

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SALTA



PROYECTO FINAL

"DISEÑO Y PROYECTO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION PARA TRATAMIENTO DE EFLUENTES CLOACALES EN LA LOCALIDAD DE SAN CARLOS-CAFAYATE"

Carrera: Ingeniería Civil

Alumnos: Sassarini, José Martín

Mamani, Facundo Francisco



Año: 2018



**"DISEÑO Y PROYECTO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION
PARA TRATAMIENTO DE EFLUENTES CLOCALES EN LA LOCALIDAD
DE SAN CARLOS-CAFAYATE"**

Profesor Guía:

Ing. Marcelo Chalabe

Integrantes del Tribunal Evaluador:

Fecha de Exposición del trabajo:



DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias que nos apoyaron incondicionalmente para conseguir nuestros objetivos y cumplir el sueño de ser Ingenieros.

A todos los integrantes de la UCS que contribuyeron a nuestra formación académica en todos estos años de estudio.

Al personal de Aguas del Norte que colaboró siempre de la mejor manera con información y buena disposición.

Si esta investigación sirve de consulta para docentes y alumnos de la FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, sentiremos que de alguna forma estaremos retribuyendo lo mucho que hemos recibido de ella.



INDICE GENERAL

CAPITULO I - ABSTRACT.....	5
CAPITULO II - INTRODUCCION	6
CAPITULO III - ESTADO DE CUESTION	9
CAPITULO IV - DEFINICION DEL PROBLEMA	13
CAPITULO V - MARCO TEORICO	14
V.1. COLECTORA MAXIMA CLOACAL.....	14
V.1.1. Descripción.....	14
V.2. LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN	15
V.2.1. Definición y clasificación de lagunas de estabilización:.....	15
V.2.2. Tipos de Lagunas de Estabilización:	16
V.2.3. Factores climáticos que afectan a las lagunas:	19
V.2.4. Factores físicos:.....	19
V.2.5. Factores Químicos y Bioquímicos:	20
V.2.6. Ventajas y Desventajas del uso de las lagunas:.....	21
V.2.7. Funcionamiento de Lagunas de estabilización facultativa:.....	22
V.2.8. Remoción bacteriológica:.....	23
CAPITULO VI - SOLUCION PROPUESTA.....	26
VI.1. PARÁMETROS DE DISEÑOS	26
VI.1.1. Población futura:	26
VI.1.2. Clima:.....	30
VI.1.3. Geología	31
VI.1.4. Topografía.....	32
VI.2. COLECTORA MAXIMA	34
VI.2.1. Descripción	34
VI.2.2. Método constructivo	36
VI.3. LAGUNAS FACULTATIVAS	37
VI.3.1. Descripción	37
VI.3.2. Especificaciones técnicas generales.....	42
VI.4. CÁLCULOS:	48
VI.4.1. Cálculo de Colectora Máxima cloacal.	48
VI.4.2. Cálculo de Lagunas Facultativas.....	50



VI.4.3. Resalto en canaleta Parshall.....	64
CAPITULO VII - EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL.....	68
VII.1. Alcances	68
VII.2. Identificación de los factores ambientales.....	68
VII.3. Predicción de las consecuencias ambientales por implementación del proyecto.....	69
VII.4. Evaluación	71
VII.5. Medidas de mitigación de impactos ambientales negativos.....	72
VII.6. Prevención de olores	73
VII.7. Recomendaciones	73
CONCLUSIÓN	74
BIBLIOGRAFIA	75
ANEXOS	76



CAPITULO I - ABSTRACT

El trabajo presentado a continuación es un Proyecto sobre Lagunas Estabilizadoras para mejorar la calidad de vida de los habitantes de la localidad de San Carlos situada en la provincia de Salta.

El problema principal radica en que las lagunas existentes (ubicadas a 3 km de la localidad), se encuentran totalmente colmatadas y su rendimiento es insuficiente. Los efluentes de las lagunas contaminan al río Calchaquí y afectan tanto a éste como a toda la población.

Otros problemas, no menos importantes son la saturación de la colectora máxima, que deriva en dicha laguna, la falta de mantenimiento en ambos elementos, los olores nauseabundos, poco higiénicos e insalubres.

El proyecto tiene como objetivos:

- * Realizar un dimensionado de cuatro nuevas lagunas estabilizadoras,
- * Calcular una nueva red cloacal, partiendo de las existentes, teniendo en cuenta todas las alternativas posibles, para una mejor funcionalidad y al menor costo posible.

Como primera medida se contactó al personal de AGUAS DEL NORTE, idóneos en el tema, quienes demostraron sumo interés en ésta situación.

Posteriormente se realizó una indagación a residentes de la zona, en la localidad de San Carlos, en donde los mismos manifestaron malestar y disconformidad con la situación anteriormente mencionada.

A partir de ello surge la iniciativa de resolver dicha problemática a fin de darles pronta y definitiva solución a los habitantes de ésta localidad en los Valles Calchaquies y con esto poder colaborar con el bienestar de esta comunidad.



CAPITULO II - INTRODUCCION

La localidad de San Carlos es cabecera del departamento San Carlos situado en el sudoeste de la provincia de Salta, norte de la Argentina. Se encuentra ubicada sobre Ruta Nacional N° 40, a 24 km de Cafayate y 210 km aproximadamente de Salta Capital.



Ubicación de San Carlos en el mapa político de Salta

Éste pueblo histórico se encuentra en los Valles Calchaquíes, en un sistema de valles y montañas, bañado en todo su desarrollo longitudinal por el río Calchaquí que corre de Norte a Sur, y situado al pie de las estribaciones orientales de las sierras Subandinas, constituyendo el llamado borde de la Puna.

El clima corresponde al de zonas semidesérticas, con altos índices de radiación solar y lluvias escasas. Estas lluvias son estivales, cayendo de noviembre a marzo del 90 a 95 % de la precipitación anual. Los vientos son secos e intensos, con predominio del Noroeste y Oeste, y la sequedad ambiente sólo es compensada por la evaporación de humedad del río Calchaquí.

Cabe mencionar dos problemas que ocasiona el viento: por una parte un aumento de la evapotranspiración y por otra la erosión eólica.

Las temperaturas se diferencian según la altura y la latitud, oscilando habitualmente entre los 20° y 25°C con máximas de 35° en verano y mínimos de 5°C en invierno, bajando los valores hacia el Norte del Valle.

Las formas de relieve predominantes en la zona agrícola son terrazas fluviales cercanas al río y piedemontes inclinados en pendientes suaves a medias. La altitud promedio ronda los 1.600 metros sobre el mar.



Los suelos son jóvenes de escaso desarrollo, pobres en materia orgánica, nitrógeno y fósforo, no así en potasio. En general son suelos bien a moderadamente bien drenados. Ocupan la terraza antigua perteneciente a la cuenca de deposición fluvio-lacustre del río Calchaquí, y parte terminal de las planicies de los conos aluviales, integradas por depósitos provenientes del terciario continental.

En el sector en cuestión los materiales constitutivos de los suelos, son arenas finas y limos arenosos y arcillosos con alto contenido de carbonatos de calcio. Son de texturas finas y poco permeables.

El relieve es plano a ligeramente ondulado, sin pedregosidad en superficie ni en el subsuelo, excepto en los sectores limitantes con las planicies de los conos aluviales.

Los suelos tienen cierta potencialidad o aptitud de ser cultivados, siendo los principales cultivos: el pimiento para pimentón, alfalfa, maíz, tomate, cebolla, comino, poroto pallar, hortalizas varias y frutales como vid, nogales, durazno y pera.

Los bajos rendimientos que se obtienen, se deben principalmente a deficiencias en el manejo del riego, a la poca cantidad de agua disponible, al tiempo entre riegos y a la falta de infraestructura, tanto a nivel predial como comunitario. Actualmente con la escasez de agua del río Calchaquí, sólo se cultiva, aproximadamente, el 30% de la superficie total.

La escasa vegetación natural está formada por: algarrobos, tala, brea, chañar, jarrilla y distintas especies de cactáceas. Esta disminuye a medida que se alcanza el ambiente de cono aluvial.

En los últimos años ha tenido un crecimiento importante en actividades turísticas. Sus ferias y festivales ya forman parte del calendario obligado durante las vacaciones de verano.

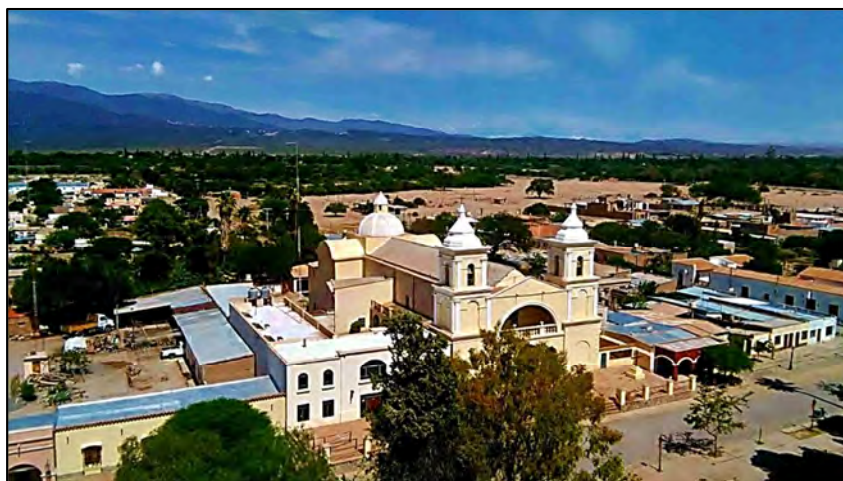


Foto panorámica de San Carlos



Los censos realizados en el año 1991, 2001 y 2010 demuestran fehacientemente un gran crecimiento poblacional. Es a causa de este crecimiento que se ocasionan serios problemas debido a la gran cantidad de desechos cloacales que producen contaminación de las capas superficiales, proliferación de alimañas, olores nauseabundos, y lo más importante, consecuencias graves en la salud poblacional la cual se ve directamente afectada por tales condiciones.

Por lo expresado es imperioso que en la localidad de San Carlos se traten los efluentes cloacales de tal manera de llegar a la solución de los problemas anteriormente enunciados.

Por todas estas razones el tema adoptado como Proyecto Final consistirá en:

“El estudio y desarrollo del Tratamiento de líquidos cloacales por medio de lagunas de estabilización, recolectadas a través de las redes existentes de la localidad de San Carlos para luego ser vertidos por medio de una nueva colectora máxima que conducirá a las lagunas que desembocaran en el Rio Calchaquí.”

Será de gran importancia realizar primeramente un estudio topográfico para verificar la factibilidad de la solución propuesta, seguida por un cálculo a condiciones futuras para justificar la inversión con una vida útil prolongada, para la posterior confección de los planos, cómputo y presupuesto.



CAPITULO III - ESTADO DE CUESTION

En la actualidad, la localidad de San Carlos cuenta con dos lagunas facultativas que se encuentran en malas condiciones por la falta de mantenimiento, además son insuficientes debido al gran crecimiento poblacional en los últimos años. En últimos 20 años se ha registrado un crecimiento poblacional del 148% aproximadamente.

Estas dos características hacen que los efluentes cloacales se viertan sobre el río Calchaquí sin tener el tratamiento adecuado, produciendo contaminación. Considerando la importancia de este río para toda la zona del Valle, por a su trayectoria, por el caudal importante que llega a transportar en ciertas épocas del año y por sus distintos usos: riego (agrícola), consumo de los animales, como así también en algunos casos para uso doméstico, es imperioso tomar urgentes medidas.

En la primera visita a campo se encontró lo descrito a continuación:

- Las lagunas se encuentran llenas de vegetación, lo que le quita eficiencia al reducir su volumen y el ingreso de los rayos solares, con el consiguiente problema sanitario que ello trae aparejado.
- Otra consecuencia de tener menos volumen es el tiempo reducido de permanencia de los líquidos cloacales que genera un tratamiento incompleto de los mismos.



Estado deteriorado de lagunas



- Las bocas de registros de la red existente se encontraban en buenas condiciones y a una distancia adecuada entre cada una de ellas, aunque muchas de ellas no están centradas con respecto al eje de la calzada.



Boca de registro fuera de eje

- A medida que nos alejamos del pueblo, el caño colector disminuye su profundidad hasta encontrarse a la vista sobre el nivel de terreno natural, apenas cubierta por un terraplén, en algunos sectores se podía visualizar la cañería, la cual está deteriorada por encontrarse a la intemperie. También se encontraron bocas de registro en mal estado.



Colectora máxima cubierta por terraplén



Colectora máxima a la vista



Boca de Registro en mal estado

- Al aproximarse a las lagunas, la humedad del terreno aumenta bruscamente, debido a las lluvias extensas en épocas de verano, como así también la falta de mantenimiento. Hay que tener en cuenta que la colectora máxima se encuentra colmatada, por lo que se observan puntos específicos donde se ven pérdidas importantes, esto se debe a que la desembocadura de la cañería no cuenta con un sistema de rejillas para su limpieza y al haber mucha vegetación dentro de la laguna el caño cloacal se encuentra obstruido, disminuyendo su sección y provocando que el caudal de salida disminuya.
- El terraplén proyectado para tapar la colectora hace función de presa reteniendo el desecho y haciendo que se empoce; para solucionar este problema se encuentra un caño que cumple la función de alcantarilla, éste resulta ser insuficiente para el largo recorrido de la colectora.



Estancamiento de agua y desechos cloacales

- En dirección a las lagunas, la pendiente de la colectora existente es levemente menor a la del terreno, como consecuencia el nivel del caño es cada vez más elevado con respecto al nivel del terreno natural. Al estar cerca del rio las lagunas existentes se construyeron con terraplenes sobre el nivel del terreno natural obteniendo como consecuencia la elevación de la colectora.



Colectora elevada



Lagunas Construidas sobre terraplén





Lagunas construidas sobre terraplén

CAPITULO IV - DEFINICION DEL PROBLEMA

Los problemas involucrados en la localidad de San Carlos son:

- Lagunas estabilizadoras actuales colmatadas con mal funcionamiento debido al poco tiempo de permanencia del fluido.
- Colectora máxima, saturada.
- Inexistencia de mantenimiento, de la colectora máxima como de las lagunas estabilizadoras y sus alrededores, con la consecuencia de olores nauseabundos.
- Bocas de registro con tapas rotas que expiden malos olores.
- Contaminación del río Calchaquí debido al mal funcionamiento de las lagunas.

Para brindar una solución apta y duradera, se optó por dimensionar cuatro lagunas facultativas y una red colectora que además de conducir los efluentes cloacales de la red anterior, proveerá de servicio cloacal a todo el crecimiento sur de San Carlos.

Se optó por construir lagunas facultativas debido a que resultan muy eficientes con muy poco mantenimiento.

Con este tipo de lagunas encontramos un punto medio acorde a la situación de San Carlos, descartando los otros tipos de lagunas por las siguientes razones:

- ✓ a las lagunas de maduración (aeróbicas) porque serían insuficientes y
- ✓ a las profundas (anaeróbicas) porque serían de mayor costo y despedirían más olores nauseabundos.



CAPITULO V - MARCO TEORICO

Para el desarrollo del marco teórico cabe destacar que el Proyecto se divide en dos sub-proyectos

V.1. COLECTORA MÁXIMA CLOACAL.

V.2. LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN.

V.1. COLECTORA MAXIMA CLOACAL

V.1.1. Descripción

La Colectora es el principal medio de transporte de los residuos domiciliarios hasta las lagunas. Es un sistema de cañerías, que recogen los desagües cloacales y los derivan hacia las plantas depuradoras, donde las aguas sucias reciben tratamiento y los controles de calidad necesarios.

Se encarga de recolectar:

Las “aguas blancas”, inocuas y sin eliminaciones, que provienen de lavatorios, piletas, duchas, lavado de pisos, etc.

Las “aguas negras”, que pueden ser contaminantes y tener emanaciones desagradables y a veces nocivas por contener desechos humanos, vegetales y/o animales.

No está permitido conectar los desagües pluviales a la red cloacal. Cuando esto sucede, se satura la capacidad de conducción de las cañerías, las cuales no están dimensionadas para recibir agua de lluvia, y se provocan desbordes a través de las bocas de registro y envían líquidos que no necesitan ser tratados a las lagunas.

El servicio de cloacas constituye una herramienta indispensable para la calidad de vida de la población. Su uso correcto y su preservación, permiten prolongar y garantizar la vida útil de las instalaciones. El uso adecuado de los desagües cloacales domiciliarios contribuye al mantenimiento de la higiene y de la salud pública.

- Su dimensionado depende fundamentalmente del caudal a transportar, de las pendientes y del coeficiente de rozamiento.

Presenta las siguientes características:

- Trabajan a pelo libre: no trabajan a presión
 - La fuerza de transporte es gravitatoria por lo que no es necesario gastos de energía.
- Para su buen funcionamiento poseen bocas de registro al inicio (ventilación), en cada cambio de dirección, en cada esquina, en cada encuentro de cañerías y a una distancia



que no supere los 120 metros. Esto posibilita dar una fácil y rápida solución ante problemas de estancamientos. Se detalla la boca de registro tipo en **Anexo 1**.

- La pendiente adoptada por estas cañerías debe estar contemplada dentro de un rango para que los sólidos puedan ser transportados por gravedad. En caso de tener una pendiente muy baja los sólidos no circularán y una pendiente muy alta hará que la velocidad del fluido aumente no permitiendo tampoco la circulación de dichos sólidos. Estos rangos se verán afectados por el caudal, material y diámetro de la cañería, como se puede observar en Anexo 7. Aguas del norte exige una pendiente mínima de 0,2%.

V.2. LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

V.2.1. Definición y clasificación de lagunas de estabilización:

Las lagunas de estabilización son los sistemas de tratamiento biológico de líquidos residuales más sencillos de operar y mantener. Consisten en estanques, generalmente excavados parcialmente en el terreno, cercadas por taludes de tierra, con un área superficial y volumen suficientes para proveer los extensos tiempos de tratamiento, que requieren para degradar la materia orgánica mediante procesos de "autodepuración". Los tiempos de tratamiento son del orden de meses, constituyendo esto, una de sus principales desventajas, al tratarse de procesos de degradación totalmente naturales.

Las lagunas cumplen la función de:

1. Remover de las aguas residuales la materia orgánica que ocasiona la contaminación.
2. Eliminar microorganismos patógenos que representan un grave peligro para la salud.
3. Utilizar su efluente para reutilización, con otras finalidades, como la agricultura.

La eficiencia de la depuración del agua residual en lagunas de estabilización depende ampliamente de las condiciones climáticas de la zona, temperatura, radiación solar, frecuencia y fuerza de los vientos locales, y factores que afectan directamente a la biología del sistema.

La eliminación de la materia orgánica en las lagunas de estabilización es el resultado de una serie compleja de procesos físicos, químicos y biológicos.

La sedimentación de los sólidos en suspensión suelen representar una parte importante de la materia orgánica contenida en el agua residual, produciendo una eliminación del 75% al 80 % de la DBO5 (Demanda Bioquímica de oxígeno) del efluente.

Los procesos biológicos más importantes que tienen lugar en una laguna son:



- Oxidación de la materia orgánica por bacterias aerobias: la respiración bacteriana provoca la degradación de la DBO5 del agua residual hasta CO₂ y H₂O produciendo energía y nuevas células.
- Producción fotosintética de oxígeno: la fotosíntesis algal produce, a partir de CO₂, nuevas algas, y O₂, que es utilizado en la respiración bacteriana.
- Digestión anaeróbica de la materia orgánica con producción de metano.

V.2.2. Tipos de Lagunas de Estabilización:

Dependiendo de la presencia o no, de oxígeno disuelto (OD) en el líquido contenido en la laguna se las clasifica como:

- Aerobias (< 1 m de profundidad).
- Facultativas (~ 1,5 m de profundidad).
- Anaerobias (de 2,5 a 5 m de profundidad).

