

# PROYECTO DE SANEAMIENTO Y APROVECHAMIENTO DE LA QUEBRADA SARTENEJAS, MUNICIPIO BARUTA.

INFORME PRELIMINAR. NOVIEMBRE, 2008.





## **EQUIPO DE TRABAJO**

### **DIRECCIÓN**

Urbta. MSc. Roger Martínez

### **RESPONSABLES**

Ing. Tomás Hernández C.I.V. 7818

### **ASISTENTE**

Urbta. María Carolina Rodríguez

## **ESTUDIO PRELIMINAR SANEAMIENTO Y APROVECHAMIENTO DE LA QUEBRADA SARTENEJAS ESTADO MIRANDA**

### **1.- GENERALIDADES:**

El presente trabajo es un estudio preliminar de orientación para mitigar la polución provocada por los cuerpos de aguas servidas íntimamente ligado al saneamiento de las áreas a que pertenecen. El caso que nos ocupa corresponde a la hoya tributaria de la quebrada Sartenejas, la cual constituye un curso de agua natural importante del Sur Oeste de la zona Metropolitana de Caracas, que actualmente recoge los efluentes de aguas servidas y los gastos de aguas de lluvia de una extensa zona Urbana, compartida con usos Educativo y Habitacional, ocupada por la Universidad Simón Bolívar y las urbanizaciones El Placer y Monte Elena.

Es de hacer notar que los sistemas de recolección de las aguas servidas están a cargo de Hidrocapital C.A. quien es la encargada de mantener y articular la red de colectores primarios sobre los diferentes cursos de agua, tales como caños, ríos y quebradas. En el área de influencia de la quebrada Sartenejas existen focos de contaminación muy puntuales ocasionados por aguas servidas, sobre los cuales el Consejo Comunal de la Urbanización El Placer (CONCOPLA), mediante la Comisión de Salud y Ambiente han solicitado una colaboración para la elaboración técnica de un proyecto de saneamiento mediante el embaulamiento de la quebrada, que capte y recoja tanto las aguas servidas de la Urbanización El Placer, como las de La Universidad Simón Bolívar, con el fin de eliminar los focos de polución y contaminación existentes, que actualmente afectan el ambiente de ambos sectores.

### **1.1.- OBJETO:**

El estudio preliminar ha sido propuesto con el objeto de orientar a los entes involucrados, fijando estrategias básicas y definiendo criterios de ingeniería que sirvan de apoyo para la elaboración de un Plan Maestro de saneamiento para la cuenca, incluyendo vertientes distintas a las de la quebrada Sartenejas que fluyan a su área de influencia, donde se determinen las prioridades para posibles acciones y actividades de construcción para un sistema de conducción, captación o de tratamiento, para la disposición final de las aguas servidas de ambos entes.

El objeto del Plan es el de consolidar una base técnica que determine el destino final de las aguas servidas y la de aportar los datos necesarios a fin de emprender un plan de trabajo y de inversiones que sirva para la elaboración de la ingeniería de detalle para la infraestructura del proyecto definitivo y su posterior construcción de las obras que este plan pueda generar.

Las actividades que engloba este estudio son las siguientes:

- . Evaluación de la situación actual de los sistemas de recolección de las aguas servidas involucrados en la cuenca de la quebrada Sartenejas.
- . Propositiones para emprender acciones correctivas relativas a los focos de contaminación encontrados, que resuelvan el problema de manera inmediata.
- . Crear las bases adecuadas para proponer un sistema de recolección de las diferentes descargas de aguas servidas a lo largo del curso de la quebrada, así como lo relacionado con un posible tratamiento de las aguas servidas, que garantice un servicio de saneamiento adecuado.
- . Elaborar un plan de obras civiles y de inversiones que deberán ser acometidas para la rehabilitación de los sistemas de recolección y el posible tratamiento

que se requiera para atender a la población futura de la cuenca de la quebrada Sartenejas.

## **2.- CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL DESARROLLO DEL PLAN:**

El presente estudio pretende dar los lineamiento básicos para implementar un plan de saneamiento para la cuenca de la quebrada Sartenejas y su contenido debe presentar una visión global de la situación actual y proponer a nivel de anteproyecto, planes complementarios sin llegar al detalle, que deberán ser soluciones para la elaboración de los proyectos (ingeniería de detalle) antes de su posterior construcción.

### **2.1.- Bases fundamentales del plan de saneamiento:**

- . Elección del sistema y zonas urbanas con servicio de cloacas.
- . Población a servir con horizonte de 22 años (2008-2030)
- . Análisis del un plan rector del uso de la tierra, actual y futuro.
- . Estimación de la demanda, relacionada con el agua potable.
- . Aportes estimados de las aguas servidas, educacionales, domésticas y de otros orígenes. Determinación de los gastos de diseño.
- . Calidad de los vertidos para el control de las descargas.
- . Análisis para determinar el uso de colectores marginales o primarios, con estudios de ruta, con gastos de diseño, definiendo el tamaño de los conductos de acuerdo al material a utilizar, de donde saldrán las cantidades de obras que apoyaran al plan.
- . Determinación del posible tratamiento de las aguas servidas, estimando el tipo que se requiera, la posible ubicación y tamaño de la misma.

