Remoción física por medio de la sedimentación y filtración,
- Muerte natural de los microorganismos en un ambiente desfavorable,
- Destrucción por medio de agentes químicos introducidos en el tratamiento.

La efectividad de los procesos y operaciones en la remoción de esos microorganismos depende del tipo de tratamiento y de las cargas hidráulica y orgánica. Valores típicos de remoción a través de diversos procesos y operaciones unitarias son:

- | | |
|--------------------------|--------|
| • Cámara de rejillas | 10-20% |
| • Desarenador | 10-25% |
| • Sedimentación Primaria | 25-75% |
| • Precipitación Química | 40-80% |
| • Lodos Activados | 90-98% |
| • Desinfección | 98-99% |

Aún cuando muchos de los microorganismos son destruidos por los medios mencionados, muchos de los organismos patógenos se mantienen activos. Un medio de asegurar que esencialmente todos los microorganismos patógenos son destruidos es la desinfección. Visto que la cloración es el proceso químico más extensamente usado para la desinfección, esta sección se enfocará en este aspecto.

-Descripción del Proceso

La desinfección es la destrucción de todos los organismos patógenos. El principal objetivo de la desinfección es prevenir la propagación de enfermedades de origen hídrico. Los organismos son afectados por el cloro en base a cuatro factores: sensibilidad, tasa de crecimiento, concentración y tiempo de exposición.

El cloro es usado para la desinfección de efluentes líquidos por su fácil accesibilidad y bajo costo, además de que a dosis relativamente bajas el cloro es extremadamente efectivo.

La planta de tratamiento está diseñada para dosificar pastillas de cloro, mediante un dispositivo dispensador que permite alimentar las pastillas automáticamente cuando sea necesario.

La reacción del hipoclorito tiende a incrementar el pH con la formación de iones hidróxilos por la formación de hidróxido de sodio. A un pH cercano a 10, el ácido hipocloroso se disocia en ión hipoclorito e hidrógeno. Visto que el ión hipoclorito es un desinfectante relativamente inefectivo la solución de hipoclorito de sodio debe ser diluida lo más pronto posible. Este es un factor bastante importante en el proceso de desinfección.

El cloro reacciona rápidamente con muchos agentes reductores y más lentamente con otro tipo de elementos. Esas reacciones complican el uso del cloro para propósitos de desinfección. Uno de los más conocidos agentes reductores es el sulfuro de hidrógeno. El sulfuro de hidrógeno reacciona con el cloro para formar ácido sulfúrico u otros elementos relacionados con el azufre, dependiendo de la concentración, pH y temperatura del sulfuro. Otros agentes reductores que reaccionan con el cloro son el hierro, manganeso y los nitritos. Antes de que la desinfección ocurra una parte del cloro reacciona primeramente con esos elementos para satisfacer la demanda de las sales inorgánicas.

Otro elemento importante presente en todos los efluentes domésticos es el amoníaco cuando este elemento está presente, el ión hipocloroso reacciona con el mismo para formar monocloraminas, dicloraminas y tricloraminas. La formación de esos compuestos depende del pH de la solución y de la relación inicial cloro/amoníaco. Las mono y las dicloraminas tienen potenciales de desinfección definidos y son de mucho interés en la medición del cloro residual. La dicloramina tiene un mayor poder desinfectante que la monocloramina.

Si suficiente cloro es adicionado para reaccionar con los compuestos orgánicos e los nitrogenados, entonces el cloro reaccionará con la materia orgánica para producir compuestos cloro orgánicos u otras formas combinadas de cloro que tienen un poder desinfectante muy bajo. Si suficiente cloro es dosificado para que reaccione con todos los compuestos mencionados, cualquier cloro adicional existirá como cloro disponible libre el cual tiene una acción desinfectante más efectiva.

La demanda de cloro por los compuestos orgánicos e inorgánicos se denomina demanda de cloro. El cloro que permanece en la forma combinada más el cloro libre disponible es denominado como cloro residual. La suma de la demanda de cloro más el cloro residual es la dosis de cloro.

Entre los factores que afectan la desinfección están la adición de cloro y el tiempo de contacto. Ambos factores son esenciales en la efectividad de destrucción de los organismos patógenos. Otros factores que influyen en la desinfección son:

- Punto de inyección y método de mezcla del cloro,
- Forma de la cámara de contacto de cloro,
- Tiempo de contacto – Si la mezcla inicial del cloro con el efluente clarificado es buena, más efectiva será la desinfección. Generalmente es más efectivo extender el tiempo de contacto del cloro que incrementar la dosis de cloro.
- Efectividad de los procesos y operaciones unitarias previas,
- Temperatura – Entre más elevada es la temperatura, más rápida es la tasa de desinfección,
- Concentración de la dosificación y tipo de químico usado,
- pH – Entre más bajo el pH más efectiva es la desinfección,
- Tipo y número de microorganismos presentes – Cuando mayor es la concentración de microorganismos, más tiempo será necesario para que la desinfección sea efectiva.

La cantidad de cloro para oxidar las materia orgánica e inorgánica difiere del tipo y tamaño de la planta. La cantidad de cloro requerido para satisfacer la demanda es conocida como demanda de cloro. Esta demanda es igual a la dosis de cloro menos el cloro residual.

$$\text{Demanda de Cloro} = \text{Dosis de Cloro} - \text{Cloro Residual}$$

El cloro residual es determinado a través de pruebas de laboratorio. La cantidad de cloro residual que se desea mantener es determinada por la población de microorganismos presentes.