Una laguna de estabilización es **AEROBICA** si la carga orgánica es suficientemente baja como para que en todo momento se encuentre presente oxígeno disuelto en toda la masa de líquido contenida en la laguna. En ellas se produce la degradación de la materia orgánica mediante la actividad de bacterias aeróbicas que consumen oxígeno producido fotosintéticamente por las algas. Son lagunas poco profundas de 1 a 1.5m de profundidad y suelen tener tiempo de residencia elevada, 20-30 días. Las lagunas aeróbicas se pueden clasificar, según si el método de aireación es natural o mecánico, en aeróbicas y aireadas.

- **Lagunas aeróbicas:** la aireación es natural, siendo el oxígeno suministrado por intercambio a través de la interface aire-agua y fundamentalmente por la actividad fotosintética de las algas.
- **Lagunas aireadas:** en ellas la cantidad de oxígeno suministrada por medios naturales es insuficiente para llevar a cabo la oxidación de la materia orgánica, necesitándose un suministro adicional de oxígeno por medios mecánicos.

El grupo específico de algas, animales o especies bacterianas presentes en cualquier zona de una laguna aerobica depende de factores tales como la carga orgánica, el grado de mezcla de la laguna, el pH, los nutrientes, la luz solar y la temperatura.

Es **ANAEROBICA** si no hay oxígeno. El tratamiento se lleva a cabo por la acción de bacterias anaeróbicas. Como consecuencia de la elevada carga orgánica y el corto periodo de retención del agua residual, el contenido de oxígeno disuelto se mantiene muy bajo o nulo durante todo el año. El objetivo perseguido es retener la mayor parte posible de los sólidos en suspensión, que pasan a incorporarse a la capa de fangos acumulados en el fondo y



eliminar parte de la carga orgánica. La estabilización en estas lagunas tiene lugar mediante las etapas siguientes.

- **Hidrólisis:** los compuestos orgánicos complejos e insolubles en otros compuestos más sencillos y solubles en agua.
- **Formación de ácidos:** los compuestos orgánicos sencillos generados en la etapa anterior son utilizados por las bacterias generadoras de ácidos. Produciéndose su conversión en ácidos orgánicos volátiles.
- **Formación de metano:** una vez que se han formado los ácidos orgánicos, una nueva categoría de bacterias actúa y los utiliza para convertirlos finalmente en metano y dióxido de carbono.

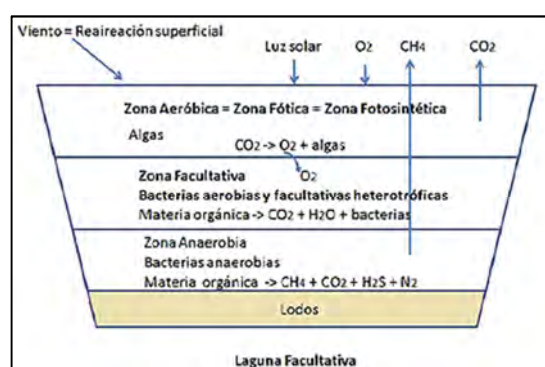
Las lagunas anaeróbicas suelen tener profundidad entre 2 y 5 m. El parámetro más utilizado para el diseño de lagunas anaeróbicas es la carga volumétrica que por su alto valor lleva a que sean habituales tiempos de retención con valores comprendidos entre 2-5 días.

Las lagunas **FACULTATIVAS** son aquellas que poseen una zona aeróbica y una anaeróbica, actuando respectivamente en la superficie y en el fondo. La finalidad de estas lagunas es la estabilización de la materia orgánica en un medio oxigenado proporcionado principalmente por las algas presentes. En estas lagunas se puede encontrar cualquier tipo de microorganismos, desde anaeróbicos estrictos, en el fango del fondo, hasta aeróbicos estrictos en la zona inmediatamente adyacente a la superficie.

Además de las bacterias y protozoarios, en las lagunas facultativas es esencial la presencia de algas, que son los principales suministradores de oxígeno disuelto.

El objetivo de las lagunas facultativas es obtener un efluente de la mayor calidad posible, en el que se haya alcanzado una elevada estabilización de la materia orgánica, y una reducción en el contenido en nutrientes y bacterias coliformes.

La profundidad de las lagunas facultativas suele estar comprendida entre 1 y 2,5 m para facilitar así un ambiente oxigenado en la mayor parte del perfil vertical. Las bacterias y algas actúan en forma simbiótica, con el resultado global de la degradación de la materia orgánica. Las bacterias utilizan el oxígeno suministrado por las algas para metabolizar en forma aeróbica los compuestos orgánicos.





En este proceso se liberan nutrientes solubles (nitratos, fosfatos) y dióxido de carbono en grandes cantidades, estos son utilizados por las algas en su crecimiento. De esta forma, la actividad de ambas es mutuamente beneficiosa.

En una laguna facultativa existen tres zonas:

1. Una **zona superficial** en la que existen bacterias aeróbicas y algas en una relación simbiótica, como se ha descrito anteriormente.
2. Una zona **inferior anaeróbica** en la que se descomponen activamente los sólidos acumulados por acción de las bacterias anaeróbicas.
3. Una **zona intermedia** que es parcialmente aeróbica y anaeróbica, en la que la descomposición de los residuos orgánicos la llevan a cabo las bacterias facultativas. Los sólidos de gran tamaño se sedimentan para formar una capa de fango anaeróbico. Los materiales orgánicos sólidos y coloidales se oxidan por la acción de las bacterias aérobicas y facultativas empleando el oxígeno generado por las algas presentes cerca de la superficie. El dióxido de carbono, que se produce en el proceso de oxidación orgánica, sirve como fuente de carbono por las algas. La descomposición anaeróbica de los sólidos de la capa de fango implica la producción de compuestos orgánicos disueltos y de gases.

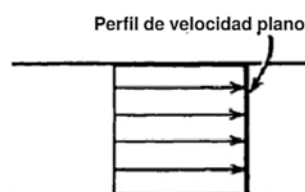
La concentración de OD en las lagunas aeróbicas y facultativas estará directamente relacionada con la carga orgánica aplicada. Así, cuánto más alta es la carga de materia orgánica biodegradable que recibe el sistema, mayor será la demanda de oxígeno. Por otro lado como la disponibilidad de éste está vinculada a procesos naturales (fotosíntesis y reaireación a través de la superficie), la máxima carga orgánica aplicable al sistema, para mantener condiciones al menos facultativas, estará limitada por dichos procesos.

Si se utiliza la tecnología de lagunas de estabilización, se recomienda el uso de más de una laguna de tratamiento porque:

1. **Es mayor la flexibilidad en la operación y el mantenimiento:**

Las lagunas en paralelo suelen emplearse en las lagunas primarias, debido a que esta disposición permite operarlas alternadamente, desactivando una para efectuar la limpieza, sin detener el proceso. Facilita así, la remoción periódica de sólidos.

2. **Cuánto más lagunas en serie se utilizan, se tiende a un flujo pistón ideal:** se entiende por flujo pistón al comportamiento hidráulico que describe los desplazamientos del agua. Las partículas conservan la misma velocidad de un perfil transversal a otro, evitando así los cortocircuitos y otorgando el mismo tiempo de permanencia para todas el'





V.2.3. Factores climáticos que afectan a las lagunas:

- **Temperatura:** Las reacciones físicas, químicas y bioquímicas que ocurren en las lagunas de estabilización son muy influenciadas por la temperatura. En general y para los intervalos de temperatura normales, se puede decir que la velocidad de degradación aumenta con la temperatura, en especial en lo que concierne a la actividad de las bacterias. Estos fenómenos son retardados por las bajas temperaturas. Por eso, éste proyecto debe tener en cuenta siempre las condiciones de temperaturas más adversas. Una caída de 10°C en la temperatura reducirá la actividad microbiológica aproximadamente al 50%. La actividad de fermentación del lodo no ocurre significativamente en temperaturas por debajo de 17° C.

- **Radiación solar:** La luz es fundamental para la actividad fotosintética, ésta depende no solo de la luz que alcanza la superficie del agua, sino de la que penetra en profundidad. Como la intensidad de la luz varía a lo largo del año, la velocidad de crecimiento de las algas cambia de la misma forma. Este fenómeno da lugar a dos efectos: el oxígeno disuelto y el pH del agua presentan valores mínimos al final de la noche, y aumentan durante las horas de luz solar hasta alcanzar valores máximos a media tarde.

- **Viento:** El viento tiene un efecto importante en el comportamiento de las lagunas, ya que induce a la mezcla vertical del líquido de la laguna, una buena mezcla asegura una distribución más uniforme de DBO, oxígeno disuelto (importante para lagunas aeróbicas y facultativas), bacterias y algas y por lo tanto un mejor grado de estabilización del agua residual. En ausencia de mezcla inducida por el viento, la población de algas tiende a estratificarse en banda estrecha, de unos 20 cm de ancho, durante las horas de luz del día. Esta banda concentrada de algas se mueve hacia arriba o hacia abajo en la capa superior, de 50 cm de espesor.

- **Evaporación:** La repercusión principal de la evaporación es la concentración de los sólidos que contiene el agua almacenada. El consiguiente aumento de la salinidad puede resultar perjudicial si el efluente se va a emplear en riego.

- **Precipitación:** El oxígeno disuelto suele bajar después de tormentas debido a la demanda adicional de oxígeno provocada por los sólidos arrastrados por el agua de lluvia y los sedimentos de las lagunas que se mezclan con la columna de agua. Otro efecto de la lluvia es una cierta oxigenación en la zona superficial de las lagunas, debido tanto al propio contenido en oxígeno de la lluvia como a la turbulencia que provoca con su caída.

V.2.4. Factores físicos:

- **Estratificación:** La densidad del agua cambia con la temperatura. Durante los meses de primavera y verano el calentamiento tiene lugar desde la superficie, las capas superiores están más calientes que las inferiores, son menos densas y flotan sobre ellas sin que se produzca la mezcla entre unas y otras. Durante la primavera, la mayoría de las lagunas tienen una temperatura casi uniforme, por lo tanto se mezclan con facilidad gracias a las corrientes inducidas por los vientos. Cuando se aproxima el verano, las aguas de las capas superiores se calientan y su densidad disminuye produciéndose una estratificación estable.



- **Flujo a través de las lagunas:** La circulación del agua a través de la laguna viene afectada por la forma y tamaño de ésta, la situación de entradas y salidas, velocidad y dirección de los vientos dominantes y la aparición de diferencias de densidad dentro de la misma. Las anomalías de flujo más frecuentes se manifiestan en la aparición de zonas muertas, o sea, partes de la laguna en las que el agua permanece estancada durante largos periodos.

- **Profundidad:** La profundidad de las lagunas es normalmente 1.5 m, aunque se pueden usar profundidades entre 1 y 2,5 m. El límite inferior viene condicionado a la posibilidad de crecimiento de vegetación emergente para profundidades menores, lo cual se desaconseja normalmente para evitar la proliferación de mosquitos. Existen varias razones por las que en estos sistemas profundos se obtiene mayor eficacia de tratamiento como es la mayor productividad de las algas. La zona profunda tiende a estar en condiciones anaeróbicas, y en ella se produce la degradación lenta de compuestos orgánicos y microorganismos sedimentados desde la superficie. De esta forma se generan nutrientes solubles que se reincorporan a la capa superficial y contribuyen a la actividad biológica. En las zonas climas cálidos la mayor profundidad repercute en una disminución de la evaporación relativa, lo que es beneficioso desde el punto de vista del almacenamiento para riegos como para evitar aumentos de salinidad en el efluente.

V.2.5. Factores Químicos y Bioquímicos:

- **pH:** El valor de pH en las lagunas viene determinado fundamentalmente por la actividad fotosintética y la degradación de la materia orgánica por las bacterias. Las algas consumen anhídrido carbónico en la fotosíntesis, lo que desplaza el equilibrio de los carbonatos y da lugar a un aumento del pH. Por otra parte, la degradación de la materia orgánica conduce a la formación de dióxido de carbono como producto final, lo que causa una disminución de pH.

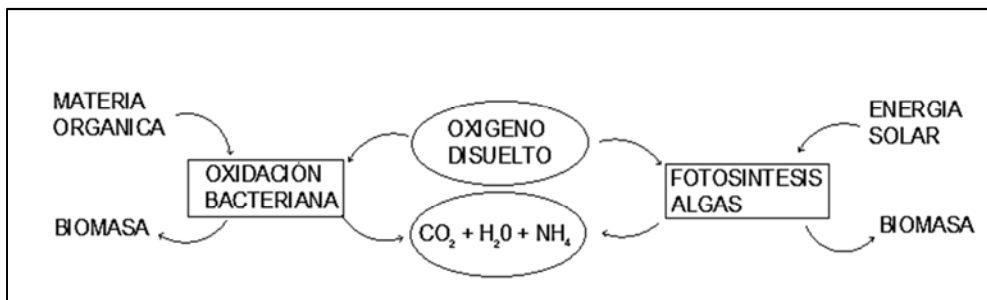
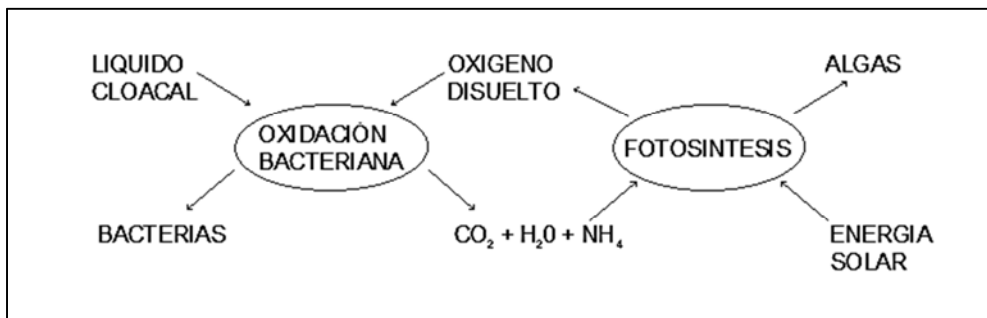
Como la fotosíntesis depende de la radiación solar, el pH de las lagunas presenta variaciones durante el día y el año. Cuanto mayor es la intensidad luminosa, los valores del pH son más altos. Estas variaciones diarias son muy marcadas en verano, cuando pueden alcanzarse valores de pH en torno a 9 o mayores, partiendo de valores de 7 a 7.5, al final de la noche.

- **Oxígeno disuelto:** El contenido en oxígeno disuelto es uno de los mejores indicadores sobre el funcionamiento de las lagunas. La principal fuente de oxígeno disuelto es la fotosíntesis, seguida por la reaireación superficial. La concentración de oxígeno disuelto presenta una variación senoidal a lo largo del día. El contenido en oxígeno es mínimo al amanecer y máximo por la tarde, y puede oscilar entre un valor nulo hasta la sobresaturación. Durante el verano es posible encontrar que las capas superficiales de las lagunas están sobresaturadas de oxígeno disuelto. Éste presenta variaciones importantes en profundidad, es máxima en superficie, y a medida que aumenta la profundidad va disminuyendo hasta anularse. La profundidad a la que se anula el oxígeno disuelto se llama oxipausa, y su posición depende de la actividad fotosintética, del consumo de oxígeno por las bacterias y del

grado de mezcla inducido por el viento. En invierno la capa oxigenada tiende a ser mucho más reducida que en verano.

- **Nutrientes:** Los nutrientes son fundamentales para la buena marcha del tratamiento en lagunas. A medida que progresa la depuración se va produciendo una eliminación de nutrientes que puede dar lugar a que uno o varios alcancen concentraciones limitantes para el desarrollo subsiguiente de algas o bacterias. En lagunas de estabilización el agotamiento de nutrientes solo ocurre en épocas de intensa actividad biológica, y suelen venir de la eliminación de materia orgánica hasta los niveles máximos en este tipo de tratamiento.

- **Estabilización:** En las lagunas se cumple un ciclo biológico en el que participan las algas que sintetizan por fotosíntesis material celular, utilizando dióxido de carbono y produciendo oxígeno, siendo éste último a su vez aprovechado por los microorganismos para oxidar el material orgánico del líquido cloacal que se incorpora a la laguna.



Ciclos de estabilización

V.2.6. Ventajas y Desventajas del uso de las lagunas:

Entre las **VENTAJAS** de su aplicación se mencionan:

- La estabilización de la materia orgánica alcanzada es muy elevada.
- La eliminación de microorganismos patógenos es muy superior a la alcanzada mediante otros métodos de tratamiento.
- Presentan una gran flexibilidad en el tratamiento de puntas de carga y caudal.



- Pueden emplearse para el tratamiento de aguas residuales industriales con altos contenidos en materia biodegradables.
- Desde el punto de vista económico, es mucho más barato que los métodos convencionales, con bajos costos de instalación y mantenimiento.
- El consumo energético es nulo.
- En el proceso de lagunaje se generan biomásas potencialmente valorizables una vez separada del efluente.

Entre las **DESVENTAJAS** podemos mencionar:

- Posibilidad de ocasionar malos olores por la producción de ácidos, especialmente el sulfhídrico y mercaptanos. De allí la necesidad de proyectar lagunas profundas, lo que permite absorber su acción antes de su salida al exterior.
- Mal aspecto estético; por lo que deben estar construidas a una distancia no menor a 1 km. del sitio más cercano con actividad humana, además de que los vientos predominantes alejen los eventuales malos olores.
- No son efectivas en climas fríos (temperatura inferior a 10°C) al no producirse producción de metano.
- No pueden ser simulados por ningún modelo matemático las reacciones bioquímicas con innumerables variables. De allí que para el diseño se emplean criterios empíricos.
- Pérdidas considerables de agua por evaporación en verano.

V.2.7. *Funcionamiento de Lagunas de estabilización facultativa:*

- Son diseñadas para tratar la carga orgánica efluente de las lagunas de estabilización anaeróbicas en donde se tiene una eficiencia en reducción anteriormente.
- En lagunas facultativas las condiciones aeróbicas de las capas superiores se ocasiona por la producción de oxígeno, principalmente por las algas y en menor escala por la reaireación superficial que adquiere mayor importancia de noche.
- El mecanismo principal ocurre en el estrato superior en donde hay una simbiosis o comensalismo de bacterias aeróbicas y algas. Para oxidar los residuos orgánicos de bacterias se utiliza el oxígeno producido principalmente por el proceso de fotosíntesis de las algas. A su vez estas utilizan los compuestos solubles y bióxido de carbono de la descomposición de la materia orgánica por las bacterias.



- En las capas inferiores hay una degradación semejante a la de las lagunas aeróbicas.
- La producción de oxígeno por las algas es función de la radiación solar o intensidad de la luz en la superficie de la laguna.

En resumen en una laguna facultativa se realizan los siguientes procesos:

- Sedimentación de sólidos.
- Digestión anaeróbica de los lodos depositados.
- Estabilización aeróbica de la materia orgánica disuelta y suspendida, con consumo de O₂ y producción de CO₂.
- Fotosíntesis con formación de algas, producción de O₂ y consumo de CO₂.

V.2.8. Remoción bacteriológica:

Hay varios modelos matemáticos que permiten diseñar lagunas de estabilización para remoción de la DBO. Hay discrepancias debido a que están sujetos a una variedad de procesos físicos y bioquímicos. Esa situación provoca indefinición para aplicarlos con cierta seguridad en remoción orgánica.