- . Determinación de las posibles etapas de construcción.
- . Estimación de los posibles costos de obras civiles, de recolección, tratamiento y disposición final, determinados en base a cantidades de obra y/o índices de construcción de obras complementarias.

### **2.1.1.-ELECCIÓN DEL SISTEMA:**

Se ha escogido un sistema separado, donde las aguas de lluvia se drenarán por un sistema y las aguas servidas por otro, que es lo correspondiente al presente estudio. Para ello disponemos de las aguas residuales domésticas, educacionales e industriales en menor cuantía.

Las razones para esta determinación fueron las siguientes:

- . El destino final de las aguas residuales es una Planta de Tratamiento. Un sistema distinto al separado, dificulta su operación,
- . Permite el aprovechamiento de los sistemas de recolección de las aguas negras existentes.

Las vertientes distintas a la quebrada Sartenejas a futuro, tendrán que ser respetadas y deberán adaptarse al sistema de conducción o tratamiento que se establezca para el saneamiento de quebrada Sartenejas.

. Otra característica importante son las descargas finales de la red de cloacas de los desarrollos involucrados, con aguas residuales domésticas, educacionales y también industriales que no sean agresivas a los conductos y a los sistemas biológicos de tratamiento.

. Los malos empotramientos que puedan encontrarse en esta cuenca, son cuantificables y fácilmente controlables con las leyes, obligando a los usuarios a incorporarse al sistema.

. El sistema separado es más económico para la recolección de las aguas servidas, por lo tanto tienen mejores posibilidades para resolver el problema sanitario del sector y por ende el del Sur-oeste de Caracas.

### **2.1.2.- Zonas urbanas con servicio de Cloacas:**

. La quebrada Sartenejas es afluente de la quebrada La Guairita y es también uno de los cursos de aguas naturales de Sur-oeste del área metropolitana de Caracas, receptor de aguas servidas, lo cual genera contaminación con problemas de salubridad importantes para los pobladores, aun contando con redes de recolección formalmente construidas.

La Universidad Simón Bolívar, que ocupa un área importante de la cuenca, también cuenta con un sistema de recolección que vierte sus aguas hacia la quebrada Sartenejas. El conjunto de edificaciones educacionales deportivas y administrativas son consumidoras de un importante gasto de agua potable que luego va al sistema de recolección, constituyendo uno de los objetivos más importante para la determinación de la calidad y cantidad de agua servida que es vertida a la cuenca.

Por otra parte, existe la urbanización El Placer que tiene un sistema propio de recolección, el cual se mantiene en la zona prestando un servicio eficiente para aquellas parcelas que drenan hacia las vías urbanas donde existen colectores, pero las ubicadas por debajo de las calzadas, drenan directamente a la quebrada o hacia los colectores de drenaje de aguas de lluvia que se ubican en los terrenos de las fachadas posteriores de las viviendas y actualmente son descargadas al sistema de alcantarillado de aguas de lluvia de La Universidad Simón Bolívar.

### 2.2.1. Población a servir con horizonte de 22 años (2008-2030)

Para determinar la población a servir, con un horizonte estimado en 22 años, dividiremos los usos urbanos considerados en: Educativa, constituida por las edificaciones educacionales, alumnos, personal administrativo y obrero de la Universidad Simón Bolívar y las edificaciones de uso habitacional, constituidas por las viviendas y habitantes de la urbanización el Placer.

### 2.2.2.- Estimaciones de población y usos de la tierra:

#### .- Universidad Simón Bolívar, Sede Sartenejas:

Con el fin de estimar la población educacional cuantificable en el tiempo y aceptable para definir los aportes de las aguas servidas objeto de este estudio, decidimos partir de los datos que manejamos, basados en la matrícula del primer trimestre del año 2008, a pesar de que los programas educacionales que en esta universidad se imparten tienen variaciones en los tres trimestres restantes. Por ello consideramos prudente hacer una estimación de población, uniendo la matrícula anual o trimestral con el personal docente, administrativo, y obrero, que son personas que también conviven a diario dentro del recinto universitario y así lograr obtener el valor que se percibe. Por otra parte consideramos que la matrícula varía cada año y esta incrementada porque en Sartenejas convive el 60% de la matrícula de la sede Litoral. Valores considerados en los cálculos para la elaboración del Cuadro N° 1

Datos suministrados: Área bruta de la cuenca a considerar de 260.00 Ha. área ocupada por zonas verdes 182.00 Ha. (70 % de la Cuenca) y el área ocupada por edificaciones educativas, deportivas y administrativas de la Universidad Simón Bolívar (24 % de la Cuenca).

#### Datos suministrados:

Matrícula Enero-Marzo 2.008

Pregrado 6.413 Alumnos (1)

Postgrado 3.037 Alumnos

Ciclo Iniciación Universitaria 199 Alumnos

Sede Litoral 19.69% de Pregrado 1.263 Alumnos

Datos suministrados: Departamento de servicio de Información (DECE)-2008

Profesores: 1.256 Personas

Empleados: 976 Personas

Obreros: 348 Personas

Población Total Sede de Sartenejas: 10.912 Alumnos 80.87 %

2.580 Personal 19.12 %

**POBLACIÓN TOTAL 13.492 Personas.**

**Conclusión:** El 80 % de la población educacional corresponde a la estudiantil, y el 20 % corresponde al personal que labora dentro de la Universidad, donde el 50 % son profesores, el 35 % son empleados y el 15 % restantes son Obreros.

