

TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE LAS AGUAS DE UBATÉ

A. ANTECEDENTES

La Corporación Autónoma Regional de la Sabana de Bogotá y de los Valles de Ubaté y Chiquinquirá - C.A.R. ha venido adelantando una serie de estudios cuyo objetivo es el desarrollo armónico del territorio bajo su mando. Para lograr estos fines ha adelantado trabajos sobre usos del terreno, que dan lugar a la fijación del requerimiento en cuanto a la calidad y cantidad de agua utilizada en usos domésticos, industrial y agropecuario.

En concordancia con estas metas juzgo necesario dar solución al problema de disposición y tratamiento de las aguas usadas provenientes de la población de Ubaté y fijar normas para el efluente de los alcantarillados de las poblaciones ubicadas en el valle del Río Suárez, lo cual constituye el objetivo principal del presente estudio.

GENERALIDADES

Ubaté está localizada en las estribaciones del Cerro del Apartadero, en el triángulo formado por la confluencia de los Ríos Ubaté y Suta.

Geográficamente pertenece a la hoya superior del Río Suárez, más específicamente a la hoya del Río Ubaté.

La hoya del Río Ubaté está formada por una zona plana dedicada a la ganadería y algunos cultivos intensivos; la zona quebrada ha sido explotada agrícolamente pero por ser de pendientes altas se ha presentado una erosión de carácter activa que la ha despojado de gran parte de su capa vegetal.

En términos generales puede establecerse que está siendo explotada en forma antitécnica. Para mejorar esta situación, la CAR ha adelantado varios estudios para reducir,



Control de Erosión

Para lograr controlar la erosión y recuperar las tierras sujetas a erosión incipiente se propone adelantar un plan de las tierras altas en la siguiente forma:

Areas que no necesitan tratamiento	23.940	Ha.
Areas para siembra de pastos	6.310	Ha.
Areas para siembra de árboles	5.015	Ha.
Areas que no requieren tratamiento	<u>12.160</u>	<u>Ha.</u>
	48.540	Ha.

Proyectos de mejoras.

El estudio de factibilidad para el proyecto Ubaté Lenguaque se aplica a la recuperación de tierras en la hoya del Río Suárez.

Identificación de la Zona

La Zona objeto del estudio está localizada al Sur de la hoya del Río Suárez, pudiendo distribuirse área agrícola con riego 2.850 Ha. y tierras altas para manejo controlado y estabilizado 48.540 Ha.

Descripción de la hoya del Río Suárez

Los terrenos considerados en el estudio quedan limitados por la divisorfa de aguas con los Ríos Bogotá y Garagoa, en el norte por la cuenca baja del Río Suárez.

Las tierras se clasifican de acuerdo con su topografía como zonas de páramos, media ladera y planas. A las dos primeras se les ha dado el genérico de tierras altas, que en contraposición con las tierras planas no pueden estar sujetas a riego.

El área total de la cuenca alta es de 56.390 Ha. divididas en 7.850 Ha. de tierras planas y 48.540 Ha. de tierras altas; la distribución por usos se indicó en el acápite

sobre estructuras de control. En general este sector se caracterizó por su economía agraria, con un gran volumen de población rural establecida en pequeñas parcelas en la zona alta.

USOS DE LA TIERRA

Los estudios llevados a cabo indican que la hoya alta del Río Suárez se debe dedicar a usos agropecuarios, con especialidad a la producción de leche, este planteamiento indica la necesidad de mantener las corrientes de agua dentro de una calidad compatible con este uso.

En el año de 1961 CIS llevó a cabo un inventario de calidad del agua, como consecuencia de este trabajo presentaron a consideración de la CAR dos planos: el primero sobre el estado actual de las vfos y el segundo con la zonificación propuesta.

La zonificación de las corrientes permite establecer que la calidad del agua de los ríos requiere una reconsideración para hacerla compatible con el plan de obras del estudio de factibilidad.

Es conveniente por tanto mantener la calidad del agua de las corrientes superficiales dentro de las normas de calidad indicadas en el Acuerdo No. 04 de 1963, para Clase I. Las nuevas recomendaciones de diversas entidades se sintetizan en el cuadro adjunto; en ellas se constata que es deseable que el agua que se utilice para bebida de ganados y más especialmente en hatos lecheros debe cumplir las mismas normas establecidas para consumo humano. Es por tanto deseable efectuar un control estricto sobre el uso de pesticidas, determinar su contenido en el agua de escorrentia fluvial y someter a desinfección y tratamiento depurador los efluentes de los alcantarillados de las poblaciones establecidas en la cuenca del Rfo Ubaté.

OBJETIVOS DEL TRATAMIENTO Y DISPOSICION

Si se atiende al crecimiento de las poblaciones del Valle Alto del Rio Suárez, al desarrollo de la Industria agropecuaria y a los escasos caudales de tiempo seco del Rio Ubaté y sus tributarios no parece posible mantener la calidad de los ríos dentro de los límites bajos en su contenido bacteria!

En general no serán significativamente mejores que los efluentes de los sistemas depuradores que descargan a ellos, aún si recibirán un tratamiento avanzado y se ejercerá un control riguroso en su operación.

Esta situación se produce a causa de la contaminación introducida por las aguas lluvias. Para hacer un primer análisis sobre la incidencia de la descarga de los vertimientos de los efluentes de las plantas depuradoras se relacionarán los caudales medios mínimos con los caudales de los vertimientos con cantidades variables de aguas negras tratadas.

GASTOS EN LOS RIOS HOYA SUAREZ HASTA FUQUENE

NOMBRE	M.C.S.	
	MEDIO MINIMO MENSUAL	MINIMO ABSOLUTO
UBATE BOYERO	0.230	
UBATE UBATE	0.770	0.171
UBATE LAGUNA	0.230	
LENGUASAQUE TAPIAS		0.155
LENGUASAQUE BOQUERON	0.120	0.043
SUSA EL PINO		0.008
SUSA (SUSA UBATE)		

AGUAS NEGRAS CAUDALES P. S.

MUNICIPIO	AGUAS NEGRAS		CAUDALES P. S.		DIFERENCIA	
	1985	2000	NOMBRE	CAUDAL	1985	2000
UBATE	4.4	8.4	SUTA	8	0.2	0.1
CUCUNUBA	0.5	0.2	CUCUNUBA			
TAUSA	0.5	0.7	AGUSAL			
SUTATAUSA	2.1	9.9	SUTA	0.043		
LENGUASAQUE	2.9	4.8	LENGUASAQUE	0.155		
CARUPA	1.9	2.3	UBATE			

La sola enunciación de las cifras anteriores nos permite establecer que la calidad de las aguas de las corrientes de agua en las inmediaciones de las poblaciones presentarán condiciones sépticas, a menos que se de un grado de tratamiento compatible con el volumen de agua de la corriente receptora y con su grado de recuperación.

La calidad bacteriológica y un nivel significativo de oxígeno disuelto depende no solamente de lo que haga Ubaté, sino las poblaciones de la cuenca en especial Tausa, Sutatausa y Carupa. Es difícil controlar la contaminación bacteriana y es posible que se sobrepasen los límites establecidos para usos agropecuarios por la dificultad que implica el control adecuado a la diversidad de usuarios.