Finalmente, el efluente tratado y desinfectado es vertido al cuerpo receptor más cercano.

2.- TRATAMIENTO DE LOS LODOS

a. Digestión Aeróbica

-Generalidades

Los sólidos removidos durante las operaciones y procesos unitarios son comúnmente desactivados por un proceso biológico denominado digestión de lodos. Después de la digestión y remoción de agua, el residuo que queda puede ser usado como fertilizante o acondicionador de suelos.

La digestión aeróbica esta basada en el principio de que cuando un adecuado sustrato externo no está disponible, los microorganismos metabolizarán su propio masa celular. En un proceso biológico de digestión aeróbica los sólidos volátiles serán reducidos, disminuyendo así la cantidad de sólidos que requerirán de disposición final. Otra de las ventajas de la digestión aeróbica es la eliminación de malos olores, una disminución en la cantidad de aceites y grasas en la masa floculenta y una reducción en la población de organismos patógenos presentes en el lodo.

-Descripción del Proceso

El digester aeróbico está diseñado para operar continuamente, con una alimentación intermitente de lodo sobre el mismo y una remoción en lotes del lodo estabilizado y de la nata formada. Periódicamente la aireación del digester es detenida para permitir que los sólidos sedimenten y la nata sobredanante sea removida. Cuando la nata es removida la concentración de sólidos gradualmente se incrementa. Generalmente los sólidos suspendidos completamente mezclados alcanzan una concentración máxima de 2 a 2.5%. La máxima concentración de sólidos suspendidos en el digester dependerá de las características de separación y compactación del lodo digerido.

Eventualmente la sedimentación será un obstáculo en el digester y ello dificultará producir una nata lo suficientemente clara. El proceso de alimentar el digester con lodo se completa cuando la sedimentación y/o la remoción de la nata sobrenadanante es inadecuada para brindar un espacio para los requerimientos del lodo fresco descartado, o cuando ha pasado demasiado tiempo para la digestión del lodo en el digester. La cantidad de lodo digerido dependerá de la concentración de sólidos y del método de disposición final. Cuando se llega a esta etapa el lodo es removido y enviado al lecho de secado de lodos.

b. Lecho de Secado de Lodos

Uno de los principales problemas con que se enfrentan las plantas de tratamiento de efluentes líquidos es la disposición final de los lodos. La planta de tratamiento contempla un lecho de secado en donde se retendrá y secará el lodo. Los lodos ocuparán una menor área lo que facilitará su transporte y disposición final.

Las aguas filtradas que percolan el lecho de secado se conducirán nuevamente al Tanque de Aireación.

3.- MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD

- Cámara de Cribado

La cámara de cribado requiere que se estén limpiando continuamente las rejillas. En la medida que los residuos sólidos se van acumulando en las rejillas, esto provoca una restricción en el flujo hacia el tanque de aireación dando como consecuencia el desborde del efluente en el sistema de recolección.

Cuando se acumulan muchos residuos sólidos en las rejillas, mayor será la pérdida de carga que se produce en la cámara de cribado. La restricción del flujo que se produce en el canal atrás de las rejillas por efecto de la acumulación de sólidos, tiende a que la materia orgánica se sedimente en este canal y ocurra una reducción en el nivel de oxígeno disuelto. Como consecuencia de esta disminución de oxígeno ocurre la formación de condiciones sépticas. Las condiciones sépticas producen un gas llamado sulfuro de hidrógeno, el cual genera un olor a huevo podrido. El sulfuro de hidrógeno causa la corrosión del concreto, del metal, de la pintura y en algunas ocasiones produce un gas tóxico y una atmósfera explosiva en un ambiente pobremente ventilado.

La limpieza manual de las rejillas debe ser hecha con una raqueta adecuada para tal fin. Los sólidos retirados de las rejillas deben ser echados en un tanque o contenedor destinado solamente para este propósito. Posteriormente estos sólidos serán colocados en un sitio adecuado para la disposición de los mismos.

- Tanque de Aireación y Clarificador

La planta de tratamiento ha sido diseñada pensando en la seguridad del personal que operará esa infraestructura.

El mantenimiento de los equipos electromecánicos se hará de acuerdo a los manuales de los fabricantes.

En lo que concierne a las infraestructuras civiles deberán tomarse las siguientes precauciones:

- Limpieza general de la planta de tratamiento
- lavado de las paredes, canales y rebosaderos a fin de reducir la acumulación de materiales generadores de olores,
- Cuidado al caminar por superficies resbalosas,
- Los trabajos en espacios confinados deben hacerse siempre acompañados de una unidad adicional siguiendo las mínimas normas de seguridad.

- Desinfección

El cloro es un producto tóxico y extremadamente corrosivo en ambientes húmedos por lo que su manipulación debe ser realizada en forma segura y adecuada. En vista del olor característico del cloro en ambientes cerrados se recomienda el uso de equipo de seguridad para la manipulación del mismo. El equipo de seguridad debe constar de máscaras protectoras contra vapores, guantes y delantales de hule.