Existen varios métodos empíricos para poder cumplir con el objetivo principal del proyecto, que es la reducción de la carga orgánica del efluente (expresados en DBO). Se podrá aplicar cualquiera de los métodos nombrados a continuación para su dimensionamiento:

Método Herman y Gloyna: se basa en el tiempo de reacción y su dependencia en la temperatura T de la laguna. Se calcula el volumen de la laguna considerando una eficiencia en reducción del DBO, del 90%.

$$V = 0.035 * Q_a * S_a * \varphi^{(35-T)}$$

Siendo:

- V= Volumen líquido de la laguna (m³)
- Q_a= flujo o caudal del afluente(m³/d)
- S_a= concentración del desecho del afluente(mg/l de la DBO ultima para liquido crudo o concentrado y DBO₅ para los diluidos)
- $\varphi = 1.085$ = coeficiente de dependencia de la temperatura
- T = temperatura media del líquido en la laguna, correspondiente al mes más frío del año.
- E_f = 90% = eficiencia promedio en reducción de la DBO soluble

Método de Marais y Shaw: en equilibrio continuo basado en cinética de primer orden, determina la reducción de DBO ultima (S_e/S_a = DBO efluente/DBO afluente).



- $Se = Sa / (1 + Kt * t) =$
- $Se =$ concentración orgánica efluente de la laguna (mg/l de DBO_5 soluble).
- $Sa =$ concentración orgánica afluente de la laguna (mg/l de DBO_5 última).
- $t = V/Q =$ periodo de retención hidráulica (en día)
- $V =$ volumen líquido de la laguna (m^3)
- $Q =$ caudal del afluente (m^3/d)
- $Kt = K_o * \phi^{(35-T)} =$ constante de degradación orgánica de primer orden a la temperatura media $T(^{\circ}C)$ del líquido en el mes más frío del año ($días^{-1}$)
- $K_o =$ constante de degradación, para $T=20^{\circ}C$, siendo $K_o = 1.20$ ($días^{-1}$) para Gloyna (valor generalmente a determinar en pruebas de laboratorio)

Método de flujo disperso de Thirimurthi: determina la reducción de la DBO_5

- $C/C_o = Z / Y$
- $C/C_o =$ relación entre la concentración de DBO_5 soluble del efluente y la concentración de DBO_5 total del afluente (mg/l)
- $Z = 4 * a_1 * e^{\frac{1-a_1}{2*d_1}}$ = Numerador de ecuación para cálculo de concentración de DBO_5 efluente.
- $Y = (1 + a)^2 =$ Denominador de ecuación para cálculo de concentración DBO_5 en líquido afluente
- $e =$ base de los logaritmos neperianos = 2.71828
- $a_1 = (1 + 4 * Kt * t * d_1)^{1/2} =$ constante de diseño
- $Kt = K_o * \phi^{(T-20)} =$ constante de degradación orgánica de primer orden a la temperatura media $T(^{\circ}C)$ del líquido en el mes más frío del año ($días^{-1}$)
- $K_o =$ constante de reacción biológica para $T=20^{\circ}C$, a determinarse en pruebas de campo.
- $t =$ tiempo de retención hidráulica (días) = V/Q
- $d_1 =$ constante de difusión (adimensional)
- $d_1 = X / (-0.26118 + 0.25392 * X + 1.01368 * X^2)$
- $X = L/C$ (largo / ancho)

Método de carga superficial de Yañez-Cosío

- $CSM = 357 * (1.085)^{T-20} =$ Carga orgánica superficial máxima aplicable de DBO total (kg/Ha*día)
- $T = 8.5 + 0.82 * Ta =$ Temperatura promedio del agua para el mes más frío ($^{\circ}C$)
- $Ta =$ Temperatura del aire en el mes más frío ($^{\circ}C$)



Si bien existen, varios métodos para lograr la reducción de carga orgánica (expresada en DBO), solo se nombraron algunos de ellos, como así también la elección del proceso de dimensionamiento.

Unos de los parámetros físicos más importantes en el dimensionamiento de las lagunas facultativas es la Temperatura, cuyas justificaciones ya fueron descriptas anteriormente.

Un factor a tener en cuenta es determinar la temperatura de la masa líquida de las lagunas. Para esto, existen métodos empíricos que están en función, de la temperatura del aire en el mes más frío del año, del periodo de retención, etc., y se debe tener en cuenta que cuando no se dispone de datos, según ENOHSA, se puede realizar la siguiente fórmula (para alcantarillados cloacales):

- $T = T_{ai} + 3^{\circ}\text{C}$ = Temperatura promedio del agua para el mes más frío ($^{\circ}\text{C}$)
- T_{ai} = Temperatura del aire en el mes más frío ($^{\circ}\text{C}$)

Método del balance calórico de Eckenfelder

- $T = \frac{T_{ai} + \frac{T_a * d}{f * PR}}{1 + \frac{d}{f * PR}}$ = Temperatura de la laguna.
- T_{ai} = Temperatura promedio del aire del mes más frío.
- T_a = Temperatura del afluente
- PR = Periodo de retención (días) = V/Q
- V = Volumen de la laguna (m^3)
- Q = caudal ($m^3/días$)
- f = Factor de transferencia de calor Aire – Agua
- d = Tirante de laguna.



CAPITULO VI - SOLUCION PROPUESTA

VI.1. PARÁMETROS DE DISEÑOS

VI.1.1. Población futura:

Periodo de diseño: se lo define como un lapso a partir de la habilitación de una determinada instalación durante el cual, la misma prestara un servicio eficiente.

PERIODO DE DISEÑO	
Lagunas de estabilización	22
Financiamiento	3
Ejecución de Obra	1
Total	26

$$\text{Año } 2015 + 26 = \text{Año } 2041$$

Se calculó el periodo de diseño, realizando una sumatoria de los lapsos que transcurrirá entre su puesta en servicio y el momento en que por su uso o por falta de capacidad para prestar un servicio eficiente se sobrepasan las condiciones establecidas en el proyecto.

Se llegó a un resultado de un periodo de 26 años, en la cual la laguna funcionara eficientemente hasta el año 2041.

Población de diseño: un servicio de abastecimiento debe proyectarse para que al cabo de la vida útil pueda satisfacerse la población futura dentro del "Horizonte de diseño".

No es fácil pronosticar el crecimiento de la población, ya que depende de distintos factores y puede inducir a errores groseros:

- Si el ritmo de crecimiento es veloz, el sistema puede quedar obsoleto a corto plazo.
- Si el ritmo de crecimiento es lento, puede caerse en un sobredimensionamiento y en consecuencia un servicio caro.

Para su cálculo se tuvo en cuenta:

- Población permanente
- Población no permanente
- Afluencia turística



- Afluencia por trabajo temporario

Para poder realizar el cálculo de la población futura se debió consultar a las siguientes fuentes:

- Censos nacionales de población y vivienda, información de la localidad por fracción y radio para los distintos censos. En nuestro caso, la información fue sustraída del Instituto Nacional de Estadísticas y censos (INDEC).
- Información cartográfica de la localidad por fracción y radio para los distintos censos.
- Estadísticas vitales de recursos y producción de servicios

Los métodos más usados para poder realizar este análisis poblacional a futuro son:

- Ajuste lineal por tendencia histórica
- Tasa geométrica decreciente
- Curva teórica de crecimiento poblacional.
- Relación – Tendencia
- Incremento – Relativo
- Método de los componentes.

Los censos realizados en los años 1991, 2001 y 2010 demuestran fehacientemente un gran crecimiento poblacional, expresado numéricamente de la siguiente manera:

CENSO AÑO	PERIODO INTERCENSAL (n)	POBLACIÓN (P)	CRECIMIENTO
INDEC 1991	10	1492	-
INDEC 2001	10	1887	395
INDEC 2010	9	2209	322



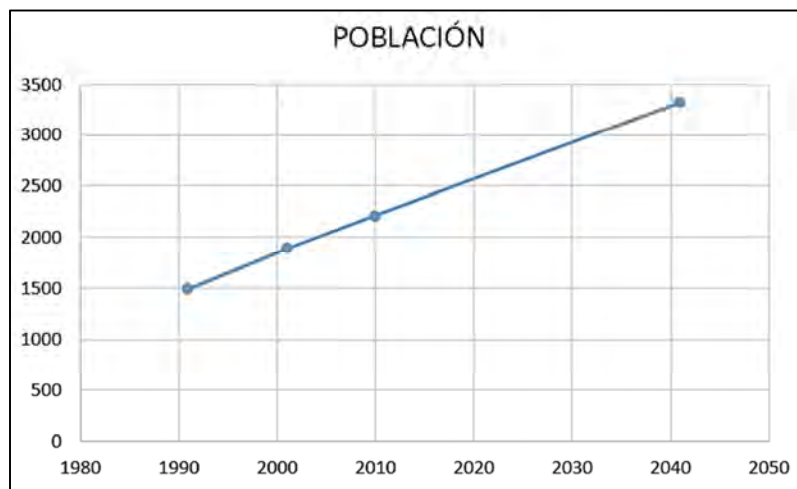
Con esta información procedemos a calcular la población futura por medio de los siguientes métodos:

- *Método de ajuste lineal por tendencia histórica*

La proyección demográfica de la localidad, por este método se efectúa aplicando la recta de ajuste resultante de la regresión lineal de los valores de población total de los últimos tres censos.

- $P_n = a + b * n$ = Población total al año n
- Número de años medidos desde el año calendario inicial de la proyección hasta el año calendario en análisis
- a y b = coeficientes de la recta.

A partir de esta fórmula se calcula la población de diseño, trabajando al mismo tiempo con el censo. Una vez realizado los cálculos de los habitantes para cada año se procede a graficar, y se obtiene lo siguiente:



Usando el método lineal se estima la población futura con un factor de crecimiento constante durante todos los años.

Calculando de esta manera la población en el año 2041 sería de 3.318 habitantes.

Este método es inexacto porque en la realidad el crecimiento poblacional no tiene un crecimiento lineal.

- *Método curva logística*



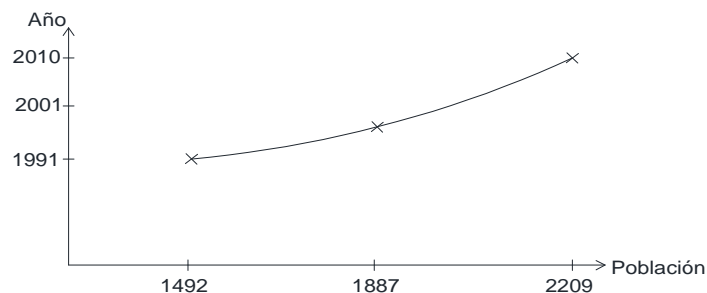
Este método fue desarrollado a principios del siglo XIX, habiendo sido contrastados sus resultados con la evolución de diversas ciudades europeas de la época.

La misma, define una curva de crecimiento demográfico que al principio se muestra acelerado, bastante semejante a la expresión del interés compuesto. Luego presenta un punto de inflexión y por último tiende a hacerse asintótica, representado así la saturación demográfica del área.

La presente curva se ajusta a la siguiente expresión para los periodos anuales:

- $P_n = \frac{k}{1+e^{(b-a*n)}} =$ Población del año n
- K = Constante que representa el valor máximo de P valor de saturación
- a = constante que determina la forma de la curva
- b = constante que determina la forma de la curva
- e = base de logaritmos neperianos
- n = número de años considerados

Es un método de cálculo muy exacto que requiere un número adecuado de datos censales. Tiene muy buenos resultados en poblaciones estabilizadas y consolidadas. Trabajando con este método se obtiene una gráfica con el siguiente aspecto:



- *Método de la curva teórica de crecimiento poblacional.*

Finalmente se decidió calcular la población de diseño con este método debido a los resultados exactos que nos brindan.

Con la siguiente ecuación se determina el valor de la tasa de crecimiento (i) que posteriormente utilizaremos en otra ecuación.

$$i = \sqrt[n]{\frac{P_1}{P_2}} - 1$$

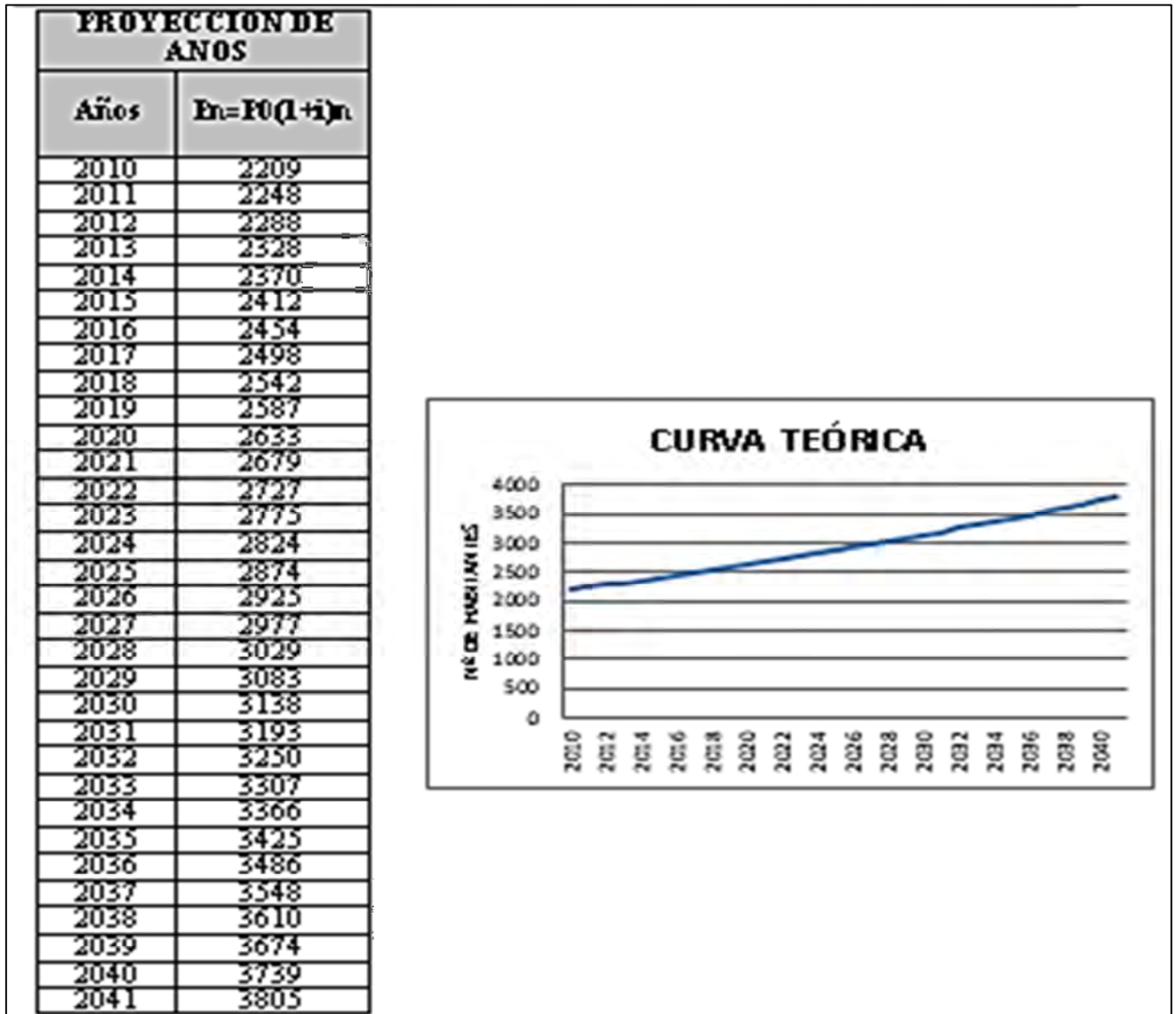
$$i_1 = \sqrt[9]{\frac{2209}{1887}} - 1 = 0,0177$$



$$i_2 = \sqrt[10]{\frac{1887}{1492}} - 1 = 0,0238$$

→ Como $i_1 < i_2$ tomamos el más chico $i = 0.0177$

A partir de estos datos podemos calcular la población de diseño ilustrado en la siguiente tabla, seguida del grafico correspondiente.

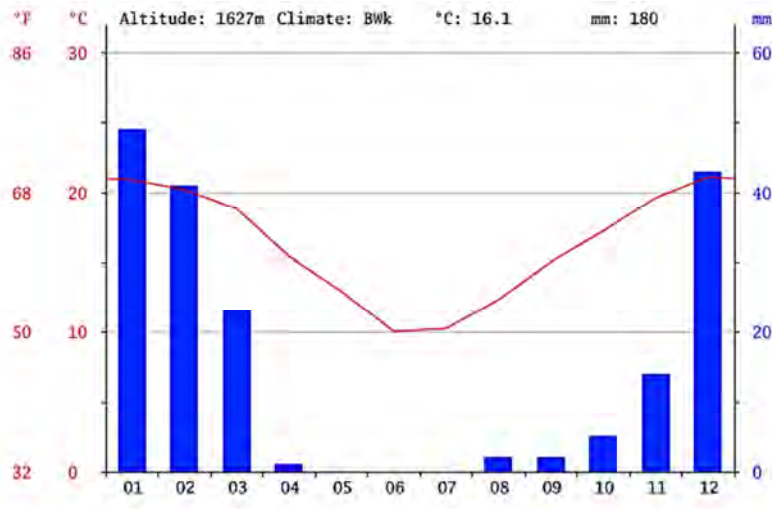


La población de diseño para la ejecución de la obra “Lagunas de estabilización” de la localidad de San Carlos es de 3805 personas, tomando como periodo de diseño 26 años, considerando a la población turística dentro de este crecimiento.

VI.1.2. Clima:



CLIMOGRAMA



www.climate-data.org

La temperatura media anual es de 16.1°C, y en los meses más fríos 10°C por lo que se adoptará $T_m=13^\circ\text{C}$.

VI.1.3. Geología

Los datos vertidos en estos ítems fueron proporcionados por Minería y Recursos Hídricos.

De acuerdo a la textura, colores y contactos se dividió el terreno en tres secciones:

Inferior: Areniscas medianas a finas levemente calcáreas presentan estratificación gruesa a maciza, con intercalaciones conglomeraditas y de pelitas, pardo rojizas.

Media: Areniscas gruesas y conglomerados de filitas verdes, color pardo grisáceo, los contactos son planos y de transición.

Superior: Areniscas finas y medias, muy micáceas, algo pelíticas, los contactos son de tipo erosivo. Presentan estructuras sedimentarias de calco de carga.

Los depósitos de origen fluvial son sedimentos de tamaños diversos, en distintos niveles de terrazas. En los más antiguos se desarrollan los actuales cultivos, donde mejor se desarrollaron es en las márgenes del río Calchaquí. Los afluentes de este río aportan importantes cantidades de sedimentos, en especial aquellos que sus cuencas están conformadas por macizos rocosos terciarios.

El tipo de roca, sus características y la estructura de una zona son los factores condicionantes de la morfología; a esto se suma el clima, la topografía y la vegetación.

VI.1.4. Topografía

El pueblo de San Carlos se encuentra situado en el Valle Calchaquí y presenta una topografía plana con poca pendiente. La altitud decrece de Norte a Sur y de Oeste a Este hasta llegar al río Calchaquí.

Se realizó el replanteo topográfico con un GPS para el proyecto nuevo, se inició desde la ruta 40 marcando como primer punto la esquina del Campamento de Vialidad al pie de un poste de iluminación de hormigón, el segundo punto en la intersección de la ruta 40 y la ruta 44, el tercer punto en la esquina de una casa sobre la ruta 44, punto que ya tenía cotas de precisión brindadas por Vialidad de la Provincia. Desde este último también se tomaron lecturas con un nivel óptico SOKKIA para tener mayor precisión en la altimetría y se fueron colocando estacas hacia campo adentro siguiendo una huella marcada por vehículos.



Nivel óptico



Camino de la ruta 44 a la laguna



GPS

Las condiciones del terreno eran muy parecidas a las del sector donde se construyeron las lagunas existentes por lo que las nuevas lagunas también deberán ser proyectadas con terraplenes para elevar el nivel de terreno natural y evitar que aflore el agua.