**Estimación de la población:** La población máxima en el horizonte del año 2.030, para el cálculo de los aportes de aguas servidas de la cuenca universitaria se ha estimado en 15.000 Personas, sin conocer de planes académicos a futuro.

**POBLACIÓN TOTAL FUTURA 15.000 Personas.**

**.- Urbanización El Placer:**

Datos suministrados: Área urbana a considerar aproximada 63.00 Ha.

Ubicada en la margen derecha de la quebrada  
Sartenejas y Monte Elena al Suroeste de la U.S.B.  
Zona Residencial Unifamiliar.

Población residente para el año 2.003 fue estimada  
en 1.903 habitantes, distribuida en sectores con  
densidades variables entre 12 y 28 hab./Ha Bruta.

Para el caso que nos ocupa es suficiente estimar una tasa de crecimiento promedio anual, dentro del rango que se maneja en el resto del país, considerando además que la zona está estabilizada y aplicándose a este

sector del Municipio Baruta, se puede calcular el crecimiento poblacional, mediante la fórmula:  **$P_f = P_a \times (1 + r)^n$**

Donde: (Pa) - Población actual (año 2.003)

(Pf) - Población futura (año 2.008 a año 2.030)

(r) - Rata de crecimiento anual de 1.44 %

(n) - Número de años (5 y 22 años)

.- Estimaciones futuras de población para la población urbana:

<b>Año</b>	<b>Población hab.</b>
2.003	1.903
2.008	2.044
2.030	2.606

### **3.- PLAN RECTOR DE USOS DE LA TIERRA ACTUAL Y FUTURO**

Los usos de los suelos en esta parte del Suroeste del área Metropolitana de Caracas están definidos y reglamentados por la Ordenanza Municipal y existen zonas protectoras dentro de la cuenca, que la mantienen estable como son las establecidas por condiciones topográficas.

Es de hacer notar que dentro del Plan Rector que adelanta la Alcaldía del Municipio Baruta sin aprobar, solo consideran un Plan Especial de desarrollo Urbano Local, relacionado con el Casco Central de Baruta que incluye el Proyecto de Ordenanza de zonificación del sector y abarcando la urbanización La Trinidad. No se contempla modificaciones en la Ordenanza, hacia el sector de la cuenca de la quebrada Sartenejas.

EL Plan de Desarrollo Urbano del Municipio vigente es del año 1.998. Este Plan no ha sido aprobado formalmente. Algunas de las estrategias que aduce para la distribución de la población y ocupación del espacio, están orientadas a: Promover en sectores ya desarrollados, densidades de población moderada y

se refieren a las urbanizaciones La Trinidad, Santa Paula, Vizcaya y Colinas de Tamanaco. No se hace mención a la cuenca de la quebrada Sartenejas.

Por otra parte se refieren a incentivar desarrollos en los sectores de La Tahona, Las Esmeraldas, La Bonita y Charallavito, por considerar que en estos sectores existen áreas de expansión con posibilidades de ser incorporadas a nuevos desarrollos urbanos, con dotación de servicios.

#### **4.- ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA RELACIONADA CON AGUA POTABLE:**

Los gastos de agua servida de los diferentes desarrollos urbanos provienen del sistema de abastecimiento de agua potable, destinados en términos generales al uso doméstico, comercial, industrial, educacional e institucional. En este aparte nos dedicaremos solo a estimar las demandas de agua potable para los entes involucrados en el saneamiento propuesto, para desarrollar este estudio preliminar.

En el Cuadro N° 1 anexo a esta memoria se presentan estas estimaciones de consumos de agua potable elaborado por el Departamento de Planificación Urbana en el año 1994 actualizado con elaboración propia al año 2008.

##### **4.1.- Universidad Simón Bolívar, Sede Sartenejas:**

En el Cuadro N°1 se han adelantado cálculos de los consumos diarios actuales, partiendo de dotaciones normalizadas y de consumos facturados por Hidrocapital C. A. con fines de comparación. En este sentido logramos establecer una dotación diaria por alumno o por persona que conviven dentro del recinto universitario, a razón de 110 Lts/pers/día. Valor que usaremos ajustados con las estimaciones de la población mencionada, elaboradas con los datos suministrados por la matrícula correspondiente al primer trimestre del año 2008.

#### 4.1.1.- Estimación de la demanda actual y futura:

<u>Dotación</u> Lts/pers/día	<u>Año</u>		<u>Población</u>		<u>Demanda Lts./día</u>	
	<u>Actual</u>	<u>Futuro</u>	<u>Actual</u>	<u>Futura</u>	<u>Actual</u>	<u>Futura</u>
110	2.008	2.030	13.492	15.000	1.484.120	1.650.000
<b>Gasto medio</b> .....					<b>17.18 L/seg.</b>	<b>19.10 L/seg.</b>
<b>Gasto máximo</b> .....					<b>42.95 L/seg.</b>	<b>47.75 L/seg.</b>

#### 4.2.- Urbanización El Placer:

De acuerdo al análisis poblacional elaborado para la urbanización El Placer se ha establecido una dotación de 300 Lts/pers/día para este tipo de urbanización conformada por viviendas aisladas con extensas áreas verdes incluidas dentro de esta dotación.