MÉTODOS DE TRATAMIENTO

El tratamiento que deben recibir los efluentes de los alcantarillados municipales tienen por objeto evitar la degradación de la calidad de las aguas superficiales; mantener la vida acuática y evitar la eutroficación de los lagos es necesario satisfacer la demanda de DBO en el sistema de tratamiento.

Dependiendo del tipo de tratamiento la remoción de la demanda puede llegar a ser del 25% al 90%, pudiendo adicionarse que la variación en el porcentaje de remoción incide en el costo de las instalaciones y de operación.

Es el caso corriente en esta cuenca de estar localizadas las captaciones de los abastecimientos de agua potable aguas abajo de los vestigios de los alcantarillados de poblaciones establecidas en los márgenes del mismo río. Por su importancia citaremos los casos de Ubaté y Sutatausa, que se ven afectadas por los desagües de Carupa y Tausa respectivamente. Es importante destacar el hecho que el río Suso recibe los desagües de las poblaciones de Sutatausa, Tausa y Ubaté, habiéndose constituido por este motivo en un alcantarillado descubierto. Es de especial importancia para este río hacer estimativos para cuantificar el efecto que producen los varios grados de tratamiento de los efluen-



1. 1. 1. 1. 1.

1. 1. 1. 1. 1.

1. 1. 1. 1. 1.

1. 1. 1. 1. 1.

1. 1. 1. 1. 1.

1. 1. 1. 1. 1.

1. 1. 1. 1. 1.

1. 1. 1. 1. 1.

1. 1. 1. 1. 1.

1. 1. 1. 1. 1.

1. 1. 1. 1. 1.

1. 1. 1. 1. 1.

1. 1. 1. 1. 1.

1. 1. 1. 1. 1.

1. 1. 1. 1. 1.

1. 1. 1. 1. 1.

1. 1. 1. 1. 1.

1. 1. 1. 1. 1.

1. 1. 1. 1. 1.

1. 1. 1. 1. 1.

1. 1. 1. 1. 1.

1. 1. 1. 1. 1.

1. 1. 1. 1. 1.

1. 1. 1. 1. 1.

1. 1. 1. 1. 1.

1. 1. 1. 1. 1.

1. 1. 1. 1. 1.

1. 1. 1. 1. 1.

1. 1. 1. 1. 1.

1. 1. 1. 1. 1.

1. 1. 1. 1. 1.

tes de los alcantarillados, de niveles de oxígeno y la curva de recobramiento.

NORMAS TENTATIVAS DE CALIDAD PARA EL AGUA DE LOS RIOS DE LA REGION.

Anteriormente se habian adelantado algunos estudios y establecido normas de calidad para las diferentes zonas de los ríos. • La zonificación vigente se ha encontrado adecuada para los usos actuales y futuros de los ríos con excepción del Río Suta que requiere mejorarse y mantenerse dentro de la Clase II para que sea compatible con los usos propuestos en el estudio de Development. And Resources Corporation.

COMPARACION DE METODOS DE TRATAMIENTO.

Lagunas de oxidación.

El tratamiento mediante lagunas de oxidación ha tenido gran aceptación para tratar efluentes de alcantarillado de ciudades pequeñas y medianas.

Las lagunas de oxidación son de dos tipos de tanque solo estanque y de estanques el primero anaeróbico y el segundo aeróbico.

LAGUNAS DE UN SOLO ESTANQUE. Las lagunas de un solo compartimiento son estanques facultativos, entendiéndose por tal la remoción de DBO como un resultado de acciones aeróbicas en las capas superiores y procesos facultativos en las capas medias y anaeróbicos en las capas inferiores. Las cargas de diseño se limitan a 210Kg/Ha (18716/acre) equivalente a 3000 personas/Ha.

El proceso aeróbico se cumple por reaireación superficial y fotosíntesis, en cambio el proceso anaeróbico puede definirse como fermentación metánica.

El efluente de estas lagunas mantienen una DBO de 30 ppm en el efluente.

Observaciones. El principal inconveniente de este tipo de instalaciones reside en la gran área requerida.

LAGUNAS DE DOS ESTANQUES. Las Lagunas de dos estanques constan de un estanque

obligacion de proporcionar

Reservado

cuando se

funcion de

version de usuarios

ATAMIRIT

El tratamiento que se realiza con los datos

de carácter personal de los usuarios de los servicios de

de carácter personal de los usuarios de los servicios de

el sistema de

Dependiendo de

de carácter personal de los usuarios de los servicios de

de carácter personal de los usuarios de los servicios de

de carácter personal de los usuarios de los servicios de

de carácter personal de los usuarios de los servicios de

de carácter personal de los usuarios de los servicios de

de carácter personal de los usuarios de los servicios de

de carácter personal de los usuarios de los servicios de

de carácter personal de los usuarios de los servicios de

de carácter personal de los usuarios de los servicios de

anacróbico de pretratamiento seguido de un estanque facultativo. El tratamiento por medio de estanques de este tipo requiere especiales consideraciones sobre su localización por los olores a que puede dar lugar. El efluente del estanque aerobio usualmente tiene un contenido de demanda en exceso de 200 ppm. en tanto que el del estanque facultativo llega solamente a 50 ppm., cuando se requiere un efluente de un grado de pureza mayor se construye un estanque adicional, denominado estanque de maduración. Las cargas de diseño se expresan en función del período de retención.

Estanque aerobio	1 a 5 días	profundidad	2.00 m
Estanque facultativo	7.5 días	profundidad	2.00 m
Estanque maduración	2 a 10 días	profundidad	1.00 m
Altura recomendada			2.00 m

LAGUNAS AIREADAS. Este tipo de instalaciones permite mantener condiciones aerobias en toda la masa líquida del estanque. La diferencia fundamental con el estanque facultativo radica en la fuente de oxígeno, que para el caso de aireación mecánica lo constituye el aireador, en tanto que en el estanque facultativo son las algas y la reaeración superficial las encargadas de cumplir esta labor.

El proyecto de este tipo de instalaciones se basa en tres conceptos a) profundidad mínima y máxima de algas. b) igualamiento de la reducción de la DBO y eliminación de microorganismos patógeno (estanques de maduración). e) aireación, mezcla inducida, que puede mantener la actividad bacteriana aerobia sin que intervenga necesariamente la fotosíntesis.

PROFUNDIDAD MINIMA Y MAXIMO CRECIMIENTO ALGAS

Los estantes aerobios de alto rendimiento están aún en etapa de experimentación. El objeto de estas instalaciones es transformar la máxima cantidad posible de la materia

celular de las algas en CO₂ para lograr una máxima cantidad de proteínas y oxígeno.

El criterio de diseño se basa en una alta relación de área/volumen que es favorable a la producción de algas.

El valor de diseño corriente es de: 10 a 35 gr. de DBO/dfo que equivale a 1430 o 5000 Hab/Ha.,

ESTANQUES MADURACION (ESTABILIZACION)

El objeto de estos estanques es producir un efluente de alta calidad, con bajo contenido de bacterias fecales; resultado obtenido con un período de detención prolongado, de 7 - 10 días y profundidad 1 m,

Estos estanques no se utilizan para complementar la remoción de carga orgánica de plantas sobrecargadas.