Ésta nueva ubicación se encuentra un poco más cerca de la línea de ribera, el río solo transporta arenas por lo que proyectar gaviones de defensa para encausar el río sobre el ala derecha del displayado sería una buena alternativa para prevenir y proteger las nuevas lagunas.

Una vez completado el relevamiento topográfico se inició la etapa de procesamiento de los datos recaudados.

Los datos recolectados por el GPS fueron volcados en una planilla en coordenadas de latitud y longitud. Las cotas altimétricas brindadas por este aparato fueron descartadas debido a que contenían un error de ± 10 metros aproximadamente. Para poder corregir estos errores se usaron las lecturas del Nivel.



#	Latitud	Longitud	Altitud	Hora	nombre	desc	sym
1	25.897535° S	65.928899° W	1626.9 m	27/09/2015 01:23:04 p. m.	001	27-SEP-15 10:19:01	Golf Course
2	25.907350° S	65.930490° W	1613.7 m	27/09/2015 01:44:43 p. m.	002	27-SEP-15 10:43:52	Golf Course
3	25.906596° S	65.913449° W	1612.0 m	27/09/2015 01:53:59 p. m.	003	27-SEP-15 10:53:27	Golf Course
4	25.906557° S	65.909432° W	1611.3 m	27/09/2015 02:42:54 p. m.	004	27-SEP-15 11:41:14	Golf Course
5	25.907671° S	65.910129° W	1608.6 m	27/09/2015 02:55:20 p. m.	005	27-SEP-15 11:53:38	Golf Course
6	25.909292° S	65.909994° W	1609.4 m	27/09/2015 03:12:54 p. m.	006	27-SEP-15 12:10:39	Golf Course
7	25.909825° S	65.910737° W	1610.1 m	27/09/2015 03:26:13 p. m.	007	27-SEP-15 12:20:31	Golf Course
8	25.911919° S	65.910890° W	1608.4 m	27/09/2015 03:34:23 p. m.	008	27-SEP-15 12:32:09	Golf Course
9	25.914759° S	65.910877° W	1607.7 m	27/09/2015 03:54:49 p. m.	009	27-SEP-15 12:42:43	Golf Course
10	25.914795° S	65.911776° W	1605.3 m	27/09/2015 04:09:30 p. m.	010	27-SEP-15 13:08:14	Golf Course
11	25.912125° S	65.911455° W	1607.7 m	27/09/2015 04:22:38 p. m.	011	27-SEP-15 13:21:30	Golf Course
12	25.910930° S	65.911264° W	1605.8 m	27/09/2015 04:27:15 p. m.	012	27-SEP-15 13:26:09	Golf Course

A partir del punto 3 (el cual tiene cotas absolutas de altimetría precisas) vinculamos el resto de los puntos sacando punto por punto las distas variaciones de alturas. De forma tal que:

$$Z_n = Z_{n-1} \pm \Delta Z$$

Z_n : cota absoluta

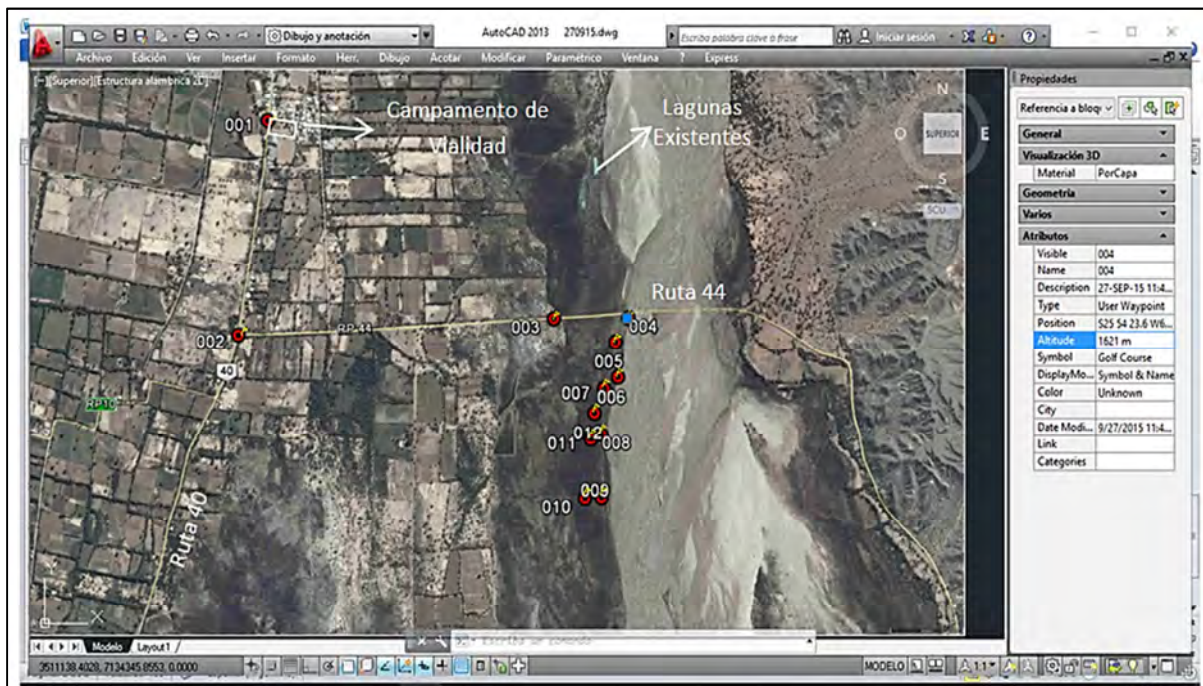
Z_{n-1} : cota absoluta del punto anterior

ΔZ : variación de altura entre punto y punto.

Las coordenadas fueron insertadas en Google Earth para marcar todos los puntos en una imagen satelital. Capturando la pantalla y pegándola en Autocad se obtuvo la imagen de fondo, dándole la escala adecuada, coinciden los puntos marcados con las coordenadas leídas por Autocad.

Por último se cambió Z en cada uno de los puntos recalculados.

Como resultado se obtuvo una imagen satelital de fondo con los puntos marcados con círculos rojos y sobre ella banderas amarillas que tienen en su barra de propiedades la altitud en coordenadas absolutas.



VI.2. COLECTORA MAXIMA

VI.2.1. Descripción

La obra "Construcción Red colectora de desagües cloacales para viviendas en la localidad de San Carlos" consiste en dotar de servicio de desagües cloacales a todas las viviendas actuales y futuras de San Carlos, dando un mayor radio de alcance en todas las direcciones. Esto es posible gracias a que las nuevas lagunas se encontrarán en un nivel altimétrico más bajo que las anteriores dando un margen mayor de alcance para viviendas que quedaron fuera del servicio por no verificar la pendiente mínima para su conexión.

Se realizaron relevamientos y diversos sondeos para visualizar las redes existentes y verificar que los datos de los planos sean certeros.

Se observó el terreno para indagar qué tipo de problemas se podrían presentar teniendo en cuenta el tipo de suelo, los árboles (cuyas raíces pudieran interferir en la colocación de las cañerías), las pendientes (para cumplir siempre con las exigencias de tapada mínima), etc.

Los Planos de Proyecto deberán seguir los lineamientos exigidos por Aguas del Norte, respetando los formatos, símbolos y colores reglamentarios, junto con la nomenclatura y detalles correspondientes. Nombrando cada nudo donde se produzca una variación, colocando longitudes, pendientes, tipo de cañería, diámetro, tapada, etc..

Al no tener un cordón cuneta definido, las bocas de registro se proyectan sobre el nivel del terreno natural para conservar el nivel de la calzada de tierra. En un futuro si se desea pavimentar se tendrá que levantar las bocas de registro o rebajar el nivel de la calzada para que el paquete estructural del pavimento quede a nivel de las bocas.

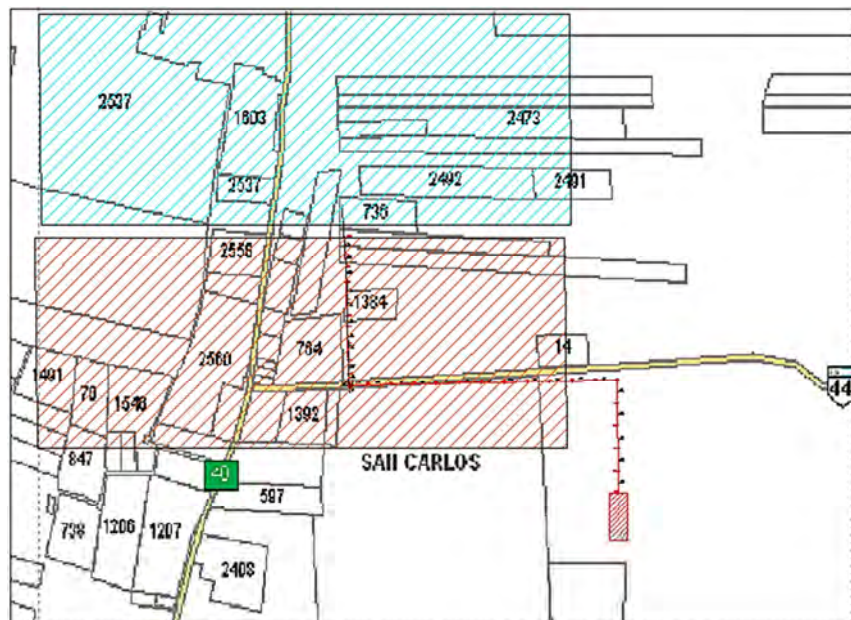
Para el diseño de la colectora máxima se usara PVC cloacal cuya denominación proviene del policloruro de vinilo, que es un polímero termoplástico. Este material además de encontrarse fácilmente en el mercado, presenta muchas ventajas ante materiales como el hierro fundido y el fibrocemento.

La principal ventaja está en el aspecto económico, es un material de fácil fabricación y transporte por lo que su precio es más accesible, además el PVC presenta un coeficiente de rugosidad mucho menor que otros materiales por lo que los líquidos cloacales circulan con menor probabilidad de un estancamiento. Por ultimo como ventaja constructiva podemos mencionar su bajo peso lo cual lo hace mucho más sencillo de nivelar y ensamblar.

Dentro de los tipos de caños de PVC existen dos tipos de juntas: junta pegada y junta elástica (aros de goma). Se optó por PVC con junta elástica para esta obra porque esto agiliza aún más el proceso constructivo y al tener unión elástica puede soportar pequeños movimientos de suelo sin romperse ni tener pérdidas del fluido.

El presente proyecto ejecutivo toma de base las redes colectoras existentes en la localidad. A partir de su configuración y la previsión de la ampliación de red del resto de la localidad se diseñó una nueva colectora máxima cuyo desarrollo irá por ruta Provincial N° 44 hasta llegar a las nuevas Lagunas Facultativas.

La colectora máxima diseñada es de PVC cloacal Ø 315 mm. En su primer tramo escurrirá en una longitud de 1060 metros, luego tendrá un desarrollo aproximado de 1600 m. por la cuneta Sur de la ruta Provincial N°44 y por último 1000 m. hacia el sur donde finalmente ingresará a las lagunas.



En la figura se observa un sombreado celeste, el cual corresponde al sector de San Carlos que cuenta con servicio cloacal. Lo sombreado en rojo muestra la población beneficiada con el nuevo proyecto que por problemas topográficos no podía hacer uso de la red anterior. En el **Anexo 2** podemos observar la red cloacal actual.



VI.2.2. Método constructivo

El terreno es arenoso por lo que se corre el riesgo de desmoronamiento al excavar. Se debe iniciar cavando las bocas de registro con las profundidades de proyecto.

La tapa de hierro fundido de cada boca de registro es de 5 cm de espesor, la misma se amura con 20 centímetros de hormigón sobre una losa de hormigón armado también de 20 centímetros, lo que da como resultado 45 centímetros finales, luego el largo del fuste dependerá de la tapada, valor que debe tener desde el terreno natural hasta el lomo de caño. Se debe verificar que la tapada mínima se cumpla en todos los puntos de la cañería, de no ser así, el fondo de cojinete deberá estar más profundo, lo que nos dará como resultado un fuste más alto.

El proceso constructivo comienza con el llenado de la base de la boca de registro con hormigón simple, hasta 5 centímetros antes del nivel de cojinete terminado, esto se realiza para poder ajustar los puntos finales de unión entre cañería y cojinete. Posteriormente con el hormigón de la base ya fraguado, se colocará un encofrado metálico circular para el fuste, con hormigón simple hasta 40 centímetros bajo el nivel de la tapa terminada.

El hormigón simple tendrá una dosificación de 300 kilos de cemento por metro cúbico de hormigón y las tapas que serán de hormigón armado llevarán una dosificación de 350 kilos de cemento por metro cúbico de hormigón.

Este procedimiento se puede realizar en simultáneo con las otras bocas de registro, por lo que se debe planificar el orden de las tareas en función de la cantidad de encofrados y de personal para optimizar los tiempos.

La excavación de la zanja se realizará con retroexcavadora y se perfilará con un colchón de enlame, posteriormente se procederá a bajar los caños. Se realiza un orificio en el fuste para que el caño ingrese dentro de la boca de registro quedando 10 centímetros adentro para poder apoyar la regla y tomar fácilmente la lectura de lomo de caño.

El proceso de ensamblado de los caños será el siguiente:

- Limar las puntas de los caños con escofina
- Lubricar con detergente o aerosol los extremos a unir
- Apoyar una tabla en el extremo libre y golpear con una masa cuidadosamente hasta que se deslice un caño dentro de otro llegando a su posición final.

Este procedimiento debe ser controlado minuciosamente para que el aro de goma no quede mordido y no tenga pérdidas. La cañería debe estar orientada con la cabeza en el nivel más alto de forma tal que el sentido de escurrimiento sea de espiga a cabeza.



Se recomienda anotar la posición de cada una de las cabezas de los caños para poder encontrar fácilmente una probable pérdida. A medida que se ensamblan los caños, se verifican las lecturas de intradós y se coloca enlame para que no se mueva. Luego se verifica nuevamente la pendiente para constatar que ningún caño cambió de posición y se amura el caño al fuste.

Una vez bajado todo el tramo, se coloca el resto de enlame sobre la cañería, posteriormente se coloca malla de advertencia color naranja para señalar cloaca, treinta centímetros por arriba de la cañería.

Para verificar el buen funcionamiento se realiza la prueba hidráulica. Ésta consiste en tapar la cañería y cargarla con aproximadamente dos metros y medio de presión en su parte más alta.

Éste proceso lo supervisa Aguas del Norte para comprobar la estanqueidad de la cañería. Si el nivel del agua no desciende significa que no existen pérdidas.

El proceso se repite en todos los tramos y luego se termina de rellenar la zanja compactando por capas.

Se realiza el hormigonado cementicio del cojinete junto con los 5 centímetros que faltaban de la base, el hormigón debe ser alisado y con curvas suaves a los cambios de dirección.

Posteriormente se realiza un revoque impermeable en el fondo y fuste de la boca de registro quedando así una superficie lisa.

Por último las tapas se realizan de hormigón armado y se llenan por separado para luego ser amuradas al fuste.

Otro método constructivo podría realizarse excavando primero las zanjas y colocando un trayecto más largo de cañería (en zonas donde la pendiente no cambie) para realizar una menor cantidad de pruebas hidráulicas, y luego realizar las bocas de registro y romper los caños en los sectores donde se debe realizar el cojinete pero al tener un suelo arenoso, realizar largas excavaciones y dejar la zanja descubierta más tiempo provocaría un riesgo mayor de desmoronamiento.

VI.3. LAGUNAS FACULTATIVAS

VI.3.1. Descripción

• Introducción

La planta de tratamiento de líquidos cloacales diseñada contemplará la ejecución de dos módulos de lagunas de estabilización, cada módulo constará de una laguna primaria seguida en serie por otra secundaria. En su diseño, la planta cuenta además con una serie de interconexiones que permitan dejar fuera de funcionamiento cualquiera de las lagunas, para limpieza o cualquier otra tarea de mantenimiento, sin afectar el funcionamiento de las restantes.



Los efluentes tratados en las lagunas proyectadas serán descargados al cauce natural del río Calchaquí mediante un colector de descarga cuyo tramo final es una cañería de PVC de Ø 315 mm.

En el proyecto de la mencionada planta también se prevé con un sistema de rejas que eliminará los residuos inorgánicos, una canaleta Parshall que servirá de aforo para futuros controles y cámaras partidoras para la distribución del caudal a cada módulo de lagunas con las correspondientes cañerías de interconexión y compuertas de sectorización.

La impermeabilización del fondo de las lagunas, se hará mediante una capa de 10cm de arcilla obtenidas de la localidad.

Los terraplenes serán construidos en su totalidad con una mezcla de suelo natural y arcilla a fin de garantizar su compactación y estabilidad.

Se prevé la construcción de un cercado perimetral con alambre romboidal y postes olímpicos con su respectivo portón de acceso.

Es indispensable la construcción de una casilla para resguardo del personal. La misma contará con una oficina, un baño, un espacio para resguardar las herramientas de valor y un espacio más amplio para el resto de las herramientas

Un panel solar provisionara de tensión eléctrica y el suministro de agua será a través de un tanque cisterna con una bomba de impulsión hacia un tanque elevado que abastecerá de agua fría a toda la casilla y solo la ducha constará un calefón eléctrico para el agua caliente. Será necesario una reserva de agua de como mínimo de 500 litros para abastecer a dos operarios (250 litros por persona). Para este caso se optó por un tanque de 2750 litros ya que el suministro de agua se realizará a través de un acoplado tanque. Se adjuntan en el **Anexo 3** los planos de dicha casilla.

• Operación y mantenimiento de las lagunas

La operación y el mantenimiento de las lagunas de estabilización, se reduce esencialmente al buen manejo de las mismas. Desde ese punto de vista es necesario una vigilancia fiel y celosa del comportamiento y operación del sistema y la adopción de medidas que aseguren su perfecto funcionamiento bajo régimen estacionario.

Se entiende por manutención del sistema, la conservación de las unidades del mismo impidiendo que factores extraños interfieren en su funcionamiento.

Cámara de rejas:

Las rejas de tipo manual, que es la que se diseñaron, son estructuras de hierro que se instalan en el ingreso al sistema de tratamiento. Este elemento permite el paso de las excretas y materiales finos reteniendo los materiales de mayor tamaño.



Las rejas deben ser limpiadas cada vez que el sistema lo requiera, recomendándose realizar esta tarea una vez al día como mínimo, a fin de evitar que los residuos acumulados provoquen problemas en el flujo de ingreso al sistema de tratamiento.



Lo más fácil es levantar enseguida la basura en una carretilla que tiene que estar cerca de la rejilla y llevarla al almacenamiento.

Además, es importante sacar los sedimentos delante de la rejilla una vez por semana. Para hacerlo, se necesita una pala con la que se puede llevar en una carretilla al almacenamiento los sedimentos del fondo del canal.

Limpeza de las lagunas facultativas:

Es difícil evitar que algunos objetos flotantes (bolsas y botellas plásticas, etc.) pasen por la rejilla, el desarenador y alcancen a las lagunas, pero con una limpieza regular de estas unidades se puede disminuir la basura y evitar el riesgo de taponamientos. En las lagunas facultativas y de maduración se puede sacar la nata, así como plásticos, bolsas, etc. desde la orilla con un rastrillo, ya que normalmente se encuentran en las esquinas de las lagunas.





La operación de las lagunas provoca muchos tipos de basura, como la arena en el desarenador y los residuos de la rejilla, pero también objetos flotantes de plástico o productos higiénicos usados.

Existe la posibilidad de depositar estos residuos en el relleno sanitario del municipio. En general, no existe un límite de humedad para los residuos.