#### 4.2.1.- Estimación de la demanda actual y futura:

<u>Dotación</u> Lts/pers/día	<u>Año</u>		<u>Población</u>		<u>Demanda Lts./día</u>	
	<u>Actual</u>	<u>Futuro</u>	<u>Actual</u>	<u>Futura</u>	<u>Actual</u>	<u>Futura</u>
300	2.008	2.030	2.044	2.606	613.200	781.800
<b>Gasto medio</b> .....					<b>7.09 L/seg.</b>	<b>9.05 L/seg.</b>
<b>Gasto máximo</b> .....					<b>17.74 L/seg.</b>	<b>22.62 L/seg.</b>

#### 4.3.- Gasto medio y gasto máximo del acueducto:

El gasto medio y el gasto máximo de servicio de agua potable para ambos entes es el producto de la suma de los gastos correspondientes.

	<u>Actual</u>	<u>Futura</u>
<b>Gasto medio</b> .....	<b>22.45 L/seg.</b>	<b>27.08 L/seg.</b>
<b>Gasto máximo</b> .....	<b>56.13 L/seg.</b>	<b>67.71 L/seg.</b>

## **5.-CONCEPTOS FUNDAMENTALES:**

### **5.1.- Definición de colector Marginal o Primario:**

Un colector primario o marginal es un conducto que independiente de su forma, diámetro o sección, permite captar y conducir los efluentes de los colectores principales y secundarios de las redes de cloacas existentes que descargan directamente al curso de las quebradas y ríos, en nuestro caso es la quebrada Sartenejas.

La construcción de un colector primario o marginal permite la recolección apropiada para prestar un buen servicio y por ende permite un adecuado saneamiento a las áreas servidas. La finalidad de utilizar estos colectores es que tienen que conducir las aguas hasta otras zonas o hacia otros colectores primarios existentes o previstos en algún Plan Maestro, hasta depositarlo en una Planta de Tratamiento de aguas negras, cumpliendo su finalidad de mantener limpios los cursos y vertientes naturales de aguas.

### **5.2.- Hoyas tributarias o áreas contribuyentes:**

La determinación de la ruta y el alineamiento de un colector Marginal de aguas servidas, permite la asignación de las áreas que aportan los caudales de colectores o tramos de colectores existentes. Cada una de las divisorias que conforman y aglutinan el conjunto de estas áreas, se les denomina hoya tributaria.

## **6.- APORTES DE LAS AGUAS SERVIDAS:**

Los aportes de las aguas servidas son los diferentes caudales de agua diseñados o propuestos o determinados conforme a las Normas Generales de proyectos para los sistemas de alcantarillado, estipulados en la Gaceta Oficial N° 5318 del 6 de Abril del año 1.999.

## 6.1.- DETERMINACIÓN DE LOS GASTOS DE DISEÑO:

Los gastos de diseño de las aguas servidas de un sistema de recolección se determina y se calcula teniendo en cuenta la procedencia de diferentes aportes, partiendo de la premisa de que todo el sistema de recolección será del tipo separado. Para ello se han considerado los siguientes gastos.

- .- Gastos de aguas servidas Domiciliarias
- .- Gastos residuales Educativos, Comerciales e Industriales
- .- Gastos de Infiltración de los suelos por juntas defectuosas
- .- Gastos originados por Malos Empotramientos.

Para la determinación de las características físicas e hidráulicas de los colectores que tengan que ser propuestos o analizados en el desarrollo de este estudio, es necesario estimar los caudales de diseño de cada uno de los tipos de agua aportado.

### 6.1.a.- Gastos de aguas servidas domiciliarias

El caudal de diseño de este tipo de agua residual utiliza valores del gasto medio del acueducto, y viene afectado por un coeficiente de retorno y otro de mayoración, que viene dado en función de la población.

El gasto máximo de aguas negras de tipo domiciliario ( $Q_d$ ) viene dado por la

Fórmula: **a.-  $Q_d = Q_m \times R \times K$**

Donde: ( $Q_m$ ) - Gasto medio (promedio diario anual) del Acueducto.

( $k$ ) - Coeficiente de mayoración que es función de la Población y se expresa con la expresión

**$K = 1 + \{ 14 / (4 + \sqrt{P}) \}$**  donde P = Población en miles.

### **6.1.b.- Gastos de aguas servidas de diferentes procedencias:**

Dentro de este grupo y de acuerdo a su procedencia entran las aguas Comerciales, Educacionales, Institucionales, Asistenciales, Recreacionales e Industriales. Al gasto de diseño, se le asigna una dotación de agua potable y se obtiene un gasto del acueducto, valor que se multiplica por un coeficiente de retorno igual a 0.70.

Fórmula: **b.-  $Q_{cv} = Q_m \times R$**

Donde: (Q<sub>cv</sub>) - Gasto de agua residual de procedencia variada

(Q<sub>m</sub>) - Gasto medio (promedio diario anual) del Acueducto.