AIREACION Y MEZCLA MECANICA INDUCIDA

La aireación mecánica se usa cuando aumentan las cargas de las aguas residuales, si se requieren efluentes de alta calidad y cuando el espacio disponible es limitado.

La aireación y mezcla se consiguen:

- a) Recirculación de aguas de alto contenido de oxígeno totales en modos de un estanque facultativo o de maduración
- b) Aireación mecánica superficial
- c) Aireación difusa por aire comprimido
- d) Combinación de los métodos anteriores

o) - RECIRCULACION DE AGUAS DE ALTO CONTENIDO DE OXIGENO

Este método permite mantener el balance de oxígeno y eliminar olores en estanques conectados en serie.

b) - AIREACION MECANICA SUPERFICIAL

Existen varios tipos de aireadores mecánicos superficiales, según la casa fabricante, pudiendo clasificarse como unidades fijas o flotantes.

El aire transferido se logra: 10% a 20% por transferencia a través de la interfase superficial y el resto por mezcla y atrapamiento.

El rendimiento de las unidades varía de 1.3 Kg a 2.4 Kg por Kwh. Para una reducción del 80% se requerirá en promedio 800 Ha⁴/Kw al nivel del mar.

c) - AIREACION DIFUSA POR AIRE COMPRIMIDO

La aireación difusa se puede llevar a cabo mediante difusores porosos en forma de placas o tubos porosos o por elementos no porosos, bien sea que utilicen sodos, o mediante aire y agua, la ventaja de este último sistema sobre el de medios porosos radica en que no necesitan sistemas especiales de filtración de aire.

El rendimiento de estas unidades, para efectos de comparación se puede tomar entre :

$$500 \text{ gr. DBO/día/m}^3 \text{ y } 1600 \text{ gr. DBO/día/m}^3$$

En el proceso convencional. Las unidades de aireación se diseñan para soportar cargas de 480 a 640 gr/día/m³ y período de aireación de 6,0h a 7,5 h.

ZANJAS DE OXIDACION

Un sistema basado en el empleo de aireación prolongada son las zanjas de oxidación, en las que cepillos agitan la superficie del líquido circundante.

Normalmente las zanjas de oxidación equivalen a unidades de lodos activados, aunque en algunos casos se utilizan para suministrar un pretratamiento para estanques de estabilización.

Las zanjas de oxidación, como todo proceso de lodos activados, requiere sedimentación final, extracción de lodos, su secado y ulterior disposición. Este requisito cons -

tituye su Único inconveniente.

Para su dimensionamiento se utilizan los siguientes criterios de diseño.

Perfodo de retención	3 días
velocidad de circulación	25-30 crrv'seg.
velocidad de cepillos	75-125 rpm/min.
Aireación	3 Kg Oi/ Kw.

GENERALIDADES SOBRE LODOS ACTIVADOS. No hay una lfnea divisoría que mar- que la opfrnización del sistema, pero en todos los cosos se introduce aire en la masa líquida para suministrar el oxígeno necesario para remover los contaminantes orgánicos. El floc orgánico es separado del líquido tratado y vuelto al proceso, porciones del lodo son desechados perfodicamente.

Al tanque de aireación y el de sedimentación final son partes fundamentales del proce- so. La cantidad máxima de sólidos que se pueden sedimentar en el tanque final pueden llegar a 97.6 kgr/día/m².

Dentro de los procesos que vamos a enumerar, los procesos se suceden dentro de tres clases de actividad biológica.

RATA ALTA. En este proceso el crecimiento de lodos es rápido, conservandose al rede- dor de 0.2 a 0.5 días o hasta que el Índice de densidad cae por debajo de 15. Se pueden esperar remociones del 60%al 70%, el lodo de exceso puede ser concentrado a 8% de soldos7 El uso de aire es del 50% al 75% del correspondiente a sistemas más completos.. Los costos de operación y mantenimiento y de lodos de desecho pueden e;_ timarse como el 50% de los correspondientes a tratamiento completo.

SISTEMAS CONVENCIONALESIncluye los procesos convencionales, aireación por etapas, estabilización por contacto, el proceso Kraus y mezcla com leta. El proce-

so biológico está controlado por el racionamiento del alimento. Se debe mantener una mezcla de lodo activado de 3 a 4 veces el peso de la carga diaria suministrada, que se considera suficiente para consumir el alimento suministrado y para que se pueda continuar con el suministrado con desprendimiento de CO₂ y la adquisición de buenas propiedades de asentamiento.

Entre el nivel de operación normal de la aireación modificada, con lodos de edad 0.3 a 5 días y el método de tratamiento completo con lodos de 3.5 días de edad hay una zona de operación imposible, por ser los lodos blandos e hinchados y de difícil asentamiento.

SISTEMAS PROLONGADOS Este proceso se conoce como aireación extendida. Los sólidos activados permanecen en el sistema hasta que son desintegrados y dispersados en el líquido y salen a los tanques de sedimentación final.

En EE.UU. algunos Estados exigen tratamiento del efluente antes de su descarga final. El inconveniente de este proceso es el alto requerimiento de aire.

PROCESO CONVENCIONAL Al tanque de aireación se diseña para una carga de 480 a 640 gr/día/m³ del tanque de aireación con períodos de aireación de 6.0 a 7.5 horas.

El sistema de retorno de lodo debe tener capacidad para manejar el 30% flujo medio de diseño, con provisión para un máximo de 75% y un mínimo de 15%. La edad del lodo debe estar comprendida entre 3 y 4 días. La remoción de la demanda varía entre 90 y 95%. Comparado con otras variantes del proceso es la siguiente: la potencia requerida es mayor que en proceso modificado (rata alta) y que es el de aireación activada. El lodo sobrante es más abundante que en el proceso de aireación extendida.

PROCESO MODIFICADO DE AIREACION Para este proceso el periodo de aireación se reduce, se le ha llamado proceso de rata alta. El tanque de aireación se diseña para

11

0000

11

1111111111

1111111111

1111111111

1111111111

1111111111

11

1111111111

1111111111

1111111111

11

1111111111

1111111111

11

11

1111111111

1111111111

1111111111

1111111111

o

1111111111

11

1111111111

1111111111

e,

1111111111

11

1111111111

1111111111

1111111111

1111111111

cargas de 1600 gr/m^3 . El sistema de retorno de lodos debe tener capacidad para manejar el 20% del lodo de flujo medio de diseño, pero debe permitir el retorno desde un 50% hasta 100%.

El proceso opera con lodos en edades de 0.2 a 0.5 días.

AIREACION ACTIVADA. En este proceso el exceso del lodo activado de la zona de la planta que tiene el tratamiento completo como en el sistema convencional o por etapas, se utiliza para ayudar a clarificar cantidades adicionales de aguas residuales donde el lodo no es recirculado. El proceso permite disminuir el consumo de energía y de lodos en relación con los obtenidos en el sistema modificado de lodos activados.

AIREACION VARIABLE. Este proceso es de los primeramente introducidos en el proceso convencional. En esencia consiste en distribuir la entrada de aire en forma decreciente de acuerdo con las necesidades del tanque de aireación.