Asimismo, se recomienda secar los residuos antes de transportarlos. Lo más fácil es un almacenamiento en una playa de secado con una membrana impermeable. En la cual se calculó con 0.05m² por habitante dando como resultado 190m².

El agua sucia de todos los residuos de las diferentes unidades se fusionan al fondo del almacenamiento, lo cual evita que se infiltre al suelo.

De ahí se puede sacar el agua y transportarla regularmente a través de una bomba pequeña al afluente de las lagunas. El diseño del almacenamiento no tiene que ser complicado.

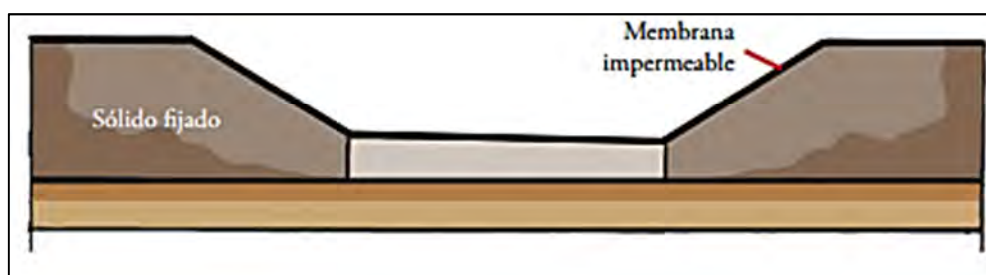
Limpieza de los lodos: Un método para limpiar los lodos es a través de una desconexión y un vaciado completo de la laguna para sacar los lodos secados sedimentados que se encuentran al fondo.

De esta manera, es necesaria una laguna adicional que trabaje paralelamente a la laguna que está en limpieza. Según el diseño realizado se podrá realizarlo de esta manera.

Asimismo, existe otra alternativa para sacar los lodos del fondo de las lagunas, una bomba que está ubicada en un pequeño bote. Cabe resaltar que este método presenta algunas deficiencias, como por ejemplo: desconocer si efectivamente se sacaron todos los lodos y la complicación al sacar una mezcla de lodo y agua.

Playa de secado: En general, se usa el lodo como fertilizante en la agricultura, especialmente en cultivos altos, como por ejemplo maíz o soja, puesto que es importante evitar que la fruta o la verdura tengan contacto con el lodo, ya que todavía tienen gérmenes y, a veces, helmintos.

Esa es la causa por la que no se debe usar el lodo como fertilizante en espacios públicos, por ejemplo en: céspedes, parques o canchas deportivas. Cabe mencionar que para cualquier uso es fundamental analizar si se encuentran helmintos en el lodo, con el fin de prever riesgos infecciosos.





Medición de caudales:

Se recomienda realizar cuatro lecturas diarias en coincidencia con los caudales máximos y mínimos que llegan a la planta.

El sistema de aforo utilizado es el de una Canaleta Parshall. Tanto esta cámara de aforo como las cámaras de distribución de caudales (cámaras partidoras) y las cámaras de vertedero, deben ser mantenidas sin obstrucciones de material flotante y otros sólidos, para lo cual deberán ser limpiados mensualmente con cepillos, evitando también la acumulación de grasas y detergentes.

Compuertas y sistemas móviles:

Las compuertas móviles deberán ser inspeccionados y accionados periódicamente, engrasando los elementos deslizantes y móviles, de manera tal que se asegure su funcionamiento en los casos que se requiera su utilización

Superficie de laguna:

La superficie de lagunas debe mantenerse libre de sólidos flotantes como ser: grasas o aceites, papeles, maderas o plásticos. Para remover estos materiales se utilizara una malla metálica con mango largo.

Diques y taludes:

Los diques, taludes y zonas adyacentes a las lagunas, deben mantenerse libres de vegetación perjudicial, y de hierbas y malezas que favorezcan la proliferación de mosquitos y otros tipos de insectos.

En toda laguna de estabilización existen dos tipos de vegetación: terrestre y acuática.

La extracción de maleza terrestre de la parte de los taludes sobre la superficie del agua, debe realizarse en forma cuidadosa por corte, de manera de no dañar ni deformar el talud.

Los terrenos adyacentes a las lagunas también deben ser objeto de mantenimiento no solo para evitar problemas de insectos sino para mantener el lugar con un aspecto agradable.

En cuanto a la vegetación acuática, si se presentara deberá ser removida por métodos de eliminación mecánicos o químicos.

La erosión de las lagunas puede ser causada por acción de las lluvias, viento o animales. En estos casos su control se torna difícil cuando las lagunas se encuentran en funcionamiento. Se recomienda sacarla fuera de servicio y reconstruir los sectores dañados de los taludes interiores, hasta por lo menos 0.30m por debajo del nivel del líquido. Para ello el



sistema contempla, mediante la utilización de las distintas cámaras partidoras, el dejar provisoriamente fuera de servicio las distintas partes del sistema sin alterar mayormente el sistema general de tratamiento.

Si en los taludes de las lagunas vivieran animales cavadores, como ratas o conejos, estos se puede eliminar mediante cebos tóxicos, fumigación u otros medios y rellenando las partes cavadas.

Cercos y señales:

Se deben cuidar los cercos y señales instalados en el área de las lagunas para evitar que su deterioro permita el paso de animales y personas ajenas al recinto.

• **Evaluación del tratamiento:**

Los tratamientos básicos para la evaluación del tratamiento son los siguientes:

1. Determinación de (PH)
2. Temperatura (T)
3. Oxígeno disuelto (OD)
4. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)
5. Sólidos suspendidos totales (SST)
6. Sólidos suspendidos volátiles (SSV)
7. Sólidos disueltos totales (SDT)
8. Coliformes totales y fecales (CT-CF)

Se deberán realizar muestreos mensuales, tanto en el afluente como el efluente. El muestreo como los trabajos de laboratorios deberá ser llevado a cabo por personal especializado.

Una vez medidos los distintos parámetros deberán registrarse sistemáticamente en formularios elaborados expresamente por estos efectos, lo que en definitiva servirán para estudiar y conocer el comportamiento de las lagunas y su eficiencia.

VI.3.2. Especificaciones técnicas generales

• **Reconocimiento del terreno:**

Se realizó un estudio completo del lugar de las obras, ubicación y características de los yacimientos de materiales a emplear, como así también todas las informaciones relacionadas con la ejecución de los trabajos: clima, época frecuencias de lluvias, intensidad y características de las precipitaciones pluviales; configuración del suelo y subsuelos, posición. También se tuvo fundamental cuidado el estudio de napas subterráneas, donde se obtuvo como resultado que la misma se encuentra por debajo de los 2m del nivel de terreno. Por lo tanto se encuentra asegurada su no contaminación en el momento en que la laguna preste servicio durante todo su periodo (además se realizó una impermeabilización ya descripta).



Otro ítem que se analizó, fue los medios de comunicación y transportes. Reglamentaciones vigentes nacionales, provinciales y municipales, que puedan tener aplicación en la ejecución de la obra; precios y facilidades de conseguir materiales y mano de obra y toda otra circunstancia que pueda influir en el costo, marcha y terminación de la obra.

- **Replanteo:**

Se realizara un replanteo planialtimétrico de la obra sobre los puntos fijos y niveles que figuran en planos de proyecto. Toda la nivelación de la obra se referirá a un único punto fijo perteneciente a la base de puntos adoptados, efectuándose los cierres a partir del mismo y de acuerdo a las necesidades de las trazas a construir. De esta manera, se asegurara en el replanteo el mantenimiento de las cotas relativas.

El replanteo se efectuara con la anticipación necesaria de manera de no causar atrasos en el normal desarrollo de la obra

- **Limpieza y preparación del terreno:**

Se efectuara limpieza y preparación del terreno, donde se tendrá máxima precaución para reducir al mínimo compatible con la ejecución de las obras, la destrucción o perjuicio de plantas, arboles, etc., para cuya conservación deberá tomar todos los cuidados necesarios.

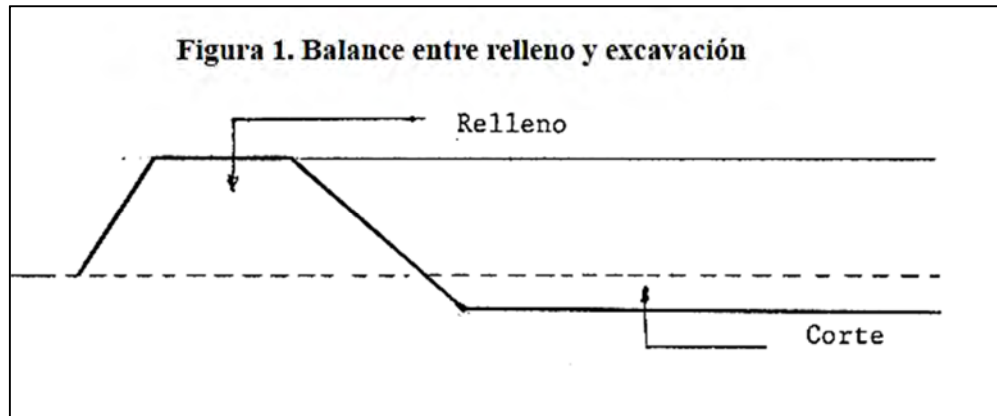
Se incluye así mismo la remoción de plantas, árboles, etc., y/o raíces de los mismos que fuere necesario, de modo que el suelo excavado quede limpio y libre de toda vegetación y su superficie apta para iniciar los trabajos.

Toda excavación excedente resultante de estos trabajos será rellenada con material apropiado, el cual deberá apisonarse hasta obtener un grado de compactación no menor de los terrenos adyacentes.

- **Movimiento de suelo:**

Se realizará la excavación del terreno, según se indica en **Anexo 4**, de tal manera de conseguir el material requerido para la construcción de terraplenes y taludes. En su ejecución se deberá tener en cuenta que la colectora máxima al tener una desembocadura por gravedad el nivel de agua en la laguna debe quedar situado debajo del nivel de la solera del último tramo de la alcantarilla.

La tierra orgánica y la arena no son adecuadas para la construcción de diques. Normalmente, un buen material se encuentra debajo de la superficie del suelo. Este terreno más adecuado puede ser utilizado para formar el núcleo impermeable y estable del dique y el sobrante utilizarse para completar el dique y para formar el talud.



La formación de los terraplenes en todo su volumen, se ejecutará utilizando una mezcla de material granular y suelo arcilloso en las siguientes proporciones: 60% granular y 40% suelos arcillosos a fin de permitir su compactación. La mezcla será compactada como mínimo al 98% del Ensayo Proctor.

Durante el proceso constructivo, se deberá determinar el tenor de humedad natural de cada fracción, para calcular la humedad óptima de compactación.

La compactación de los terraplenes se ejecutara por capas sucesivas de 0.30 metros de espesor utilizando los equipos mecánicos adecuados y el suelo indicado.

No se permitirá la utilización de otro tipo de suelo que no cumpla con los parámetros de permeabilidad especificados.

Partiendo de un punto de vista puramente geométrico, el volumen excavado debe igualar al apilado. Debe hacerse una compensación adicional por la expansión durante la excavación y la reducción durante la compactación. Dependiendo de la compresibilidad de la tierra, contenido de humedad y otros factores, por lo general el volumen de suelo que entra en la conformación de la laguna es menor al excavado.

• **Geometría del dique:**

Con la finalidad de mantener al mínimo la erosión causada por olas provocadas por el viento, la pendiente del dique en el lado húmedo será en una relación 1:2. Esto quiere decir 1 vertical y 2 horizontal.

En el lado seco el declive es usualmente 1:1.5 o más empinado. Se decide trabajar con un talud de 1:2 para mantener una uniformidad, tanto en sector húmedo como mojado y con ello tener mayor estabilidad.

La coronación debe ser hecha lo suficientemente ancha, de por lo menos 3 m como para permitir el fácil tráfico de camionetas o camiones. Se decide trabajar con un ancho de coronamiento de 4 m, ya que se dispone de material, y espacio físico.



La parte de la coronación debe consolidarse adecuadamente para evitar su deterioro como consecuencia del tránsito y tener una geométrica curva que evite la acumulación del agua de lluvia.

Después de terminar el movimiento inicial de la tierra, los taludes son afinados a mano o mecánicamente por medio de una motoniveladora. Luego se siembra el césped.

• **Impermeabilización de fondo de lagunas:**

Se deberá realizar el retiro de la capa de suelo natural, que se reemplazara por la capa impermeable proyectada.

Como tareas de acondicionamiento de la base de asiento de la capa impermeable, se deberán uniformar las superficies del fondo de lagunas de tal modo que sean perfectamente horizontales. No se permitirá materia orgánica de ningún tipo y se realizara una compactación común con el pasado de equipo adecuado, de modo de lograr uniformidad de la densidad final.

La impermeabilización de lagunas se realizará colocando en el fondo una capa de 10 cm de arcilla con su correspondiente compactación, con la colaboración de membranas de polietileno de alta densidad en el fondo y taludes interiores de las lagunas de 1.50 mm de espesor que garantice una alta resistencia a la degradación por rayos ultra violetas y a los agentes químicos del líquido a tratar.

• **Colocación de césped en tepes para protección de taludes:**

Se colocaran tepes de césped natural, con las siguientes características:

- Espesor: de 3 a 4cm.
- Conformación: piezas cuadradas de 30cm de cada lado aproximadamente.
- La primera hilera se colocara siguiendo un hilo y dos estacas y el resto en forma paralela a la primera.
- El primer corte del césped, se realizara cuando este tenga 7cm de altura. Se deberán realizar cortes periódicos del césped, una vez por semana en primavera y verano y una vez por mes en otoño e invierno.
- El riego deberá ser diario y la fertilización una vez por semana mediante la utilización de sustancias ricas en nitrógeno y potasio.

• **Rectificación y enripiado de caminos:**

La ejecución de los trabajos de estabilización y enripiados de los caminos internos perimetrales de la planta depuradora como así también la rectificación de traza del camino existente, se realizara de acuerdo a las normas vigentes en la dirección Nacional de Vialidad.



• **Provisión y colocación de elementos metálicos:**

En este ítem se encuentran contemplados todos los elementos metálicos que figuran en los planos de detalles en **Anexo 5**, los que deben ser respetados estrictamente. Estos elementos son los que a continuación se detallan:

- Rejas
- Regla graduada para aforo de caudal
- Todo otro elemento metálico existente en los planos, que pueden estar en contacto con los líquidos cloacales o emanaciones de los mismos.

Dada las características de los efluentes cloacales todos los elementos señalados tendrán el siguiente tratamiento de protección a la corrosión:

- Desengrasado
- Aplicación de dos manos con resina epoxi de primera calidad.

En la entrada de la planta, antes del aforador Parshall, se ubicaran las rejas finas las cual tendrán las siguientes características:

- Planchuelas de aluminio de 2'' por 9''
- Ancho de barras: 10mm
- Profundidad de barra: 50mm
- Separación libre entre barras: 50mm
- Inclinación respecto a la vertical: 30°

Dichas rejas estarán apoyadas sobre perfil L, donde se deberá respetar el tratamiento anticorrosivo anteriormente descripto.

• **Provisión y colocación de compuertas de chapa:**

Todas las compuertas a colocarse en las distintas cámaras de la planta de tratamiento deberán ser de chapa, N°12. La misma dispondrá de un marco de perfiles L de 60x30x5mm, y mecanismo de desplazamiento vertical consistente en varilla roscada, volante de accionamiento de $\phi 400$, todo según planos de **Anexo 5**.

Todas las partes metálicas del sistema de compuertas, deberán llevar igual tratamiento anticorrosivo descripto anteriormente.

• **Construcción integral del cerco perimetral:**

El cerco perimetral se realizara con postes olímpicos y alambre tejido romboidal 2°G° N°12 con muro de protección de H°S° incluido portón de acceso. La estructura del portón de acceso será con caños de H°G°. El alambre estará soportado a los postes olímpicos a través de planchuelas de 1"x1/4".

Las planchuelas deberán ser sometidas a tratamiento anticorrosivo protegido con 2 manos de pinturas anti oxido y dos manos de pintura sintética.



• **Provisión de arcilla:**

La fracción granular de la mezcla se extraerá del yacimiento ubicado a 10km aguas abajo (margen izquierdo del cauce), previo retiro de los componentes mayores a 4".

• **Construcción con defensas con gaviones:**

→ **Generalidades:** Los gaviones son cestos de malla de alambre en forma de paralelepípedos que se rellenan en el sitio con piedra bruta o cantos rodados para formar enrocamientos unidos y regulares.

→ **Materiales:**

- **Malla:** estará constituida por un reticulado hexagonal en la cual se forman las puntas retorciendo cada par de alambres por tres medias vueltas. El tamaño de la malla debe conformarse a las especificaciones dadas por el fabricante. De todos modos, no se deberán superar las medidas de 10x12cm.
- **Alambre:** todo el alambre utilizado en la fabricación de la malla y en las operaciones de alambrado durante la construcción serán de alambre de acero suave y tendrá una resistencia promedio a la tracción de 40 kg/mm². El diámetro mínimo utilizado en la fabricación de la malla para colchoneta será de 2.20mm y en malla para gavión propiamente dicho 3.00mm
- **Manta geotextil:** se colocaron los cestos vacíos directamente sobre un Manta Geotextil la que estará ubicada sobre el suelo de cimentación previamente emparejado y firme. La manta Geotextil tendrá una permeabilidad de 0.5 y una densidad de 150 gr/m².

→ **Material de relleno:** las canastas de gaviones serán llenadas con material gruesos, cantos rodados o material de cantera con un peso específico mayor a 2.3tn/m³. El tamaño de material de relleno será superior al de la máxima abertura de la malla y no mayor a 2 veces dicha abertura, de preferencia no serán menores de 15cm, ni mayores a 30cm.

El material para rellenar los gaviones deberá ser duro sólido y no deberá sufrir alteraciones como consecuencia de estar expuestos al agua y a la intemperie, deberá estar libre de óxido de hierro, de alcalinidad o de sales que puedan atacar el alambre.

→ **Ejecución de trabajo:** los cestos de trabajo se colocaran sobre la malla Geotextil la que estará ubicada en el suelo de cimentación previamente emparejado, siguiendo el esquema de emplazamiento señalado en los planos; luego se rellenaran con la piedra seleccionada que se acomodará por capas sucesivas.

A medida que se adelanta el relleno de cesto serán necesarios colocar tirantes de alambre en sentido horizontal, del mismo grueso de la malla, para unir las caras opuesta del gavión y evitar deformaciones debidas a la presión del material suelto.



Estos tirantes se colocaran a 30cm en sentido vertical y de 60 a 90cm en sentido horizontal, la posición de una hilada con la siguiente, deberá atarse firmemente a los alambres de ambos costados del cesto. Cuando el gavión se ha llenado, se lo cerrará.

También deberá coserse las aristas con las de los gaviones contiguos. Este cosido se realizara, por lo menos en 3 puntos de los lados cortos (alto y profundidad), y por lo menos en 5 puntos en lado largo (longitud), de tal manera de garantizar el funcionamiento de la estructura como unidad.

• **Equipamiento mínimo necesario para la ejecución de la obra:**

A continuación se detallan los equipos mínimos a tener en cuenta para poder ejecutar cada ítem descripto anteriormente, y son:

- Cargador frontal de 2m³
- Topadora tipo D7-R
- Camión con volquete de 6m³
- Retroexcavadora tipo cat320
- Cargadora y retroexcavadora tipo cat416
- Motocompactor 10hp
- Motoniveladora 115hp
- Acoplado tanque de 5000lts con barra de riego
- Rodillo pata de cabra de dos cuerpos
- Rodillo neumático de 11 ruedas
- Rastra tipo rome
- Tractor tipo fiat 900
- Camión con volquete 6m³ e hidrogua
- Hormigonera vuelco de 240lts
- Equipo topográfico: estación total
- Botiquín de primeros auxilios
- Electro bomba sumergibles
- Grupo electrógeno de 16hp

VI.4. CÁLCULOS:

VI.4.1. Cálculo de Colectora Máxima cloacal.