( R ) - Coeficiente de reingreso, igual a 0.70

### **.- Gastos totales de aguas servidas:**

El gasto total de aguas servidas (Q<sub>ts</sub>) para un determinado colector existente o propuesto, le corresponde un gasto máximo de diseño de aguas servidas de origen domestico más las de otros orígenes servidos por el acueducto.

Fórmula: **(Q<sub>ts</sub>) = Q<sub>d</sub> + Q<sub>cv</sub> = (Q<sub>m</sub> x R x K) + (Q<sub>m</sub> x R)**

### **6.1.c- Gasto de infiltración:**

El cálculo del gasto máximo de infiltración que va a los colectores de cloacas, se estima en base a un índice de infiltración, el cual viene dado por la longitud total de los colectores del sistema. Para ello se hace un estimado de la longitud de tubería de cada uno de los empotramientos de las viviendas involucradas en la red, siendo los límites de medición el frente de la parcela y el eje del colector más próximo. Luego se le añade la longitud total de los colectores del sistema y se determinan los aportes dentro del área involucrada.

Para este estudio se tomaron en cuenta los siguientes valores:

- . Índice de infiltración: 20.000 Lts /día / km de colector
- . Unidad de área considerada: 1.50 Ha Bruta
- . Número de empotramientos: 25 empotramientos
- . Longitud promedio de un empotramiento: 6.00 m
- . Longitud promedio de colector por unidad de área: 240 m.
- . Longitud promedio total por unidad de área: 390 m.

El gasto máximo por infiltración:

Fórmula: **c.-  $Q_{inf} = 0.06018 \times A$**

Donde: ( $Q_{inf}$ ) - Gasto estimado por infiltración en Lts/seg.

(A) - Área de la cuenca servida en ha.

#### **6.1.d.- Gasto por malos empotramientos:**

Para las estimaciones de los malos empotramientos se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

.- La intensidad de lluvia se estima para una frecuencia de 15 años, para un tiempo de concentración de 15 minutos, valor sacado de la curva de INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA de Corralito período 58-1965 (INOS) es de 100 mm/hr. y corresponde a un gasto unitario de 280 Lts./seg.

El gasto unitario por malos empotramiento es de 0.28 Lts./seg/Ha. y el gasto máximo por malos empotramientos que va a la red de cloacas es:

**d.-  $Q_{me} = 0.28 \times A$**

Donde: ( $Q_{me}$ ) - Gasto máximo por malos empotramientos.

(A) - Área de la cuenca servida en ha.

#### **6.1.e.- GASTO MÁXIMO DE DISEÑO:**

El gasto máximo de diseño (Q<sub>dm</sub>) para los colectores de cloacas que involucra este estudio se determina según la siguiente expresión:

$$\mathbf{e.- Q_{dm\acute{a}x} = Q_{ts} + Q_{inf} + Q_{me}}$$

Donde: (Q<sub>dm</sub>) - Gasto máximo de diseño aguas servidas.

(Q<sub>ts</sub>) - Gasto total de agua servida

(Q<sub>inf</sub>) - Gasto estimado por infiltración

(Q<sub>me</sub>) - Gasto máx. por malos empotramientos.

Todos los Gastos son en litros por segundo

#### **7.- CRITERIOS DE EVALUACIÓN:**

La evaluación hidráulica de los sistemas de aguas servidas involucrados en el estudio, consisten en determinar la capacidad de los colectores principales que descargan a la quebrada, identificando los diferentes trazados en planta verificando las características físicas e hidráulicas de cada uno de ellos y asignándoles los gastos máximos establecidos con las expresiones expuestas anteriormente. Los trazados utilizados para el caso de la Universidad Simón Bolívar corresponden a trabajos elaborados por la Escuela de Urbanismo y sus comprobaciones físicas en sitio, apoyadas con planos incompletos de la época en que se construyó la sede Sartenejas, elaborado por el antiguo Ministerio de Obras Públicas (DGDOP) y (DDEYPDE)-año 1975.

## **8- AREA DE SERVICIO DE LA QUEBRADA SARTENEJAS:**

### **Descripción general de la cuenca de la quebrada Sartenejas:**

#### **8.1.1.- Ubicación:**

La quebrada Sartenejas nace en el Valle de Sartenejas, en la cota 1.395 m.s.n.m., y cruza el Valle en terrenos de la Universidad Simón Bolívar. Al Norte de la vía de entrada a la cota 1.177.00 m.s.n.m. en un punto bajo cerca del cruce de la vía de acceso a Servicios Generales, se concentran las descargas finales de las aguas servidas y las aguas de drenaje del complejo universitario. Desde este punto, continua al Norte por una abertura ancha y despejada entre montañas, que colindan por la margen derecha con la urbanización El Placer y por la margen izquierda con terrenos de la Universidad Simón Bolívar. Al alejarse del lindero, el curso de agua discurre en sentido Sur-Norte desde la sede universitaria hasta la confluencia con la quebrada El Zanjón, situada a la entrada de los terrenos del Parque Jesús David Garmendia, conocido como Club de la Contraloría General de La República y desde este sitio continúa bajando hasta la confluencia con la quebrada Ojo de Agua y La Limonera, para transformarse en la quebrada La Guairita, esta última recoge las quebradas Manzanares, Ojo de Agua, El Zanjón, etc. y juntas conforman la vertiente principal del Sur-Oeste del área Metropolitana de Caracas.