AIREACION POR ETAPAS. En este proceso la adición de agua residual se hace en etapas de acuerdo al tanque, lograndose en esta forma mantener más o menos constante la DBO por unidad de volumen de tanque. El resultado de esta modificación es el permitir el tamaño de las unidades de aireación y el de la cantidad de sólidos sedimentables en la unidad final. Los requerimientos en cuanto a masa de sólidos y edad de los lodos 3 a 4 días son iguales que para el método convencional.

Edad del lodo se define la carga de lodos en el tanque de aireación dividido por la carga de DBO que entra al tanque de aireación.

El método es basado en un concepto de Gould que establece que en los lodos activados los lodos deben ser conservados en el sistema varios días con el objeto de desarrollar las cualidades purificadoras y de sedimentación, Únicamente se debe requerir 30 minutos para que al estar en contacto con las aguas residuales queden libres de

impurezas

El criterio de diseño fija:

Para flujo de diseño $800 \text{ gr/m}^3 - 480 \text{ gr/m}^3$

Lodo de retorno 50% valor medio con máximo de 75% y mínimo de 28% para planta de 3 etapas.

AIREACION EXTENDIDA En este proceso se efectúa la aireación por período de 24 horas obteniéndose una distribución uniforme de la DBO de la carga de sólidos en el tanque de aireación. El proceso opera a un alto nivel de sólidos suspendidos y con un período largo de aireación, si se compara con el método convencional de lodos activados. El consumo de energía es alto en tanto que la producción de lodos se reduce grandemente.

El criterio de diseño del tanque de aireación fijai

Período de retención 24 h.

Carga 200 gr/m^3 en el tanque de aireación

Lodo de retorno 100% para carga media

200% para máxima

50% para mínimo

B10 ABSORCION En este proceso el lodo de retorno se airea antes de entrar en el tanque principal de aireación. Este proceso produce resultados similares a la aireación por etapas en cuanto a sus resultados se refiere.

La zona de contacto se diseña como un 30% o 35% de la capacidad total del tanque de aireación. La entrada de aguas crudas se realiza en un solo punto, siendo por tanto más flexible la operación.

A pesar de que la sección de estabilización está seguida por la sección de contacto con las aguas crudas permite una alta carga unitaria de DBO, requiriéndose la misma masa de sólidos activos que se exigen en los otros métodos.

Los criterios de diseño aplicables son:

Carga para flujos de diseño 480-800 gr/m³

Lodos de retorno 100% del flujo medio de diseño

1500/d para máximo

50% para mínimo

PROCESO KRAUS En este proceso el efluente primario es alimentado al final del tanque de aireación. El lodo de retorno del tanque final puede ser llevado a la cabeza del tanque de aireación o mezclado con lodos diferidos en el tanque de nitrificación - aireación o puede ser alimentado con lodos digeridos en la cabeza del tanque de aireación.

El control del Índice de volúmen del lodo y el incremento de carga en el tanque de aireación es obtenido balanceando el lodo de retorno a través del tanque de nitrificación - aireación y por el retorno directo al tanque de aireación.

MEZCLA COMPLETA El proceso de mezcla completa en el proceso de lodos activados se define como la mezcla instantánea de aguas residuales en el tanque de aireación. En efecto la carga orgánica en el tanque de aireación es uniforme en toda su extensión, produciéndose una demanda uniforme, y un uniforme crecimiento biológico. El tanque de aireación opera como un tanque de regulador de picos. Las variaciones en la concentración orgánica tiene poca influencia en el rendimiento de operación.

d) - COMBINACION DE METODOS ANTERIORES Los sistemas que se agrupan en esta denominación están constituídos por un sistema de suministro de aire comprimido y mecanismos del tipo turbina, generalmente uno cerca del fondo y otro cerca de la superficie. El aire se descarga en la periferia de la turbina inferior dispersando el aire comprimido y al mismo tiempo cumple su función de subdividir finamente las burbujas de aire. El rotor superior, cercano a la superficie induce cantidades adicionales de oxígeno.

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

PLANTAS CONVENCIONALES DE LODOS ACTIVADOS La planta de lodos activados se puede definir como un tratamiento de aguas residuales con mezcla de lodos activados y ulterior aireación.

El lodo activado es posteriormente separado del líquido tratado por sedimentación y rebombado al sistema o separado de él según las necesidades del sistema.

UNIDADES DE LA PLANTA Las plantas convencionales de lodos activados constan esencialmente de los siguientes elementos ; mallas removedoras de sólidos grandes, aparatos para medición de caudal, tanques de sedimentación primaria con separación de arenas de los lodos primarios, tanques de aireación recirculación y desecho de lodos de exceso y tanques de sedimentación final. Los lodos secundarios pueden ser espesados por flotación con aire. Los lodos espesados pueden ser secados en lechos especiales o eventualmente utilizados en agricultura.

Este proceso tiene sobre la aireación prolongada, ventajas consistentes en menor volumen de los tanques y menor cantidad de aire y de lodos en cambio requiere mayor cantidad de equipos y personal de operación.

FILTROS PERCOLADORES El tratamiento por filtros percoladores se ha venido usando desde finales de la Primera Guerra Mundial en la depuración de aguas negras municipales, habiendo dado excelentes resultados por su alto rendimiento en la remoción de la carga orgánica. El efluente del sistema convencional varía entre 20 ppm y 30 ppm, siendo aplicable a casos en que esta carga orgánica sea aceptable. Actualmente se usan indistintamente los filtros de alta y baja tasa. La diferencia radica en los volúmenes por unidad de área aplicados.

Carga Hidráulica

Rata baja -	1.0 m ³ / m ² / día -	4.0 m ³ / m ² / día
Rata alta -	8.0 m ³ / m ² / día -	4.0 m ³ / m ² / día

Carga Orgánica

Rata baja - 0.8 Kg./m³/día - 4.1 Kg./m³/día

Rata alta - 4.1 Kg./m³/día - 48.1 Kg./m³/día

Los filtros de alta rata permiten obtener sustanciales economías en aspectos relacionados con el área necesaria. Las estaciones de filtros percoladores de alta rata pueden ser de una etapa o de dos etapas. Los diseños pueden conducirse para obtener un efluente de calidad similar a el obtenido en los filtros de rata baja con excepción de los niveles de nitrificación.

Los filtros de una etapa basicamente consisten de un tanque de sedimentación primaria un filtro percolador un tanque de sedimentación final y sistema de recirculación.

Los filtros de dos etapas difieren de los anteriores en que el del primer filtro puede bien pasar a un tanque intermedio de sedimentación o ser llevado a un filtro de segunda etapa para pasar finalmente al tanque de sedimentación final. La forma de efectuar la recirculación y los puntos de aplicación varían dentro de un amplio margen dependiendo de los resultados que se esperan.

Un factor determinante en el caso de filtros percoladores es la disponibilidad a precios razonables, de roca dura. En la Sabana se dispone de arenisca gris dura, de la formación Guadalupe, que es un material apto para este tipo de tratamiento.