El cálculo de la colectora se realiza con un caudal de diseño a 20 años. Usamos el caudal a 26 años para estar del lado de la seguridad y brindar un servicio con la misma proyección y durabilidad que las lagunas facultativas.

Se analiza el primer tramo E-1 a fin de demostrar la forma de cálculo. Se adjunta en **Anexo 7** Planillas de cálculo cloacal y planos.



Tramo E-1

Longitud del tramo: 126m

Cota superior del terreno: 100

Cota inferior del terreno: 99.29

Pendiente del terreno: $i = (100 - 99.29) / 126 = 0.0056$

Caudal máximo: 1095.84 m³/seg

1095840 lts/seg

Caudal mínimo: 441.80 m³/seg

441800 m³/seg

Diametro adoptado Ø315

Cota de proyecto Superior: 98.25

Cota de proyecto Inferior: 97.74

Pendiente de Proyecto: $i = (98.25 - 97.74) / 126 = 0.0040$

Para determinar la tapada, se determinó una tapada media, siendo el promedio de tapada superior e inferior, es decir:

Tapada superior: $98.25 - 100 = 1.75$

Tapada inferior: $97.74 - 99.29 = 1.55$

Tapada media: 1.65m

Caudal máximo: $(315/1000)^{(8/3)} * 0.0040^{0.5} * 0.305 / 0.013 = 0.068 \text{ m}^3/\text{seg}$

68.16 lts/seg

Fuerza tractiva: $690 * 0.013^{0.46} * 441.80^{0.375} * 0.040^{0.8125} = 10.35 \text{ kg/m}^2$

Verificar la fuerza tractiva mínima $F_t = 0,1 \text{ kg/m}^2$

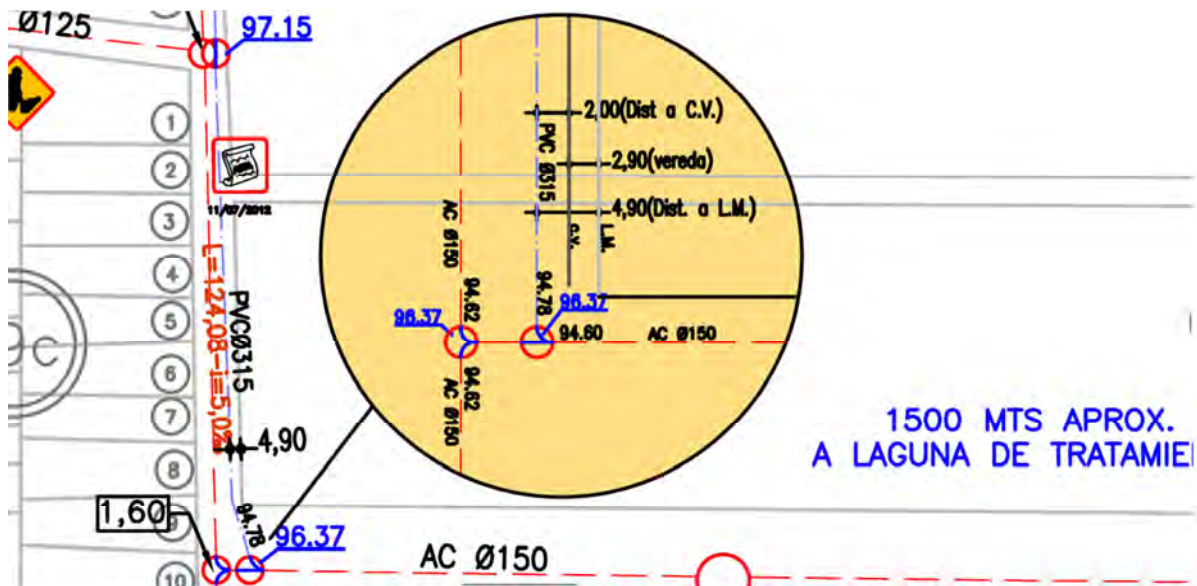
$$F_t = \gamma R i$$

Siendo γ la densidad del agua en Kg/m³

U_{max}: $0.61 * 1095.84^{0.25} * 0.0040^{0.375} / 0.013^{0.75} = 11.497 \text{ m/seg}$

El cálculo verifica para una cañería de diámetro Ø 200 mm.

La boca de registro a la cual nos vamos a empalmar, posee un caño de PVC Ø 315 mm. Es por ello que adoptamos un diámetro similar para mejorar la instalación y extender su vida útil.



VI.4.2. Cálculo de Lagunas Facultativas.

Se redacta el procedimiento que se realizó para el cálculo y dimensionado de la laguna, como así también, se detallará todos los factores que se tuvieron en cuenta para poder llegar a un resultado coherente y satisfactorio para que este proyecto se pueda llevar a cabo en la localidad de San Carlos sin ningún inconveniente.

En todo el proceso se tuvo en cuenta las situaciones más desfavorables, de tal manera que estas lagunas facultativas tengan un periodo de uso muy prolongado.

Desarrollo

Paso N°1:

Población: Como se estableció anteriormente la población de diseño para la ejecución de la obra “Lagunas de estabilización” de la localidad de San Carlos es de **3805** personas, tomando como periodo de diseño 26 años. Por lo tanto, según nuestro esquema de cálculo obtenemos:

- $N = 3085$ habitantes.

Paso N°2:

Producción de agua residual: La determinación de los caudales de agua residual a eliminar de una determinada población es fundamental a la hora de proyectar las instalaciones para su recogida, tratamiento y evacuación.

De cara a la obtención de un diseño adecuado a las necesidades, y de cara también a la minimización y equitativo reparto de los costos entre los diversos municipios



agrupados para tratar conjuntamente sus residuos, es preciso conocer datos fiables sobre los caudales que se quiere tratar.

En el caso de la localidad de San Carlos los datos obtenidos, provienen de la empresa Aguas del Norte.

Finalmente según estos datos, se optó por trabajar con una producción de agua residual según:

- $q = 0.20 \frac{m^3}{\text{dia} \cdot \text{hab.}}$

Paso N°3

Caudal del afluente a los 26 años: este paso hace referencia al caudal en la cual va a ingresar a las lagunas facultativas en un periodo de 26 años, teniendo en cuenta la población futura o de diseño, como así también la producción de agua residual. Por lo tanto obtenemos como resultado, lo siguiente:

- $Q_{26} = N * q = 3805 \text{ hab.} * 0.20 \frac{m^3}{\text{dia} \cdot \text{hab}} * 0.8 = 608.80 \frac{m^3}{\text{dia}}$
- $Q_{26} = \text{Caudal del afluente a los 26 años}$

El caudal a 26 años será entonces de 608.8 m³ por día. Valor obtenido de la multiplicación de la cantidad de habitantes por el consumo diario por habitantes y un factor de reducción por el agua que ingresa a la vivienda y se pierde en forma de riego, consumo, evaporación, etc. que representa el 80 % del valor total.

Paso N°4

Numero de series y cálculo de su respectivo caudal: se optó por trabajar y dimensionar un conjunto de lagunas que trabajen con dos series y en paralelo. Por lo tanto el caudal que tome cada serie será la mitad del caudal afluente a los 26 años, es decir:

- $N^{\circ}S = 2 = \text{Numero de series}$
- $Q_1 = Q_{26} / N^{\circ}S = 608.8 \frac{m^3}{\text{dia}} / 2 = 304.4 \frac{m^3}{\text{dia}}$
- $Q_1 = \text{caudal afluente de serie N}^{\circ}1$

Se obtuvo el caudal afluente de la serie N°1, en donde la serie N°2 trabajará con un mismo caudal afluente. Por lo tanto:

- $Q_1 = Q_2 = \text{caudal afluente de la serie N}^{\circ}2$

Paso N°5

Concentración orgánica del afluente: La finalidad del tratamiento del



líquido cloacal es disminuir su carga contaminante a niveles compatibles con las características del cuerpo receptor. Esta contaminación se debe a la carga orgánica y bacteriológica que posee, la cual se encuentra suspendida y disuelta en el líquido cloacal.

Este proyecto, en un futuro, trabajará de forma eficiente, separando la materia orgánica del líquido a tratar. Esta carga orgánica se utiliza como parámetro de control de la eficiencia del sistema representada mediante el DBO (demanda biológica de oxígeno). Junto con la materia orgánica se elimina su carga bacteriológica.

Por lo tanto partiendo de los datos estadísticos de la localidad, se adopta una carga orgánica del afluente según:

- $$La = 240 \frac{mg\ DBO_5}{Lt}$$

Paso N°6

Concentración orgánica aplicada a los 26 años: Es la carga orgánica total del afluente recibida por las lagunas primarias a lo largo de los 26 años proyectados. Se obtiene a partir del producto de:

- $$La_{26} = La * Q_1 = (240 \frac{mg\ DBO_5}{Lt} * 304.40 \frac{m^3}{dia}) / 1000 = 73.06 \frac{kg\ DBO_5}{dia}$$

Los pasos anteriormente desarrollados corresponden tanto a lagunas primarias como secundarias; a partir del siguiente paso, se realizarán los cálculos de dimensionado por separado.

A.-Para lagunas primarias:

Paso N°7A

Temperatura de masa líquida en Lagunas Facultativas: Para el cálculo de la temperatura de la masa líquida se realizó de dos maneras empíricas, descritas en el marco teórico, en el capítulo V.

De los datos obtenidos anteriormente en el climograma la temperatura media anual es de 16.1°C, y en los meses más fríos 10°C. Partiendo de base con este dato, a continuación se presenta dos opciones de cálculo.

Opción A: Este método se realiza cuando no se dispone los datos necesarios para su cálculo. Por lo tanto la normativa ENHOSA recomienda lo siguiente:

- $T = Tai + 3°C = 10°C + 3°C = 13°C$
- $T =$ Temperatura promedio de la masa líquida para el mes más frío expresada en °C
- $Tai =$ Temperatura del aire en el mes más frío expresada en °C



Opción B: Método del balance calórico de Eckenfelder

- $T_1 = \frac{T_{ai} + \frac{T_a * H_1}{f * t_1}}{1 + \frac{H_1}{f * t_1}}$ = Temperatura de la masa líquida en laguna.
- T_{ai} = Temperatura promedio del aire del mes más frío.
- T_a = Temperatura del afluente
- t_1 = Periodo de retención (días) = V/Q
- V = Volumen de la laguna (m^3)
- Q = caudal ($m^3/días$)
- f = Factor de transferencia de calor Aire – Agua
- H_1 = Tirante de laguna.

En donde, se adoptó

- $T_{ai} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_{aft} = 9 \text{ }^\circ\text{C}$
- $F = 0.5$
- $H_1 = 2.5 \text{ m}$

Y se calculó Periodo de Retención Hidráulico.

- $t_1 = \frac{v}{Q_1} = 12000 \text{ m}^3 / 304.40 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 39.42 \text{ días}$

Por lo tanto reemplazando todos los valores, la fórmula final es:

- $T_1 = \frac{10 \text{ }^\circ\text{C} + \frac{9 \text{ }^\circ\text{C} * 2.5 \text{ m}}{0.5 * 39.42 \text{ días}}}{1 + \frac{2.5 \text{ m}}{0.5 * 39.42 \text{ días}}} = 9.89 \text{ }^\circ\text{C}$

Finalmente se optó dimensionar con la situación más desfavorable (menor temperatura), es decir que se tuvo en cuenta *Opción B*, en donde se obtuvo como resultado:

- $T_1 = 9.89 \text{ }^\circ\text{C}$

Paso N°8A

Carga orgánica superficial: depende de la cantidad de oxígeno producido por las algas en las lagunas diseñadas, que al mismo tiempo está en función de la fotosíntesis.

Solamente un porcentaje de la energía solar, que irradia a la superficie de una laguna facultativa, es utilizado por las algas como resultado de su eficiencia de conversión.

En el cálculo realizado, se tomó en cuenta tres cargas superficiales, y son:

Carga orgánica superficial límite según CEPIS:



- $C_{scepis} = 357,4 * 1,085^{(T_1-20)}$
- $C_{scepis} = 357,4 * 1,085^{(9,89^{\circ}C-20)} = 156,63 \frac{KG DBO_5}{dia*ha}$
- T_1 = Temperatura de masa liquida en Lagunas Facultativas

Carga orgánica superficial limite según MARAYS:

- $C_{smarays} = 20 * Tai - 60 = 20 * 10^{\circ}C - 60 = 140 \frac{KG DBO_5}{dia*ha}$
- Tai = Temperatura promedio del aire del mes más frio.

Carga orgánica superficial limite según recomendaciones de normativa

ENOHSA:

- $C_{sENOHSA} = 220 \frac{KG DBO_5}{dia*ha}$

Finalmente luego de calcular por los tres métodos, se decidió realizar un promedio entre las tres cargas superficiales. Se obtuvo como resultado lo siguiente:

- $C_s = 172,21 \frac{KG DBO_5}{dia*ha}$

En el dimensionamiento de la laguna se realiza dos cálculos:

- **TEORICO**
- **REAL**

El dimensionamiento **TEORICO** se lo calculó con la carga orgánica a los 26 años, La_{26} , y con la carga superficial correspondiente descripta anteriormente.

El dimensionamiento **REAL**, se lo calculo adoptando dimensiones largo – ancho, respetando una relación entre ambos, es decir:

- Relación : $X = L / C$
- L = Largo
- C = Ancho

Una vez adoptados, se determina su área superficial liquida como así también, el volumen real que tendrá las lagunas primarias y secundarias.

Paso N°9A

Área y volumen TEORICO líquido de la laguna:

Se desarrolla el cálculo TEORICO, (el cálculo REAL se realiza en Paso N°10)

Una vez obtenida la carga superficial, se calcula lo siguiente:



Área superficial de cada laguna primaria:

- $A_{1teorico} = La_{26} / Cs = 73.06 \frac{kg\ DBO_5}{dia} * 172.21 \frac{KG\ DBO_5}{dia*ha} = 4242.28 m^2$

Volumen de cada laguna primaria:

- $V_{Teorico} = A_1 * H_1 = 4242.28 m^2 * 2.5m = 10605.70 m^3$

Paso N°10A

Área y volumen líquido REAL de la laguna: Como ya se describió en el paso anterior, se adoptan las dimensiones geométricas:

Área superficial de cada laguna primaria:

- $C = 40\ m$
- $X = L / C = 3$

por lo tanto:

- $L = C * X = 40m * 3 = 120m$

finalmente:

- $L = 120m$

Volumen de cada laguna primaria:

- $V = L * H_1 * C = 120m * 2.5m * 40m = 12000 m^3$

Paso N°11

Tiempo de permanencia hidráulica y real: en lagunas facultativas el tiempo de residencia hidráulico teórico cae en el rango de 25 a 180 días.

La actividad biológica en dichas lagunas está muy influida por las características de la circulación del agua. Cuando se proyecta una laguna facultativa se calcula el tiempo necesario para alcanzar un determinado grado de depuración.

Este tiempo se denomina tiempo teórico de retención, y resulta de dividir el volumen de la laguna por el caudal de agua a tratar que recibe. Aunque este dato es importante, desde el punto de vista de la depuración lo que importa es si realmente todo el material que entra en la laguna permanece en ella durante ese tiempo, o si hay diferencias importantes en el tiempo que una parte u otra del fluido permanece en la laguna.

Cuando esto ocurre, la fracción que atraviesa rápidamente el estanque alcanza un grado menor de estabilización que la que permanece embalsada durante más tiempo. Estas diferencias en el tiempo real de residencia provocan siempre la disminución de la eficacia de la depuración.



La circulación del agua a través de la laguna viene afectada por la forma y tamaño de ésta, la situación de entradas y salidas, velocidad y dirección de los vientos dominantes.

Por lo descripto anteriormente se calculó el tiempo de permanencia hidráulico y real.

Tiempo de permanencia real = Fue calculado en paso N°6

Tiempo de permanencia hidráulico:

$$\bullet R_1 = \frac{2}{3} * t_1 = \frac{2}{3} * 39.42 \text{ días} = 26.28 \text{ días}$$

Los siguientes pasos están destinados al cálculo acerca de la eficiencia bacteriológica para lagunas PRIMARIAS. Para esto, se utilizó: Modelo de flujo de disperso- Método THIRIMURTHI.

Paso N°11A

Se determina la Concentración de coliformes fecales en líquido efluente de lagunas PRIMARIAS:

$$\frac{C}{C_0} = \frac{4 * a_1 * e^{\left(\frac{1-a}{2*d_1}\right)}}{(1+a)^2}$$

- C = Numerador de ecuación para cálculo de concentración de coliformes fecales en líquido efluente de laguna PRIMARIA
- Co = Denominador de ecuación para cálculo de concentración DBO5 en líquido afluente de laguna PRIMARIA
- e = Logaritmo neperiano = 2,718281828
- $a_1 = (1 + 4 * Kt * t_1 * d_1)^{0.5}$ = Coeficiente de cálculo.
- $Kt = K_0 \times \phi^{(T_1-20)}$ = Constante de degradación Bacteriana para T_1
- ϕ = Coeficiente de Arrhenius p/remoción Bacteriana = 1.070
- $K_0 = 0.41$ = Cte. de remoción bact. a 20 ° C (día^{-1})

Ambos coeficientes K_0 y ϕ fueron obtenidos de la teoría dictada por la cátedra

- $d_1 = \frac{X}{X^2 * 1.013 + X * 0.253 - 0.261}$ = Factor de dispersión hidráulica.
- $X = L/C$ = Relación largo – ancho = 3

Una vez definidos los parámetros, se procede a calcular cada ítem:

- $Kt = 0.41 * 1.070^{(9.89-20)} = 0.21$
- $d_1 = \frac{3}{3^2 * 1.013 + 3 * 0.253 - 0.261} = 0.31$



Por lo tanto podemos obtener:

$$\bullet a_1 = (1 + 4 * 0.16 * 39.42 \text{ dias} * 0.31)^{0.5} = 3.34$$

Por ende:

$$\bullet \frac{C}{C_0} = \frac{4 * 2.24 * 2,718281828^{\left(\frac{1-3.34}{2 * 0.31}\right)}}{(1+3.34)^2} = 0.02$$

Ahora, se sabe que el Número más probable de coliformes fecales por 100 ml en líquido crudo es 15000000. Es decir que:

$$\bullet N_0 = 15000000 \frac{NMP}{100 \text{ ml}}$$

Finalmente se determina la Concentración de coliformes fecales en líquido efluente de lagunas PRIMARIAS.

$$\bullet N_1 = \frac{C}{C_0} * N_0 = 0.02 * 15000000 \frac{NMP}{100 \text{ ml}} = 248862.64 \frac{NMP}{100 \text{ ml}}$$

Determinación de la eficiencia orgánica para lagunas PRIMARIAS mediante: Modelo de flujo de disperso- método THIRIMURTHI –

Paso N°12A

Determinamos Concentración del DBO_5 total del líquido aplicada a laguna secundaria

$$\frac{C}{C_0} = \frac{4 * a_1 * e^{\left(\frac{1-a}{2*d_1}\right)}}{(1 + a)^2}$$

- C = Numerador de ecuación para cálculo de concentración de coliformes fecales en líquido efluente de laguna PRIMARIA
- Co = Denominador de ecuación para cálculo de concentración DBO_5 en líquido afluente de laguna PRIMARIA
- e = Logaritmo neperiano = 2,718281828
- $a_1 = (1 + 4 * Kt * R_1 * d_1)^{0.5}$ = Coeficiente de cálculo.
- $Kt = K_0 \times \phi^{(T_1-20)}$ = Constante de degradación Bacteriana para T_1
- ϕ = Coeficiente de Arrhenius p/remoción Orgánica = 1.044
- $K_0 = 0.13$ = Constante de remoción orgánica a 20 ° C (día- 1)
- $d_1 = \frac{X}{X^2 * 1.013 + X * 0.253 - 0.261}$ = Factor de dispersión hidráulica.
- $X = L/C$ = Relación largo – ancho = 3

Se adopta una relación de:



- $\phi = \text{DBO5 Total} / \text{DBO5 Soluble} = 3.5$

Una vez definidos los parámetros, se procede a calcular cada ítem:

- $Kt = 0.32 * 1.044^{(9.89-20)} = 0.14$
- $d_1 = \frac{3}{3^2 * 1.013 + 3 * 0.253 - 0.261} = 0.31$

Por lo tanto podemos obtener:

- $a_1 = (1 + 4 * 0.08 * 39.42 \text{ dias} * 0.31)^{0.5} = 2.27$

Por ende:

- $\frac{C}{C_0} = \frac{4 * 2.27 * 2,718281828^{\left(\frac{1-2.27}{2 * 0.31}\right)}}{(1+2.27)^2} = 0.11$

De lo calculado se extrae la concentración orgánica del afluente (DBO):

- $La = 240 \frac{\text{mg DBO}_5}{\text{Lt}}$

Por lo tanto la Concentración del DBO5 soluble del líquido efluente de laguna PRIMARIA es:

- $La_{1-soluble} = \frac{C}{C_0} * La = 0.11 * 240 \frac{\text{mg DBO}_5}{\text{Lt}} = 23.78 \frac{\text{mg DBO}_5}{\text{Lt}}$

Finalmente la concentración del DBO5 total del líquido aplicada a laguna secundaria es:

- $La_{1-total} = \phi * La_{1-soluble} = 3.5 * 2378 \frac{\text{mg DBO}_5}{\text{Lt}} = 93.74 \frac{\text{mg DBO}_5}{\text{Lt}}$

B.-Para lagunas secundarias:

Para el cálculo de lagunas secundarias los primeros seis pasos serán idénticos al cálculo de las lagunas primarias. Los siguientes cálculos corresponden específicamente a las lagunas facultativas secundarias.