#### **8.1.2.- Extensión de la Cuenca:**

La cuenca tributaria de la quebrada Sartenejas cubre una superficie aproximada de 260.00 ha. La Universidad se extiende sobre una parte de esta cuenca abarcando una superficie aproximada de 182.00 ha, donde 24.00 ha son las ocupadas por edificaciones educativas, deportivas y administrativas de la sede y el resto se ha destinado al desarrollo de áreas verdes de la Universidad.

La otra parte de la cuenca con una superficie estimada en 63.00 ha, se encuentra ocupada por las urbanizaciones de uso residencial unifamiliar representadas por los desarrollos de El Placer y Monte Elena, la primera ubicada a la margen derecha de la quebrada Sartenejas y la segunda localizada al Sureste de la sede, esta última no cuenta con una red de recolección de aguas servidas y la disposición final de las aguas se hace con sépticos individuales.

Resumiendo, el 70% de la cuenca tributaria se compone de extensas áreas verdes y zonas boscosas donde solo un 30% corresponde a los desarrollos educacionales y urbanos de tipo habitacional aislado.

### **8.1.3.- Análisis de los sectores que utilizan los servicios de recolección:**

La Universidad Simón Bolívar cuenta con una red de alcantarillado separada, la de recolección de aguas servidas y la de captación de aguas de lluvia, como se demuestra en los Planos #1 y #2, anexos a este estudio. Para el momento de su elaboración se ha podido cuantificar ciertas características físicas de los colectores existentes, referentes a diámetros longitudes y pendientes, sacados de la escasa información existente.

La Urbanización El Placer cuenta igualmente con una red de recolección y captación para las aguas servidas y las correspondientes a aguas de lluvia, identificables en los planos de construcción suministrados sacados de los archivos de Hidrocapital. Estas redes fueron construidas con tubos de concreto de diámetro mínimo de 8" (200 Cm) para la conducción de las aguas servidas, diámetro permitido por lo abrupto del terreno donde se desarrolla la urbanización.

### **8.1.4.- Colectores primarios o marginales de la quebrada Sartenejas:**

Existe un tramo del colector primario en la cuenca de la quebrada, y existen los planos de construcción de ese colector y como complemento existen los planos

de la red de cloacas de la urbanización El Placer. La identificación física, el estado actual de la parte construida y el análisis de la ingeniería aplicada para su construcción se presenta más adelante, en la parte conceptual de la definición final del problema. Es de señalar también que a lo largo del curso de la quebrada existen unas series de descargas de aguas servidas, directas al lecho de la quebrada, las cuales pertenecen tanto a Universidad Simón Bolívar, como a la urbanización El Placer.

Otro de los puntos que deben ser considerados dentro del estudio que se propone para el saneamiento de la cuenca de Sartenejas, es la parte educacional correspondiente a la escuela donde funciona un preescolar y educación primaria, perteneciente a la sede de Sartenejas, ubicado frente a la entrada principal de la Universidad, La escuela está dotada de un tanque de receptor de aguas servidas, dotado de un sistema para el licuado de los sólidos en suspensión. El sistema funciona con cuatro licuadoras, provistas de motor eléctrico que acciona un aspa colocada dentro del tanque o depósito que permite la homogenización de las aguas, con fines de evitar obstrucciones de los conductos de las cloacas. El efluente final sale por un conducto que descarga sobre una tanquilla que sirve de captación y distribución, desde ese punto, el residual final es conducido hacia la red de cloacas de la Universidad.

La descarga principal de la red de cloacas de la Universidad, está ubicada a la derecha de la vía de acceso, sitio donde también convergen las aguas de drenaje, creando prácticamente la naciente de un curso de agua natural que forma la quebrada Sartenejas y es donde comienza a formarse el abra natural de la misma.

En este sitio, la formación natural de la montaña en su parte baja presenta una topografía que inicialmente es ancha de poca pendiente y se extiende hacia adelante convergiendo con una longitud aproximada de 500 a 600 metros, extendiéndose más adelante hasta los 1150 metros. De allí en adelante se

localiza una zona de montaña rocosa de caídas abruptas hasta llegar a la confluencia con la quebrada El Zanjón.

Al inicio de la quebrada se ha formado un remanso de aguas servidas consolidando una pequeña laguna, que con la presencia de las aguas negras ha creado un foco contaminante, cuyos malos olores son acentuados en época de sequía y afectan el ambiente circundante.

Por otra parte las aguas servidas de la urbanización El placer que recogen los efluentes de las calles Sur 4, Sur 5 y Sur 6 se incorporan en tres lugares a un cajón de drenaje existente entre la vía de entrada a la universidad y el talud de la Urbanización El Placer el cual descarga al punto bajo mencionado anteriormente. Este canal presenta algunas obstrucciones por acumulación de basura y desechos vegetales que en época de lluvia su funcionamiento es deficiente e inunda la calzada de la vía de entrada y por ende afecta la carpeta de rodamiento del asfalto existente.

La calle Sur 6 descarga sus aguas directamente sobre la laguna que se forma al inicio de la quebrada Sartenejas, utilizando una tubería de PVC, colocada superficialmente por una vereda boscosa que baja desde la calle hasta el sitio de la laguna.