El método que puede considerarse recomendable en nuestro caso consistiría en remoción de objetos grandes por medio de mallas, separación de arenas, medición de caudal, sedimentación primaria, filtros percoladores de dos etapas, con recirculación del efluente del filtro percolador o del efluente final. Los lodos secundarios se recircularían a los tanques de sedimentación primaria y los lodos combinados serían espesados por gravedad y secados al vacío.

UBICACION Y DISPOSICION DE LA PLANTA

La instalación de una unidad de tratamiento puede estar predeterminada por la ubicación del emisario final, por la disponibilidad de agua de dilución o por circunstancias locales.

La selección del emplazamiento es especialmente importante cuando se proyectan estanques de estabilización, debiendo darse especial atención a la ubicación de los desarrollos urbanos existentes o propuestos.

Las normas de distancia a las viviendas dependen de las costumbres locales, el clima y el tipo de tratamiento adoptado.

La distancia tolerable entre un estanque y las viviendas que la determina por la carga suministrada al estanque, el grado de confiabilidad del proyecto y las normas de operación y mantenimiento.

Recomendaciones vigentes:

India	150 m de pequeños desarrollos urbanos
	450 m de desarrollos urbanos importantes
Estados Unidos	500 - 1000 m de centros urbanos
	Distancia mínima para estanques facultativos 100 m



Recomendaciones Generales. El terreno seleccionado debe permitir la ubicación de las diferentes etapas de aplicación, debe incluir fundaciones o encharcamientos; debe proveerse un sistema adecuado de protección contra la entrada de aguas lluvias y por último deben dejarse las áreas necesarias para instalaciones de servicio tales como alojamiento del operador, instalación de un pequeño laboratorio.

COSTOS DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS

Para comparar las alternativas se pondrán dos etapas una que cubra un período hasta

1. 985 y la otra hasta el año 2. 000.

Cantidad de agua de abasto año, 1. 985	2. 500m ³ - día
año 2. 000	4.961m ³ - día

LAGUNAS DE UN SOLO ESTANQUE

Años	Habitantes	Area Requerida Ha.	Cantidad Aguas !-legras m ³ - día DBO
1. 985	11,000	3. 7	1 990
2.000	20.000	7. 0	3.940

SE INCLUYE INFILTRACION

PRESUPUESTO

Valor terreno 3. 7 x 100. 000= 370.000

Valor Jarillones

Excavación

4 x 200 x \$27. 00 21.600

Rellenos

4 x 200 x \$770. 00 616.000

Pi-eparación Terrenos

37. 000 x (2. 74 + 0. 90 + 1. 60)= 193. 880

(Descapote y cargue transporte)

Estructuras de Control

Cámara medida 6.000

Cámara entrada 6.000

Cámara desahúe 6.000

Costo Laguna \$ 1. 219. 480

JARILLONES

Excavación 1 m en profundidad

$$L 00 \times l. 00 = 1 m^3 / mi.$$

$$x 27 = \$27.00 rr/1.$$

Relleno

$$\left(\frac{10 \times 2}{2} \right) + (1 \times 1.0) = 11 m^3 / mi.$$

$$11 \times 70 = 770 rr/l$$

LAGUNA DE DOS ESTANQUES

Años	Estanque m ³		Estanque Ha		É udal m - día
	Anaerobio	Aerobio	Anaerobio	Aerobio	
1. 985	19.9	14.925	1.30	0.8	1.990
2. 000	11.820	29.500	0.59	2.6	3.940

Para este caso se requieren un área neta de 1.1 Ha. H = 2.00 m.

Se calcula con 3 días el estanque anaerobio y 7.5 el aerobio

CANTIDADES BASICAS - Primera etapa

Laguna anaerobica de 55 x 55 m -

Laguna aerobica de 90 x 90 m -

Segunda Etapa

Duplicar el sistema

PRESUPUESTO

Costo Terreno =

$$2.0 \times 100,000$$

$$200,000$$



Laguna anacróbia	
Excavación	
4 x 55 x 27	5. 940
Jarillones	
4 x 55 x 770	169. 400
Laguna aerobia	
Excavación	
4 x 90 x 27	9.720
Jarillones	
4 x 90 x 770	27 7.200
Arreglo Terreno 11. 000 x 5. 24	5 7, 640
Estructura Control	
Cámara medida	6. 000
Cámara entrada	6.000
Cámara salida	6. 000
Intercomunicación	5. 000
Tuberfas, lecho secado lodos y subestación	124. 000
	<hr/>
Total	\$ 866.900

LAGUNAS AIREADAS

Años	Habitantes	Area Requerida en Ha	TD.
1. 985	11. 000	1. 5	24
2.000	20. 000	3. 2	

NOIA Se deja un efluente con 50 o.o.rn. de D.B.O.

Se calculo con ecuación 9 el tiempo detención

PRESUPUESTO

Costo Terreno

1.5×10^5 150.000

Excavación

$4 \times 125 \times 27$ 13.500

Relleno - jaril lones

$4 \times 125 \times 770$ 385.000

Arreglo piso

15.000×5.24 78.600

Estructura control

Cámara medida 6.000

Cámara entrada 6.000

Cámara salida 6.000

Equipos aireación 5×74.400 372.000

Instalación 62.500

Subestación 24.000

TOTAL \$ 1.103.600

DATOS PROYECTO

DBO reducida - 770 Kg

Oxígeno requerido $770 \times 0.7 = 54.0$ Kg. 02/día 22,5 Kg. 02/hora

Necesidad aireación = $2.0 \frac{10.2}{9.2} - O_x \frac{0.90}{1.02} \times 1.02^{-5} = 1.8$ 02/ Kw

= 12.5 HP = 10 Kw

Longitud jorillones - 500 m

Segunda Etapa

Longitud jarillones - 500 m

Para la segunda etapa se duplica la Laguna

ZANJAS DE OXIDACION

Se hará el predimensionamiento para la primera etapa o sea para tratar el efluente del alcantarillado que se espera hasta el año de 1.985:

DATOS PROYECTO=

Volúmen de la zanja

$$V = 11 \cdot 000 \times 3 \cdot 00 = 3 \cdot 300 \text{ m}^3$$

$$\text{Profundidad} = 1 \text{ m}$$

Sección

$$13 \cdot 00 \times 1 = 13 \text{ m}^2$$

Longitud 260 m

Cálculo oxígeno -

Rendimiento

3000 gr o-i/hr/m

2500 gr Oi/Kw h

aproximado

2 00 gr D.2/Kwh/m

D. B. O. que se debe satisfacer:

$$11 \cdot 000 \times 70 = 770 \cdot 000 \text{ gr/día} = 2 \cdot 100 \text{ gr/h.}$$

Se requiere 13 m rotor y 13 Kw.

LECHO SECADO LODOS

Para primera etapa se requieren 0.22 Ha. (45 x 50)

con 0.211//habitante

Area 0.22 Ha.

PRESUPUESTO

Costo Zona

50 x 200 = 1 Ha.