Paso N°7B

Temperatura de masa líquida en Lagunas Facultativas: el cálculo de la temperatura de la masa líquida se realizó de dos maneras empíricas, descriptas en el marco teórico, en el capítulo V.

Opción A: Este método se realiza cuando no se dispone los datos necesarios para su cálculo. Por lo tanto la normativa ENHOSA recomienda lo siguiente:

- $T = T_{ai} + 3^\circ\text{C} = 10^\circ\text{C} + 3^\circ\text{C} = 13^\circ\text{C}$
- $T =$ Temperatura promedio de la masa líquida para el mes más frío expresada en $^\circ\text{C}$



- T_{ai} = Temperatura del aire en el mes más frío expresada en °C

Opción B: Método del balance calórico de Eckenfelder

- $T_1 = \frac{T_{ai} + \frac{T_a * H_1}{f * t_2}}{1 + \frac{H_1}{f * t_2}}$ = Temperatura de la masa líquida en laguna.
- T_{ai} = Temperatura promedio del aire del mes más frío.
- T_a = Temperatura del afluente
- PR = Periodo de retención (días) = V/Q
- V = Volumen de la laguna (m^3)
- Q = caudal ($m^3/días$)
- f = Factor de transferencia de calor Aire – Agua
- H_2 = Tirante de laguna.

En donde, se adopto

- $T_{ai} = 10$ °C
- $T_a = 9$ °C
- F = 0.5
- $H_2 = 2.5$ m

Y se calculó Periodo de Retención Hidráulico.

- $t_2 = \frac{v}{Q_1} = 18000 \text{ m}^3 / 304.40 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} = 59.13$ días

Por lo tanto reemplazando todos los valores, la fórmula final es:

- $T_1 = \frac{10 \text{ °C} + \frac{9 \text{ °C} * 2.5 \text{ m}}{0.5 * 59.13 \text{ días}}}{1 + \frac{2.5 \text{ m}}{0.5 * 59.13 \text{ días}}} = 9.92$ °C

Finalmente se optó por trabajar y calcular el dimensionado con la situación más desfavorable, que es cuando tenemos menor temperatura, es decir que se tuvo en cuenta *Opción B*, en donde se obtuvo como resultado:

- $T_1 = 9.92$ °C

Paso N° 8B

Carga orgánica superficial: En el cálculo realizado, se tomó en cuenta tres cargas superficiales, y son:

Carga orgánica superficial límite según CEPIS:

- $C_{scepis} = 357,4 * 1,085^{(T_1 - 20)}$
- $C_{scepis} = 357.4 * 1.085^{(9.92 \text{ °C} - 20)} = 157.10 \frac{\text{KG DBO}_5}{\text{dia} * \text{ha}}$
- T = Temperatura de masa líquida en Lagunas Facultativas



Carga orgánica superficial limite según MARAYS:

- $C_{s\text{marays}} = 20 * T_{ai} - 60 = 20 * 10 \text{ °C} - 60 = 140 \frac{\text{KG DBO}_5}{\text{dia*ha}}$
- T_{ai} = Temperatura promedio del aire del mes más frío.

Carga orgánica superficial limite según recomendaciones de normativa

ENOHSA:

- $C_{s\text{ENOHSA}} = 220 \frac{\text{KG DBO}_5}{\text{dia*ha}}$

Finalmente luego de calcular por los tres métodos, se decidió realizar un promedio entre las tres cargas superficiales. Por lo tanto se obtuvo como resultado lo siguiente:

- $C_s = 172.36 \frac{\text{KG DBO}_5}{\text{dia*ha}}$

Paso N°9B

Área y volumen liquido TEORICO de la laguna:

Cálculo teórico: Una vez obtenidas la carga superficial, pasamos a calcular lo siguiente:

Área superficial de cada laguna primaria:

- $A_2 = La_{26} / C_s = 73.06 \frac{\text{kg DBO}_5}{\text{dia}} * 172.36 \frac{\text{KG DBO}_5}{\text{dia*ha}} = 5218.29 \text{ m}^2$

Volumen de cada laguna primaria:

- $V_{\text{Teorico}} = A_1 * H_1 = 5218.29 \text{ m}^2 * 2.5 \text{ m} = 13045.71 \text{ m}^3$

Paso N°10B

Área y volumen liquido REAL de la laguna: Como ya se ha descrito en el paso anterior, pasamos a adoptar las dimensiones geométricas:

Área superficial de cada laguna primaria:

Se adopta

- $C = 40 \text{ m}$
- $X = L / C = 4.5$

Por lo tanto:

- $L = C * X = 40 \text{ m} * 4.5 = 180 \text{ m}$

Adopto finalmente:

- $L = 180 \text{ m}$



Volumen de cada laguna primaria:

- $V = L * H_1 * C = 180m * 2.5m * 40m = 18000m^3$

Paso N°11B

Se calculó el tiempo de permanencia hidráulico y real.

Tiempo de permanencia real= Fue calculado en Paso N°7B

Tiempo de permanencia hidráulico:

- $R_1 = \frac{2}{3} * t_1 = \frac{2}{3} * 59.13 \text{ días} = 39.42 \text{ días}$

Los siguientes pasos están destinados al cálculo acerca de la eficiencia bacteriológica para lagunas SECUNDARIAS. Para esto, se utilizó: Modelo de flujo de disperso- Método THIRIMURTHI –

Paso N°12B

Se determina la concentración de coliformes fecales en líquido efluente de lagunas SECUNDARIAS:

$$\frac{C}{C_0} = \frac{4 * a_1 * e^{\left(\frac{1-a}{2*d_1}\right)}}{(1+a)^2}$$

- C = Numerador de ecuación para cálculo de concentración de coliformes fecales en líquido efluente de laguna SECUNDARIA.
- Co = Denominador de ecuación para cálculo de concentración DBO5 en líquido afluente de laguna SECUNDARIA
- e = Logaritmo neperiano = 2,718281828
- $a_1 = (1 + 4 * Kt * R_2 * d_2)^{0.5}$ = Coeficiente de cálculo.
- $Kt = K_0 \times \phi^{(T_2-20)}$ = Constante de degradación Bacteriana para T_2
- ϕ = Coeficiente de Arrhenius p/remoción Bacteriana = 1.070
- $K_0 = 0.41$ = Cte. de remoción bact. a 20 ° C (dia^{-1})
- $d_1 = \frac{X}{X^2 * 1.013 + X * 0.253 - 0.261}$ = Factor de dispersión hidráulica.
- $X = L/C$ = Relación largo – ancho = 4.5

Una vez definidos los parámetros, se procede a calcular cada ítem:

- $Kt = 0.41 * 1.07^{(9.92-20)} = 0.21$
- $d_1 = \frac{4.5}{4.5^2 * 1.013 + 4.5 * 0.253 - 0.261} = 0.24$

Por lo tanto podemos obtener:

- $a_1 = (1 + 4 * 0.21 * 59.13 \text{ días} * 0.21)^{0.5} = 3.36$



Por ende:

$$\bullet \frac{C}{C_o} = \frac{4 * 3.36 * 2,718281828^{\left(\frac{1-3.36}{2*0.21}\right)}}{(1+3.36)^2} = 0.002565$$

Finalmente se determina la Concentración de coliformes fecales en líquido efluente de lagunas SECUNDARIAS

$$\bullet N_1 = \frac{C}{C_o} * N_1 = 0.09 * 248862.64 \frac{NMP}{100 \text{ ml}} = 638.22 \frac{NMP}{100 \text{ ml}}$$

Ahora, se determinara eficiencia orgánica para lagunas SECUNDARIAS.
 Se lo determina mediante: Modelo de flujo de disperso- método THIRIMURTHI –

Paso N°12

Determinamos Concentración del DBO_5 total efluente de lagunas secundarias

$$\frac{C}{C_o} = \frac{4 * a_1 * e^{\left(\frac{1-a}{2*d_1}\right)}}{(1 + a)^2}$$

- C = Numerador de ecuación para cálculo de concentración de coliformes fecales en líquido efluente de laguna SECUNDARIA
- Co = Denominador de ecuación para cálculo de concentración DBO_5 en líquido afluente de laguna SECUNDARIA
- e = Logaritmo neperiano = 2,718281828
- $a_1 = (1 + 4 * Kt * R_1 * d_1)^{0.5}$ = Coeficiente de cálculo.
- $Kt = K_0 \times \phi^{(T_1-20)}$ = Constante de degradación Bacteriana para T_1
- ϕ = Coeficiente de Arrhenius p/remoción Bacteriana = 1.044
- $K_0 = 0.13$ = Cte. de remoción bact. a 20 ° C (dia^{-1})
- $d_2 = \frac{X}{X^2 * 1.013 + X * 0.253 - 0.261}$ = Factor de dispersión hidráulica.
- $X = L/C$ = Relación largo – ancho = 4.5

Se adopta una relación de:

$$\bullet \phi = DBO_5 \text{ Total} / DBO_5 \text{ Soluble} = 3.5$$

Una vez definidos los parámetros, se procede a calcular cada ítem:

$$\bullet Kt = 0.13 * 1.044^{(9.92-20)} = 0.08$$

$$\bullet d_2 = \frac{4.5}{4.5^2 * 1.013 + 4.5 * 0.253 - 0.261} = 0.21$$

Por lo tanto podemos obtener:



$$\bullet a_1 = (1 + 4 * 0.21 * 59.13 \text{ dias} * 0.08)^{0.5} = 2.28$$

Por ende:

$$\bullet \frac{C}{C_0} = \frac{4 * 2.28 * 2,718281828^{\left(\frac{1-2.28}{2 * 0.21}\right)}}{(1+2.28)^2} = 0.04$$

Por lo tanto la Concentración del DBO5 soluble del líquido efluente de laguna SECUNDARIA es:

$$\bullet La_{2-soluble} = \frac{C}{C_0} * La_{1-total} = 0.04 * 93.74 \frac{mg \text{ DBO}_5}{Lt} = 3.81 \frac{mg \text{ DBO}_5}{Lt}$$

Finalmente la concentración del DBO₅ total del líquido efluente de las lagunas secundarias es:

$$\bullet La_{2-total} = \phi * La_{2-soluble} = 3.5 * 3.81 \frac{mg \text{ DBO}_5}{Lt} = 13.33 \frac{mg \text{ DBO}_5}{Lt}$$

Se adjunta en **Anexo 8** Planillas de cálculo de las lagunas facultativas y sus respectivos planos.

Se presenta un cuadro donde se pone en manifiesto las verificaciones correspondientes, de acuerdo a los resultados obtenidos:

DESCRIPCION	UNIDADES	DENOMINACION	RESULTADOS	VALORES LIMITES
CONCENTRACION DE COLIFORMES FECALES (en salida de lagunas secundarias)	(NMP / 100 ml)	N2	638	1000 NMP como máximo para para riego irrestricto
CONCENTRACION DE DBO5 SOLUBLE (en salida de lagunas secundarias)	(mg / l t)	$La_{2-soluble}$	3.81	25
CONCENTRACION DE DBO5 TOTAL (en salida de lagunas secundarias)	(mg / l t)	$La_{2-total}$	13.33	<50



PERMANENCIA HIDRAULICA REAL DEL SISTEMA	(días)	Rt	65.70	20 días mínimo para para riego irrestringido
EFICIENCIA BACTERIOLOGICA	%	Es	100	EMIN = 90 %
EFICIENCIA ORGANICA	%	E_{DBO}	92.27	EMIN = 75 %

Se llega a la conclusión que luego de realizar el dimensionado correspondiente de las lagunas se puede decir que se cumple con todos los parámetros mencionados en la tabla anteriormente. Dichos parámetros fueron extraídos de la normativa ENOHS.

Finalmente se pudo cumplir con los objetivos del proyecto y principalmente logrando la no contaminación del Rio Calchaquí.

VI.4.3. Resalto en canaleta Parshall

Es un elemento primario de flujo con una amplia gama de aplicaciones para medir el flujo en canales abiertos. Usado para medir el flujo en ríos, canales de irrigación y/o de desagüe, salidas de alcantarillas, aguas residuales, vertidos de fábricas, etc.

Es un dispositivo eficiente de Mezcla Rápida que consiste en tres secciones:

- Sección de convergencia.
- Sección de la garganta.
- Sección de divergencia.

Su funcionamiento está basado en la asunción que el flujo crítico produce estrechando la anchura de la garganta de la canaleta y levantando la base; este efecto obliga al agua a elevarse o a remansarse, proceso que debido a la aceleración del flujo se permite establecer una relación matemática entre la elevación del agua y el gasto.

Lo interesante de esta forma es que la altura del tirante de agua que fluye por el canal de Parshall es proporcional al caudal. Es decir, la altura del agua que se mide indica el caudal (los litros por segundo) que entran por este dispositivo.

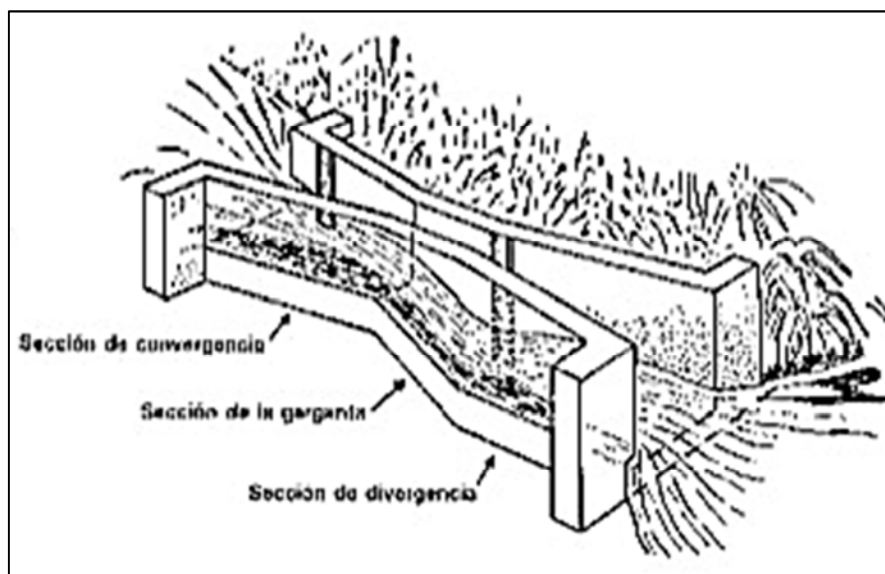
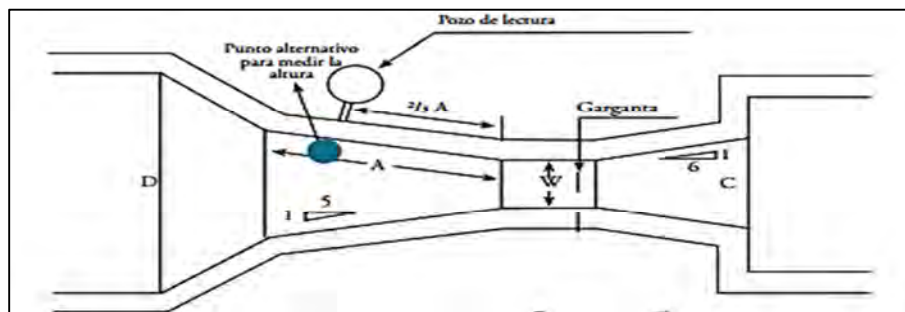
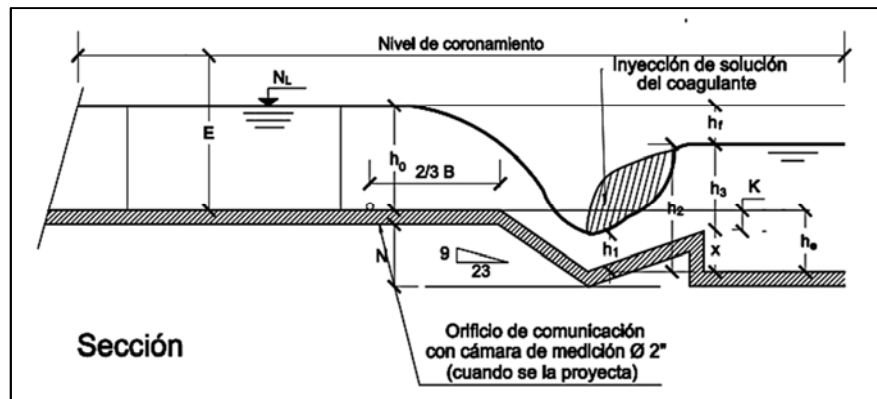
Se determina la altura en el pozo de lectura o pozo de calma. Este punto se encuentra a 2/3 de la longitud completa de la entrada (A), medurado de la garganta hacia la entrada del canal.

Se puede medir la altura del tirante de agua dentro del canal paralelamente al pozo de lectura, en caso de no existir.

La altura del agua determinada en este punto se usa para establecer el flujo. Para eso se requiere la tabla que corresponde al ancho de la garganta de Parshall, y que muestra para las diferentes alturas del tirante el caudal, a veces también se entregan un cálculo con lo que se usa la altura para calcular el caudal.

La tabla generalmente la realiza la compañía que construyó el canal de Parshall. En su defecto, también se puede calibrar el canal, para sí mismo a través de, por lo menos, cuatro mediciones del tirante de agua en el pozo de lectura con un caudal conocido.

Las relaciones profundidad-caudal para canaletas Parshall de diferentes tamaños, tal como se calibraron empíricamente nos permiten conocer G (la energía que disipa la sección) y el tiempo de mezcla.