Siguiendo el curso de agua a su paso por el sector, existen tres descargas directas de los colectores de cloacas de la urbanización El Placer, que se ubican en la margen derecha de la quebrada Sartenejas. Continuando sobre el curso de la quebrada, el terreno presenta varias caídas y los taludes laterales mantienen una pendiente pronunciada, que no permiten detectar las salidas de las descargas existentes.

La verificación de su existencia se pudo hacer en la Bocas de Visita antes de comenzar la caída hacia la quebrada, ubicadas en las calles Sur 5, Norte 4-A y

la calle Norte 6, siendo la primera donde convergen los colectores que dan servicio a las calle Sur 1, 2, 3, 5 y 7, la calle La Iglesia y la calle Norte 3.

En resumen, la cuenca de la quebrada Sartenejas no se presenta con un adecuado sistema de recolección para las descargas finales de las aguas servidas de la urbanización El Placer, que garantice a los pobladores que viven en ella un buen servicio en la disposición final de estas aguas y que mantenga un saneamiento ambiental adecuado a sus habitantes. Los servicios de recolección existentes descargan en su totalidad los efluentes directamente sobre la quebrada, sin ningún tipo de tratamiento, provocando daños físicos y notorios al ambiente. Para regularizar el servicio de saneamiento, se justifica elaborar un Plan de desarrollo de obras civiles e hidráulicas que conlleven al saneamiento progresivo de las zonas habitacionales involucradas.

## **9.- CALIDAD DE LOS VERTIDOS PARA EL CONTROL DE LAS DESCARGAS:**

Es necesario tomar ciertas precauciones en relación a las descargas de aguas de tipo educacional e industrial, sobre todo en el caso de la Universidad Simón Bolívar, que tiene alrededor de dieciséis (16) laboratorios que son activados diariamente para cumplir con los estudios académicos, en operaciones de ensayos diversos y en análisis físico-químico de diferentes tipos, que tienen que ver con el uso de sustancias químicas, que combinadas con agua potable finalmente son vertidas al sistema de alcantarillado de cloacas. En tal sentido lo más indicado es que las aguas residuales educacionales e industriales vayan a colectores mediante un previo control individual a base de Normas Admisibles, que para casos especiales en industrias que requerirán de algún tipo de tratamiento antes de empotrarse a la cloaca, y siempre estarán sometidas a un control riguroso por parte de las autoridades competentes. En estos casos los materiales de las tuberías de conducción, los utilizados en las Plantas de Tratamiento, así como su personal de operación, deben ser protegidos para el buen funcionamiento de estos sistemas.

En el caso de los vertidos de laboratorios se manejan gran cantidad de productos y se efectúan diversas operaciones que conllevan la generación de residuos, en la mayoría de los casos peligrosos para la salud y el medio ambiente. Aunque el volumen de residuos que se generan en los laboratorios es generalmente pequeño en relación al proveniente del sector industrial, no por ello debe minusvalorarse el problema.

Unas adecuadas condiciones de trabajo en el laboratorio implican inevitablemente el control, tratamiento y eliminación de los residuos generados en el mismo, por lo que su gestión es un aspecto imprescindible en la organización de todo laboratorio.

Otra cuestión a considerar es la de los derrames, que si bien tienen algunos aspectos coincidentes con los métodos de tratamiento para la eliminación de residuos, la actuación frente a ellos exige la consideración de otros factores como la rapidez de acción, aplicación de métodos de descontaminación adecuados, etc.

Para una correcta realización de lo indicado es aconsejable designar personas responsables, así como facilitar una completa información a todo el personal del laboratorio sobre estos temas.

## **10.-Clasificación de los residuos**

El tipo de tratamiento y gestión de los residuos del laboratorio depende, entre otros factores, de las características y peligrosidad de los mismos, así como de la posibilidad de recuperación, de reutilización o de reciclado, que para ciertos productos resulta muy aconsejable. Considerando su peligrosidad se podrá establecer la clasificación siguiente:

### **10.1.1.-Residuos no peligrosos**

Estos residuos, considerando sus propiedades, pueden eliminarse mediante vertidos, directamente a las aguas residuales o a un vertedero. Si aún no

considerándose peligrosos, son combustibles, se pueden utilizar como combustibles suplementarios, como ocurre, por ejemplo, con los aceites, que, si son "limpios", se pueden eliminar mezclándolos con combustibles; los aceites fuertemente contaminados, en cambio, deberán ser procesados en función de los contaminantes que contengan (metales, clorados, etc.).

### **10.1.2.-Residuos químicos peligrosos**

**Combustibles:** Pueden utilizarse como combustible suplementario o incinerarse. Debe controlarse la posible peligrosidad de los productos de combustión.

**No combustibles:** Pueden verterse a las aguas residuales o vertederos controlados siempre que previamente se haya reducido su peligrosidad mediante tratamientos adecuados.

**Explosivos:** Son residuos con alto riesgo y normalmente deben ser manipulados fuera del laboratorio por personal especializado.

**Gases:** Su eliminación está en función de sus características de peligrosidad (tóxicos, irritantes e inflamables). Para su eliminación, deberán tenerse en cuenta las normativas sobre emisión existentes.