1 x 1 000 = 1 000.000

Excavación

260 x 13 = 3380 m³

3380 x 27. 91.260

Revestimiento zanja

(13 + 1.50 + 1.50) x 0.10 = 1.60 m³

18.70 x 300 561.000

Aforador Caudal 6.400

Equipo -

2 motores de - 20 Kw 160.000

2 rotores de 13 m. 240.000

Montaje 40.000

Subestación 32.000

Excavación

2.200 x 0.20 x 27 11.900



Jarillones	5.320
(100+90) x 0.50 x 08 x 70	
Drenes en teja separación L 50 m	
Filas tejas valor teja	
6. 0 x 100 x 3 x 3.00=	54.000
Capa drenante	
700 x 150	105.000
Enladrillado	
(2.200 x 30) (0.50 + 0.02) =	34.320
Tuberías y bomba	40.000
	<hr/>
VALOR TOTAL	\$ 1.521.200

LODOS ACTIVADOS

Para efectuar un presupuesto comparativo se propone simplificar el sistema eliminando el proceso de digestión y la sedimentación primaria.

DATOS PROYECTO

Población 11.000 habitantes - Caudal = 1.990 m³/ día DBO:770 Kg/día

Temperatura operación 15° C Remoción 85%

Mixed liquor Volatile Suspended Solids M. I. • S. S.

$$MLSS = \frac{V}{5} 1.600 = \frac{40}{35} \times 1.600 = 1820 \text{ pom.}$$

$$C. A. = \frac{720 \times 2.2}{40} \times 100 = 42.350 \text{ p}^3 = 317.600 \text{ gal} = 1200 \text{ m}^3$$

P. a = 14.4 h.

Volúmen tanque 1.200 m³

Profundidad tanque 3.50 m

Sección 11 x 33 m x 3.50 m = 36.6 x 2000 =

Capacidad oxigenación

$$N = \frac{770 \times 2.2}{8.4 - 2.9} \times 1.125 \times \frac{O_2}{9} = 2.405 \text{ lb O/dfa}$$

$$\text{Unidad} = \frac{2.405}{24 \times 3} = 33.4 \text{ lb. O}_2 / \text{ha/ un.}$$

Se requieren 3 unidades # 70 Yeocone. con 10 HP

Sedimentación final

$$\text{Criterio diseño } 80. \text{ O y P. D.} / 69 + 1 = 32 \text{ m}^3 / \text{día/m}^2$$

Período distención 2 horas

$$\text{Volúmen} = \frac{1990 \times 2}{24} = 165 \text{ m}^3$$

Area = 62 M² profundidad 2.60 m.

$$V = 4.0 \times 16.0 \times 2.60$$

$$V = 0.022 \text{ m/seg.}$$

LECHO SECAD LODOS

El lecho de secado de lodos se diseñará con igual criterio al usado en la zanja de oxidación

$$\text{Area de lecho } 0.97 \text{ p}^2 / \text{hab} = 0.09 \text{ m}^2 / \text{hab}$$

Area Total

$$A = 11,000 \times 0.09 = 990 \text{ m}^2$$

Equipo bombeo

LODOS RETORNO

$$R = \frac{100 (0.183 \times 200)}{100 - (0.183 \times 200)} = \frac{3660}{63.40} = 57.73 \%$$

Capacidad bomba:



$$CB = \frac{1990 \times 0.58}{86.400} = 14 \text{ et /seg}$$

PRESUP ESTO:

Costo Terreno	100.000
Cámara medida	6.000
Aireación	
Excavación 1 500 x 27	40.500
Concreto muros 36.60 x 2000	73.200
Equipo aireación 3 unidades	223.200
Subestación	32.000
Instalación	150.000
Sedimentación	
Excavación	
180 x 27	40.900
Concreto - 48 x 2000	96.000
Entrada y salida	100.000
Lecho secado lodos	92.000
Bomba y tuberías	4.000
TOTAL	\$ 867.800

AIREACION PROLONGADA

DATOS PROYECTOS

Capacidad tanque 24 h.

$$\bar{V} = 1990 \text{ m}^3 = 1990 \times \frac{1000}{3.78} = 526.500 \text{ G. D. ; DBO} = 388 \text{ ppm.}$$

La planta debe tener capacidad para mantener un mínimo de oxígeno de 2 ppm., El factor de diseño debe ser de 2.4 o sea que por 1 lb DBO la capacidad de aireación debe

ser de 2.4 lb O²

REQUERIMIENTO OXIGENO"

$$R. Q. = 2.4 \times 770 \times 2.2 = 4060 \text{ lb - día} \therefore 170 \text{ lb - hora}$$

Se requieren 4 unidades # 70 yeocone. con motor de 15 HP.

Profundidad 3 80 + 0.60 lado (11.50 x 11-50) 4 unidades

SEDIMENTACION FINAL

Período detención 4 horas

Carga superficial 33 . 33 gal/ p2/ hora 1.36 m³/m2/hora

Volúmen:

$$V = \frac{1990 \times 4}{24} = 332 \text{ m}^3$$

AREA

$$A = \frac{1990}{24 \times 1.36} = 61 \text{ m}^2$$

Lados 6.00 x 18.5 x (3 + 0.50) m

PRESUPUESTO:

terreno 1 Ha. 1 000.000

Volúmen Concreto

$$(4020 \times 11.50) \times 3.0 \times 13 = 188 \text{ m}^3$$

$$11,50 (46. + 1 \cdot 50) \times 0.40 = 407 \text{ m}^3$$

Concreto

$$407 \times 2000 = 814.000$$

Excavación

$$48 \times 5 \times 27 = 6.500$$

SEDIMENTACION

Excavación

3 90 x 2 7 1 0. 500

Concreto

$1(3.50 \times 6.00) + (3.5 \times 18.50) \Big| 2$
172 x 2 000 3440000

Equipos

Aireadores 297. 600

Bomba lodos y tuberías 40. 000

Lecho secado lodos 92. 000

Subestación y montaje 3 2 . 000

Instalac ión equipos 59. 400

TOTAL \$ 1.796. 000

FILTROS PERCOLADORES

DATOS PROYECTOS

Area de Filtros

$$\frac{1.990}{2.5} = 765 \text{ m}^2$$

Volúmen

$$V = \frac{770}{2.5} = 310 \text{ m}^3$$

Profundidad filtros

$$L = 0.65 \text{ m}$$

Para predimensionamiento adoptamos 1. 00 m de altura.

Diámetro para facilidad de operación se adoptan 2 unidades 400 m₂ cada una, que

corre sponde a un diámetro de 2 2. 5 m = 74. pies..