1)-Características del medidor Parshall

W	A	B	C	D	E	F	G	K	N	Capacidades [l/s]		Exponentes de cálculo		
										Max.	Min.	K	n	
3"	7,6	46,6	45,7	17,8	25,9	38,1	15,2	30,5	2,5	5,7	0.85	53.8	0.176	1.547
6"	15,2	62,1	61,0	39,4	40,3	45,7	30,5	61,0	7,6	11,4	1.52	110.4	0.381	1.580
9"	22,9	88,0	86,4	38,0	57,5	61,0	61,0	45,7	7,6	22,9	2.55	251.9	0.535	1.530
1'	30,5	137,2	134,4	61,0	84,5	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	3.11	455.6	1.522	0.690
1 1/2'	45,7	144,0	142,0	76,2	102,6	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	4.25	696.2	1.538	1.054
2'	61,0	152,5	149,6	91,5	120,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	11.69	936.7	1.426	1.550
3'	91,5	167,7	164,5	122,0	157,2	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	17.26	1426.3	2.182	1.566
4'	122,0	183,0	179,5	152,2	193,8	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	36.79	1921.5	2.935	1.578
5'	152,5	198,3	194,1	183,0	230,3	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	62.60	2422.0	3.728	1.587
6'	183,0	213,5	209,0	213,5	268,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	74.40	2929.0	4.515	1.595
7'	213,5	228,8	224,0	244,0	303,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	115.40	3440.0	5.306	1.601
8'	244,0	244,0	239,2	274,5	340,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	130.70	3950.0	6.101	1.606
10'	305,0	274,5	427,0	366,0	457,9	122,0	91,5	183,0	15,3	34,3	200.00	5660.0	6.997	1.610

En la figura anterior las letras indican las siguientes dimensiones de la estructura:

W Tamaño de la garganta

A Longitud de la pared lateral de la sección convergente

B Longitud axial de la sección convergente.

C Ancho del extremo aguas debajo de la canaleta a la salida de la sección divergente.

D Anchura del extremo aguas arriba de la canaleta a la entrada de la sección divergente.

E Profundidad de la canaleta.

F Longitud de la garganta.

G Longitud de la sección divergente.

K Diferencia de la elevación entre el extremo más bajo de la canaleta y la cresta

P Anchura entre los extremos de las paredes curvadas, en la entrada, en forma de campana.

R Radio de curvatura de las paredes acampanadas.

X Distancia horizontal al punto de medición Hb, desde el punto inferior de la garganta.

Y Distancia vertical al punto de medición Hb, desde el punto inferior de la garganta.

Conociendo el caudal actual y el caudal futuro, tenemos el caudal mínimo y máximo respectivamente dato de entrada a la tabla anterior.

$$Q_{\max} = 761 \text{ m}^3/\text{día} = 8,8276 \text{ L/seg}$$



$$Q_{\min} = 508,4 \text{ m}^3/\text{día} = 5,9 \text{ L/seg}$$

Las dimensiones correctas de la canaleta Parshall para esos caudales serán:

$$W = 1 \frac{1}{2}'' = 45,7 \text{ cm}$$

$$A = 1,026$$

$$B = 0,762$$

$$C = 1,448$$

$$D = 1,419$$

$$E = 1,610$$

$$F = 0,914$$

$$G = 0,914$$

$$H = 0,229$$

$$K = 0,076$$

$$X = 0,051$$

$$Y = 0,076$$

Cálculo de caudal

$$Q = C * (H_a)^n$$

Para $W = 45,7 \text{ mm} = 1 \frac{1}{2}''$

$$C = 1,448 \quad n = 1,054$$

Q	Ha
16,40	10
34,05	20
52,20	30
70,69	40
89,43	50
108,38	60



CAPITULO VII - EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL

VII.1. Alcances

El presente estudio de evaluación ambiental analiza los impactos al medio ambiente natural y social que originará las nuevas lagunas de estabilización. Con esta finalidad, se entenderá previamente como ambiente natural aquello conformado por los componentes físico, geológico y biológico. Bajo esta premisa, se definirán los factores ambientales y sociales, analizándose su incidencia por la puesta en marcha del proyecto en su fase de operación. En este análisis no se incluye la valorización económica del costo social del proyecto.

VII.2. Identificación de los factores ambientales

La actual situación de tratamiento no permite disponer de agua para aprovechamiento o uso que cumpla con los requerimientos de las normas de calidad existentes. Sin embargo, hasta la fecha el uso de los efluentes residuales sin tratamiento o parcialmente tratados ha sido permanente, sin considerar los efectos nocivos que pudiese causar a la población el uso en agricultura de aguas con altos niveles de contaminación bacteriológica.

Las condiciones actuales de transporte, tratamiento y disposición final han provocado una serie de impactos negativos al medio ambiente en general. A continuación se señalan los factores ambientales y sociales directamente involucrados en el proyecto, a fin de evaluar y contrastar esta situación con lo que ocurre actualmente.

a) Factores ambientales:

- Olores
- Contaminación de aguas superficiales
- Contaminación del acuífero
- Organismos patógenos
- Vectores de transmisión de enfermedades
- Contaminación por residuos sólidos

b) Factores relativos al impacto social:

- Territorio: Uso inadecuado del territorio
- Aspectos socioculturales:

Calidad de vida de la población

Empleos o trabajos que se generan en la zona



Infraestructura sanitaria

VII.3. Predicción de las consecuencias ambientales por implementación del proyecto

La implementación del proyecto de la planta de tratamiento permitirá reducir y eventualmente eliminar las actuales consecuencias ambientales por la falta de cobertura de tratamiento de aguas residuales en la localidad de San Carlos.

A continuación se señalan las consecuencias originadas por la situación actual y se predicen los efectos que se producirán en cada uno de los factores ambientales seleccionados anteriormente con la implementación del proyecto.

Factores ambientales

- **Olores:** Los sistemas actuales constituidos, han provocado malos olores por la producción de gases asociados a condiciones anaerobias por sobrecarga orgánica a los sistemas de tratamiento.

Con el nuevo proyecto, estos factores ambientales serán reducidos. Se ha diseñado un conjunto de lagunas del tipo facultativas que permitirán eliminar la actual presencia de gases y malos olores. No obstante, se debe indicar que cualquier deficiencia producida en las lagunas por un descuido en su operación y mantenimiento, podría eventualmente provocar malos olores pero muy focalizados, vale decir, en el entorno de las instalaciones de tratamiento. De tal forma que el operador de la planta debe tomar las medidas necesarias para prevenir o mitigar estos efectos adversos.

- **Contaminación de aguas superficiales:** De acuerdo con los antecedentes hidrogeológicos disponibles, el río CALCHAQUI, permite ser utilizado para riego del valle y para dar de beber a animales. Este curso de agua natural es cuerpo receptor de las instalaciones de tratamiento existentes, de forma que existen riesgos de contaminación de sus aguas.
- **Contaminación del acuífero:** En la zona del proyecto se constata la presencia del nivel estático de las aguas subterráneas a una profundidad comprendida entre los 2 y 3 m.

Todos los desagües existentes tienen como disposición final el riego de suelos agrícolas alimentados por canales que reciben estos efluentes. Así, el uso de las aguas residuales sin tratar o parcialmente tratadas, podría estar produciendo una eventual contaminación de la napa subterránea. Por otro lado, en la zona del proyecto no existen planes de aprovechamiento de agua subterránea con fines de abastecimiento. Con la implementación de la nueva planta, los riesgos potenciales de contaminación de la napa se verían reducidos y/o eliminados, debido al sistema de impermeabilización que se adoptara en las lagunas de estabilización.

- **Organismos patógenos:** La presencia de altas concentraciones de organismos patógenos en las aguas residuales, y el excedente no tratado, significan un alto riesgo para la salud de las personas que están expuestas al contacto con las aguas residuales en



las labores agrícolas, y en menor grado de las personas que consumen los productos regados con estas aguas.

Se espera que con la mayor cobertura en tratamiento y dadas las características de los procesos utilizados en que se dispondrán de períodos de retención altos, la reducción de organismos patógenos en las lagunas de estabilización, permitirá disminuir al mínimo los riesgos para la salud.

- **Vectores de transmisión de enfermedades:** Condiciones adversas de operación han generado la proliferación de insectos y roedores susceptibles de transmitir al ser humano enfermedades infectocontagiosas.
- **Contaminación por residuos sólidos:** La situación actual de tratamiento no permite remover adecuadamente los sólidos groseros (plásticos, trapos, restos de madera, roedores muertos, etc.) de las aguas residuales. Los caudales no tratados tienen un importante contenido de estos sólidos que, conducidos por los canales de riego, son finalmente depositados en los terrenos agrícolas. Al considerar mejoras dentro de la planta actual (instalación de cámara de rejillas y limpieza periódica) más la habilitación de la nueva planta de tratamiento, se retendrá la mayor parte de los sólidos groseros presentes en las aguas residuales.

Factores relacionados con el impacto social

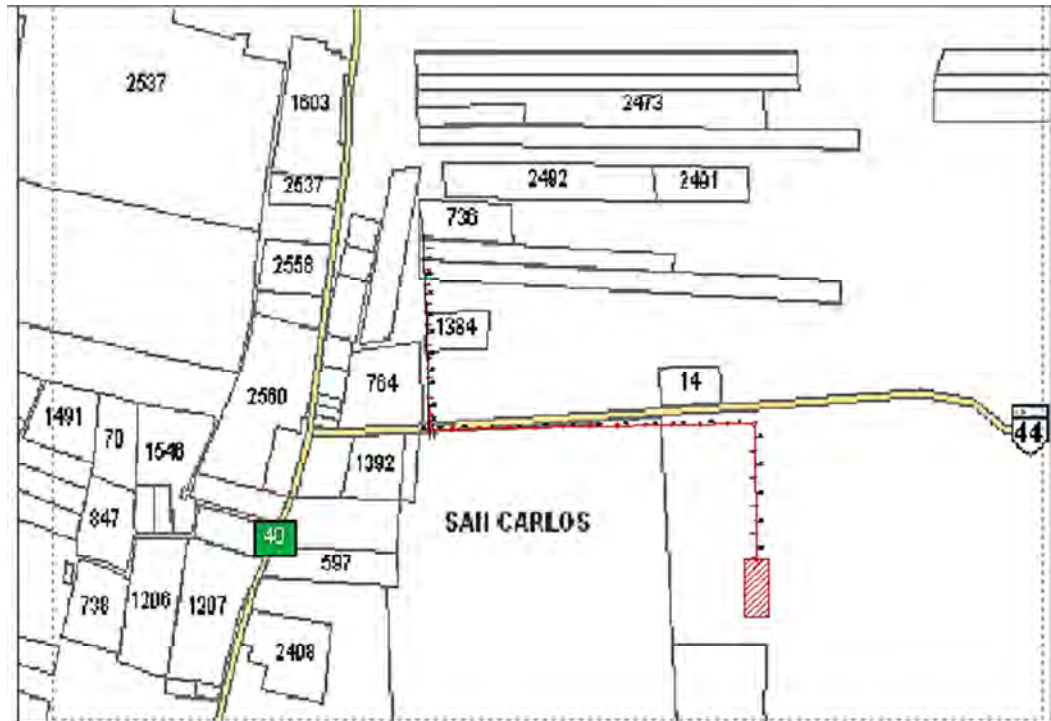
Territorio

- **Uso inadecuado del territorio:** Desde el punto de vista ambiental, la actual situación constituye un riesgo sanitario, tanto para los consumidores de productos regados con estas aguas como para los trabajadores agrícolas que se exponen en forma directa.
- **Terrenos para la planta de tratamiento:** Para la elección de la ubicación de la planta de tratamiento, se han considerado los requisitos propios de las normas generales de diseño, así como las restricciones impuestas por los distintos estamentos públicos y privados.

En lo relativo al aspecto técnico, se optó por un lugar cuya área fuese suficientemente extensa, fuera de la influencia urbana, tanto de viviendas existentes como de las extensiones contempladas en el futuro por los planes de desarrollo urbano de la municipalidad. De igual forma, se ha considerado la influencia del cauce, la calidad del terreno y su uso alternativo. En este caso, se optó por terrenos eriazos de bajo valor agrícola, cuyo uso para cultivos es incierto.

Cabe señalar que previamente a decidirse por esta ubicación, se habían estudiado otras alternativas de localización, pero por recomendación del Servicio Nacional de Agua Potable y Alcantarillado (SENAPA), fijó su ubicación actual, que constituye el lugar disponible más cercano de la ciudad y que no constituye ningún inconveniente desde el punto de vista ambiental. Por el contrario, su ubicación permitirá incorporar zonas potencialmente aptas para el uso agrícola.

Cabe destacar que no será necesario expropiar ningún terreno privado como se observa en el croquis.



Aspectos socioculturales:

- **Calidad de vida de la población:** Indudablemente, el hecho de no disponer de un sistema adecuado de tratamiento de las aguas residuales, provoca un deterioro en la calidad de vida de la población. Ya se ha comentado en el presente proyecto que estos efectos negativos están asociados a la transmisión de enfermedades. Por esta razón, es imprescindible implementar una solución integral de saneamiento que reduzca la contaminación, contribuya a disminuir los niveles de enfermedades diarreicas y parasitosis, controlando los factores asociados a las aguas residuales y que además permita un uso sanitario de los efluentes de la planta para su aprovechamiento en actividades agropecuarias en una zona en que el recurso hídrico es deficitario. Con la puesta en marcha de la nueva planta, se estaría cumpliendo con estos objetivos. Por consiguiente, su implementación debe prosperar por encima de otros intereses.
- **Empleos o trabajos que se generan en la zona:** La construcción de la planta trae como consecuencia la generación de empleos, por lo que beneficiara a los residentes de la localidad.

VII.4. Evaluación

Ventajas ambientales de la construcción del proyecto: Con la ejecución del proyecto se pretende eliminar la contaminación hídrica a que está expuesto el medio ambiente y en particular el actual uso en riego.



Se debe tomar en cuenta que conforme a estudios hidrogeológicos del área investigada, no existe disponibilidad de agua superficial como fuente para riego, con lo cual la implementación de la nueva planta en el lugar propuesto permitirá ampliar la frontera agrícola, favoreciendo el acondicionamiento de terrenos actualmente desérticos con limitada aptitud para riego y con carencia actual de irrigación.

A lo anterior se agrega un mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes en cuanto a garantizar una protección a los factores de riesgos para la salud asociados al mal manejo de las aguas residuales y a su uso indiscriminado.

En definitiva, la ejecución de este proyecto mejorará sustancialmente las condiciones de saneamiento de la localidad de San Carlos. Por consiguiente, su impacto ambiental será positivo.

VII.5. Medidas de mitigación de impactos ambientales negativos

Ante un eventual incumplimiento de las exigencias reglamentarias sobre la calidad de los efluentes, se deberá tomar algunas medidas precautorias que permitan predecir dichos efectos. Para ello, deberá contemplarse un plan de monitoreo de la calidad de las aguas residuales crudas y tratadas.

Los parámetros que revisten mayor interés desde el punto de vista práctico para el control de la planta son los siguientes:

- Oxígeno disuelto
- Temperatura del agua
- PH
- DBO
- Coloración de las lagunas
- Coliformes fecales

En cuanto al análisis de la coloración, el operador debe ser capaz de emitir algún juicio respecto al comportamiento de las lagunas, según lo señalado en el manual de operaciones y mantenimiento.

Este plan de monitoreo deberá ser rutinario y concordar con lo expuesto en el Manual de Operaciones y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento.

Se debe mantener una rutina periódica de mantenimiento de cada una de las unidades:

- Limpieza periódica de las obras de llegada
- Mantenimiento de las lagunas libre de sólidos flotantes.
- El material removido de las unidades debe ser enterrado para evitar su contacto con vectores.
- Limpieza del material vegetal que pueda proliferar en los taludes de los diques.
- Remoción de lodos de las lagunas, con frecuencia de cada 5 a 10 años.



VII.6. Prevención de olores

Los malos olores pueden producirse por sobrecargas orgánicas (mayores a las previstas en el diseño), por una escasa población algal por falta de nutrientes, por cargas violentas o por cambio en el tipo de agua servida, como por ejemplo la presencia de una alta concentración de sulfatos, cloruros, etc. También pueden producirse ante una mala operación y mantenimiento.

El problema de malos olores se puede solucionar agregando los nutrientes que faltan, los cuales pueden conocerse haciendo un análisis químico del agua. Los nutrientes principales que deben estar presentes en la laguna son los nitratos y fosfatos. Los procedimientos de prevención de malos olores se indican en el manual de operación y mantenimiento de la planta.

VII.7. Recomendaciones

1. Desde el punto de vista ambiental, sería conveniente promover la forestación perimetral en la planta, especialmente en el área de influencia de los vientos predominantes. Esto garantizará una mitigación de eventual producción de malos olores.
2. Siguiendo las indicaciones expuestas en el manual de operación y mantenimiento, se recomienda llevar un control estricto de la calidad de los efluentes tratados.
3. Se contempla una serie de recomendaciones de carácter constructivo previstas por el CEPIS, en cuanto a mejorar las condiciones hidráulicas de las lagunas (distribución de caudales, impermeabilización de las unidades).



CONCLUSIÓN

El presente trabajo muestra una alternativa de bajo costo, a comparación de otras posibles soluciones, es muy viable y pondría fin a los graves problemas de contaminación mejorando la calidad del medio ambiente.

En cuanto al impacto ambiental suscitado por la construcción de la nueva planta, se debe concluir que si ésta es operada y mantenida correctamente, es posible predecir que desde el punto de vista de su localización geográfica, la planta no ocasionará ningún problema ambiental (proliferación de malos olores, presencia de vectores, etc.), tanto a los agricultores de las zonas aledañas como a la población.

Por otro lado, tampoco se producirán impactos negativos a la napa subterránea, debido a que se contemplará un sistema de impermeabilización que evite una posible infiltración de las aguas residuales hacia el subsuelo.

Por todo lo expuesto podemos concluir que con la ejecución de esta obra, la localidad de San Carlos resultaría sumamente beneficiada.



BIBLIOGRAFIA

Manual de Normas de estudio sobre desagües cloacales - Oscar Carnabucci – Ministerio de Economía Obras y Servicios

<https://www.google.com.ar/maps/@-25.9178495,-65.9378079,6124m/data=!3m1!1e3>

[https://es.wikipedia.org/wiki/Departamento_de_San_Carlos_\(Salta\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Departamento_de_San_Carlos_(Salta))

[http://www.fbioyf.unr.edu.ar/evirtual/pluginfile.php/2784/mod_resource/content/0/2_Aguas_residuales_protegido .pdf](http://www.fbioyf.unr.edu.ar/evirtual/pluginfile.php/2784/mod_resource/content/0/2_Aguas_residuales_protegido.pdf)

http://appweb.inta.gov.ar/w3/prorenoa/ssd_vc/

<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/031278/031278-a.pdf>

https://periagua.webmo.info/img_auth.php/a/a6/Gu%C3%ADa_de_Operaci%C3%B3n_y_Mantenimiento_de_Lagunas_de_Oxidaci%C3%B3n_en_Plantas_de_Tratamiento_de_Aguas_Residuales.pdf

.....
José Martín Sassarini

.....
Facundo Francisco Mamani



ANEXOS

Anexo 1

Detalle de boca de registro tipo

Anexo 2

Red cloacal existente

Anexo 3

Plano de la casilla

Anexo 4

Planilla de movimiento de suelo

Plano de corte de la laguna

Anexo 5

Planos de rejas y compuertas

Anexo 6

Planos de Dispositivos de Entrada y Salida

Anexo 7

Planilla de cálculo cloacal

Planos de colectora

Anexo 8

Planilla de cálculo de lagunas

Planos de lagunas

Anexo 9

Cómputo y presupuesto

Anexo 10

Plan de trabajo y Curva de inversión