SEDIMENTACION PRIMARIA

2. O h tenc ión

$$V=2 \times 1990 = 166 \text{ m}^3$$

CARGA SUPERFICIAL 7 p. sf/día = 34Kg/m²/ dfa

$$\text{Area} = \frac{770}{34} = 23 \text{ m}^2$$

PROFUNDIDAD

$$h = \frac{166}{23} = 7.2 \text{ m}$$

Dimensiones adoptadas

$$h = 3.00 + 060 = 5.00 \times 15.0 \text{ m}$$

PRESUPUESTO

Terreno 1.0 Ha 100.000

Cámara medida 6.000

Sedimentador Primario

Excavación

270 a \$ 27 7.300

Concreto

$$3,60 \text{ (10+30) x } 30 + 5.60 \times 15,60 \times 40$$

43 + 35

78 x 2000 156.000

Estructuras entrada salida 15.000

Filtros Percoladores

Arreglo terreno

2000 x 5024 1.500



Concreto

$$3. 14 \times 14 \times 2 \times 0.20 \times 1.20 = 21.10 \text{ m}^3$$

$$3. 14 \times 14 \times 2 \times 0.25 = 76.90 \text{ m}^3$$

98 x 2000 196.000

Drenaje

1 • 200 x 130.000 / 2250 70.000

Equipos de 45' - 14 m 2 unidades 636.200

Sedimentación Final 354.000

Equipo Recirculación 80.000

Tuberfos 10.000

Medio 310 x 120 37.200

Colocación equipos • 63.600

Subestación 32.000

Bomba Lodos 40.000

TOTAL \$ 1.813,800

RESUMEN DE COSTOS

Lagunas de un estanque 1.219.480 141%

Lagunas de dos estanques 866.900 100%

Lagunas aireadas 1• 103.600 127%

Zanjas oxidación 1• 521.200 175%

Lodos activados 867.800 100%

Aireación Prolongada 1.796.000 207%

Filtros Percoladores 1• 813.800 209%

CONCLUSIONES:

El análisis anterior sobre los métodos de tratamiento posibles para ser aplicados al efluente del alcantarillado de Ubaté nos permite establecer lo siguiente:

LAGUNAS DE OXIDACION - Los sistemas depuradores basados en lagunas de oxidación presentan ventajas sustanciales en lo que respecta a calidad del efluente, simplicidad de la instalación y menores costos de operación y mantenimiento, deben exceptuarse las lagunas con aireación mecánica, a pesar de esta circunstancia debe considerarse su instalación, construyendo los equipos localmente para lograr un precio razonable.

LODOS ACTIVADOS= Estos procesos tienen indudables ventajas en lo que respecta a menores áreas requeridas, pero tienen en su contra la necesidad de equipos mecánicos de importación. Estos equipos a pesar de su simplicidad tienen un costo apreciable en moneda extranjera US\$ 1.200 FOB que equivalen en moneda nacional y puestos en el sitio de la obra \$74.410 por unidad.

Los costos de operación y mantenimiento son altos por requerimientos de personal y servicio. Cabe destacarse entre ellos las zanjias de operación por presentar, además de un costo razonable las siguientes ventajas:

Remoción de la DBO del 85 - al 95%

Lodos fácilmente manejables y de fácil secamiento, con amplias posibilidades de uso en agricultura.

FILTROS PERCOLADORES - Los filtros percoladores permiten obtener un efluente de buenas características, pero en su contra actúa la necesidad de efectuar una disposición adecuada a la mezcla de lodos primarios y secundarios que no es tan fácil.

RECOMENDACION

En los diferentes estudios adelantados por la CAR se ha establecido la necesidad de uti-

Utilizar las aguas de las diferentes corrientes de la hoya alta del Río Suárez en usos agrícolas y pecuarios; para tal fin se deben mantener las aguas de los ríos en clase A y B, lograr este objetivo impone la necesidad de tratar los efluentes de los alcantarillados de las poblaciones de hoya para remover no menos del 85% de la carga orgánica, la contaminación bacteriana y mantener un contenido de oxígeno disuelto en un valor no inferior a 4 ppm.

Las recomendaciones más recientes establecen que para el agua usada en la industria láctea y pecuaria la norma de calidad es tan rigurosa como para consumo humano, lo cual implicaría aún la cloración de los efluentes que descargan a los ríos o alternativamente que los diferentes usuarios den a las aguas la calidad que requieran según su uso.

Este último planteamiento es el acogido en este estudio; se da por tanto un mayor peso a la más alta remoción de la carga orgánica y máximo contenido de oxígeno disuelto.

El río Suta en el punto de vertimiento del efluente del alcantarillado de Ubaté lleva un caudal mínimo de 8 LPS que equivale a 0.2 del caudal de aguas negras en el año de 1.985 y 0.1 del correspondiente al año 2.000, esta condición indica la necesidad de regulación de los ríos para mantener los caudales mínimos necesarios no solo para usos agropecuarios sino para dilución, evitándose de este modo tratamientos suplementarios como lagunas de maduración y/o tratamientos terciarios.

A pesar de obtenerse menor costo de construcción para las lagunas de dos estanques se recomienda la construcción de una laguna aireada por evitarse la disposición de todos del estanque aeróbico.

Para justificar la recomendación se hacen los planteamientos siguientes :

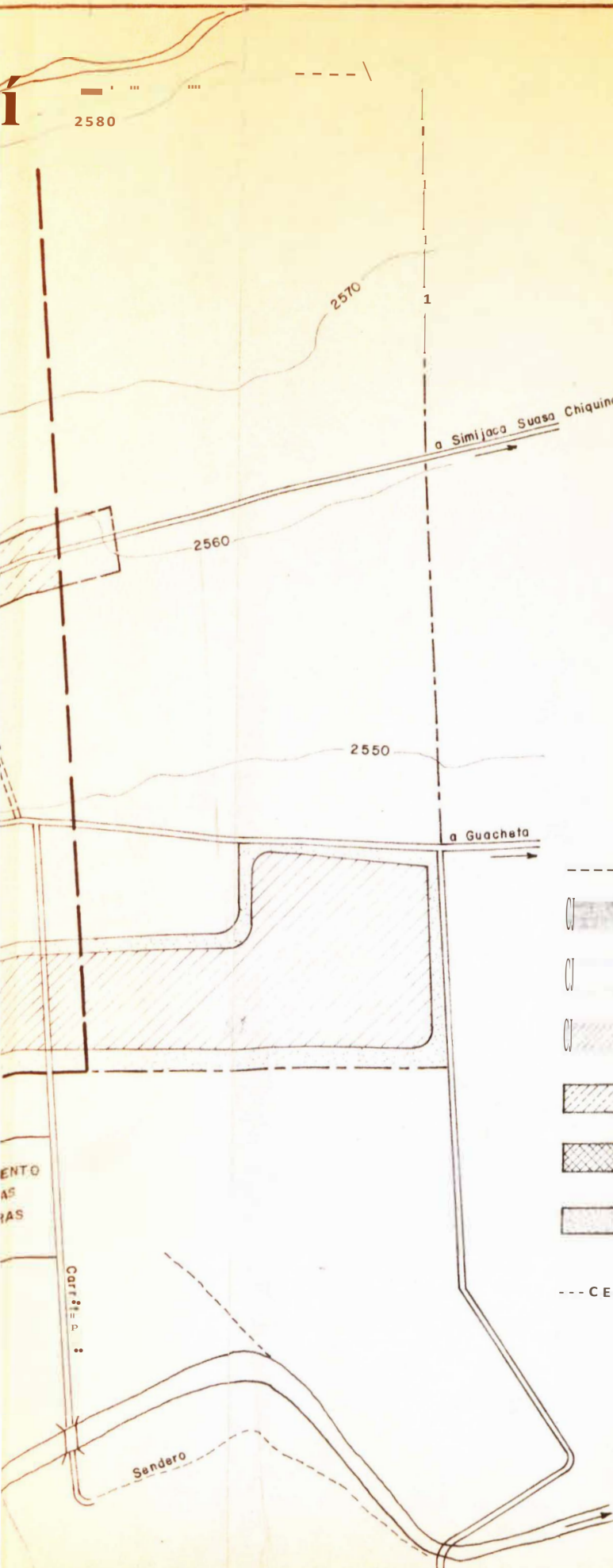
Las lagunas aireadas son el tratamiento más adecuado cuando se requieren efluentes de alta calidad. La aireación se efectúa por medios mecánicos que bien reemplazan o suple-

mentan la acción de las algas en la provisión de oxígeno disuelto. En algunos estanques la turbulencia producida no alcanza a mantener todas las salidas en suspensión, produciéndose zonas con lodos sedimentados que se descomponen anoeróticamente, manteniéndose el resto de la laguna en condiciones aeróbicas. Es notable hacer ver que bajo ciertas circunstancias el funcionamiento puede ser facultivo o totalmente aerobio.

Las indudables ventajas de este sistema radican en la eliminación de condiciones óptimas para el crecimiento de algas y por tanto de olores objetables. El área necesaria para la estación depuradora depende del grado de tratamiento y del tiempo de retención, al cual es directamente proporcional el área. La comparación de costos hecha anteriormente permite establecer que la laguna de dos estanques presenta un menor costo de construcción dando un efluente en el que se ha removido de un 60% a 65% de la carga inicial. Para tener una eficiencia equivalente a las lagunas aireadas debe aumentarse el área de los estanques aeróbicos en dos veces o construirse un estanque de maduración. El costo adicional puede estimarse en \$340.200, dando para esta solución un costo total de \$1.216.420.

Las lagunas aireadas pueden remover hasta el 90% de la carga inicial con períodos de retención hasta de 24 días, condiciones consideradas en el predimensionamiento y estimativo de costo, efectuado con fines de comparación.

Los planteamientos anteriores hacen aún más recomendable la construcción de una laguna aireada, para la cual se ha escogido el área que se indica en el esquema adjunto.



ZONIFICACION

CONVENCIONES

- LIMITE DISTRITO SANITARIO.
 - MERCADO , 1.0 Hb
 - VIVIENDA, 142.59 Hb
 - INDUSTRIA' 32.70 Hb
 - COMERCIO' 15.58 Hb
 - INSTITUCION, 6.68 Hb
 - ZONA VERDE 9.42 Hb
- USOS URBANOS PROPUESTOS POR
--- C E S A R G A R C E S Y A S O C I A D O S .

AREA TOTAL PROPUESTA, 208.00 Ho.

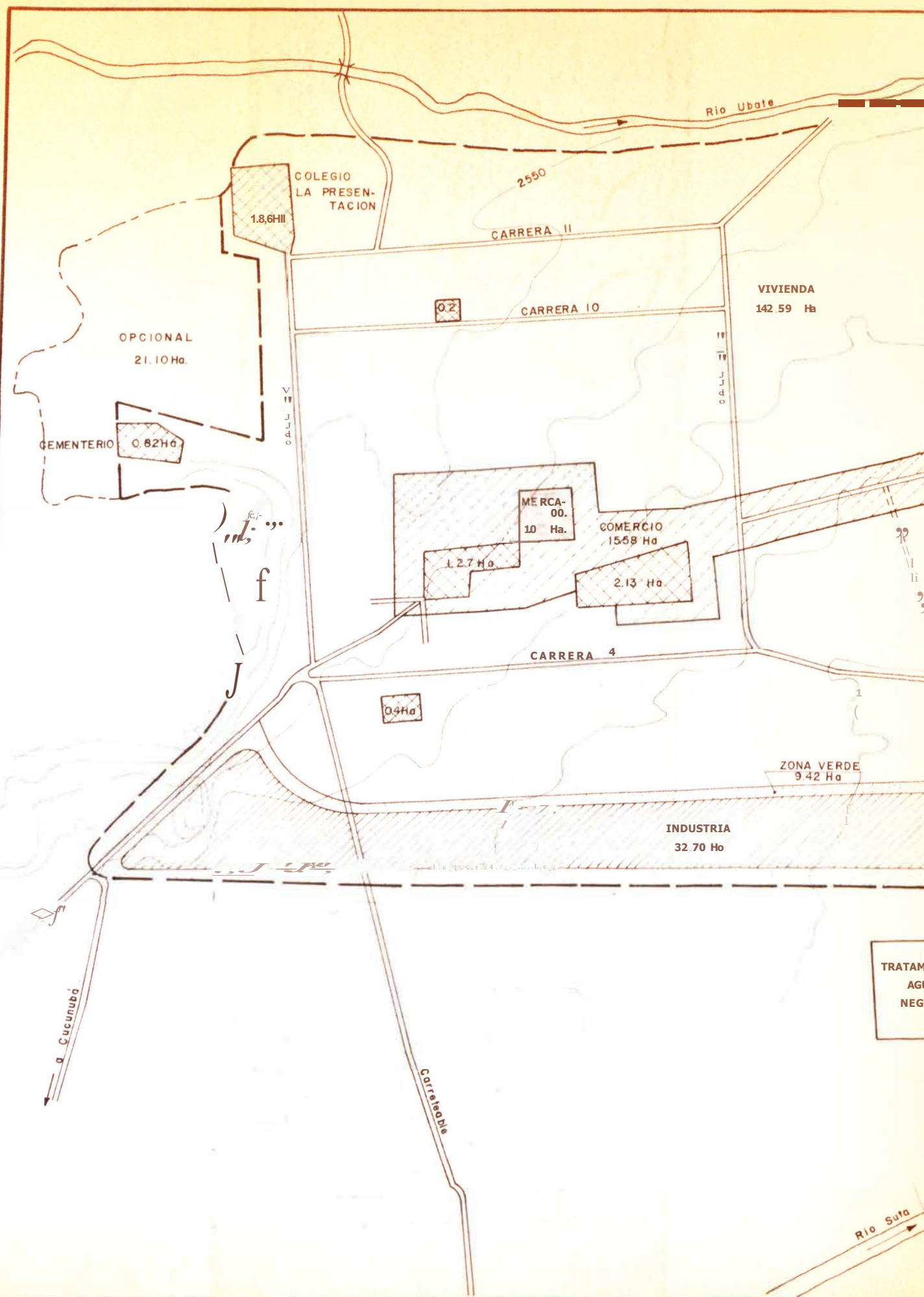
DENSIDAD, 92.5 Hob/Ho

INGENIEROS GONZALEZ Y ASOCIADOS

D. J. WOODS W. A. Y. O. O.

INSTITUTO DE AGRICULTURA





Rio Ubate

2550

COLEGIO
LA PRESEN-
TACION

1.8,6Hh

CARRERA II

VIVIENDA
142.59 Ha

0.2

CARRERA 10

OPCIONAL
21.10Ha.

CEMENTERIO 0.82Ha.

V
J
J
4
0

MERCA-
00.
10 Ha.

COMERCIO
15.58 Ha

1.27 Ha.

2.13 Ha.

CARRERA 4

0.9Ha

ZONA VERDE
9.42 Ha

INDUSTRIA
32.70 Ha

TRATAM.
AGU
NEG

a Cucunubá

Carreteras

Rio Suta