**Residuos biológicos:** Deben almacenarse en recipientes específicos convenientemente señalizados y retirarse siguiendo procesos preestablecidos. Normalmente se esterilizan y se incineran.

**Residuos radiactivos:** Para su eliminación deben considerarse sus características físico-químicas así como su actividad radiactiva y vida media (tiempo de semi-desintegración). Su almacenamiento debe efectuarse en recipientes específicos debidamente señalizados y deben retirarse de acuerdo a los procedimientos establecidos. Su gestión es competencia del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN).

Lo más indicado es que estas aguas residuales no vayan a los colectores de cloacas que tengan su vertido final en Plantas de Tratamiento junto con las aguas servidas domésticas, previo control y procedimientos generales de tratamiento y eliminación para sustancias y compuestos o grupos que por su

volumen o por la facilidad del tratamiento pueden ser efectuados en los laboratorios, agrupados según el procedimiento de eliminación más adecuado. Al mismo tiempo se debe generar una guía de sus descargas en base a Normas admisibles que mantengan la calidad del efluente para un posterior tratamiento.

### **10.1.3.- Como guía, se proponen las siguientes normas tentativas:**

Normas para el control de las descargas de las aguas servidas de tipo industrial, al sistema de cloacas. Estas normas deben impedir la descarga de los siguientes líquidos y sólidos que afecten al ambiente.

Se prohíbe descargar a la cloaca.

- 1.- Aguas pluviales, de drenaje, de enfriamiento sin sustancias nocivas.
- 2.- Sustancias sólidas, líquidas o gaseosas, que solas y en combinación con otras, sean de naturaleza inflamable o explosiva.
- 3.- Aceites y grasas.
- 4.- Sustancias químicas corrosivas o solventes ácidas o alcalinas.
- 5.- Sólidos, tanto orgánicos como inorgánicos, lodos o materiales viscosos que puedan causar obstrucción en los conductos de cloaca, o en ocasionar desgaste de equipos de bombeo o provocar interferencia en los sistemas de tratamiento, bien sea enteros o molidos.
- 6.- La descarga de isótopos radioactivos.
- 7.- Sustancias que produzcan gases malolientes, tales como el sulfhídrico, mercaptano y otros de efectos similares.
- 8.- Sustancias que puedan solidificarse o hacerse viscosas a temperaturas entre los 10° y 40° grados centígrados.

9.- Cantidades excesivas de hidrocarburos clorados o de los compuestos fosforados orgánicos.

10.- Desechos con PH inferior a 5.5 y mayor de 9.5

11.- Residuos que contengan concentrados mayores de:

A.- DBO5	360 mg/Lts.	L.- Cobre (Cu)	10 mg/Lts.
B.- D Q O	600 “	M.- Cianuro (Cn)	2 “
C.- Sólidos suspendidos	2.500 “	N.- Cadmio (Cd)	2 “
D.- Sólidos disueltos	500 “	O.- Plomo (Pb)	0.1 “
E.- Nitrógeno total ( N ) .	30 “	P.- Mercurio (Hg)	2 “
F.- Sólidos totales	2.500 “	Q.- Níquel (Ni)	10 “
G.- Fósforo (P)	10 “	R.- Grasas	50 “
H.- Detergentes	8 “	S.- Sulfuros	10 “
I.- Fenoles	10 “	T.- Hierro (He)	25 “
J.- Boro ( B )	1 “	U.- Zinc (Zn)	3 “
K.- Cromo trivalente	2 “	V.- Manganeso	20 “
Cromo hexavalente	1 “	W.- Arsénico	1 “

### **11.-PLAN DE GESTION-RESIDUOS TOXICOS GENERADOS EN LABORATORIOS.**

Los residuos generados en los laboratorios son de gran variedad, de alta peligrosidad y de escaso volumen, por lo general estos presentan una problemática distinta a la de los residuos de origen Industrial, situación que nos ofrece una visión global para implantar y encauzar una gestión de prevención para el tratamiento de los residuos tóxicos en pequeñas cantidades generadas en los laboratorios, antes de que estos sean depositados en el alcantarillado, indicando los aspectos que deben tomarse en cuenta en la creación de un

programa general de gestión en el manejo de los residuos tóxicos de los laboratorios de la Universidad Simón Bolívar.

La Sede de Sartenejas existe un número apreciable de Laboratorios que sirven de apoyo a diferentes ramas de la educación superior y que funcionan normalmente durante el año académico, en labores de estudio y con mayor dedicación hacia la parte educacional. Para establecer buenas condiciones de trabajo en estos laboratorios debe incluirse un programa o plan de residuos que permita una adecuada protección de la salud y del medio ambiente. No se debe olvidar que un residuo de laboratorio, es una sustancia o un preparado que casi siempre presenta características de toxicidad y peligrosidad cuya identificación y almacenamiento inadecuado constituye un riesgo añadido a los propios de la actividad del laboratorio, siendo necesario por razones económicas, contemplar dentro de esos programas las posibilidades de minimización de los residuos procurando reciclar o reutilizar estos productos cuando sea posible. Por otra parte es recomendable optimizar el programa de stocks para no generar residuos por la vía de productos no utilizables o caducados.

### **11.1.- RESIDUO-DEFINICIÓN:**

Por definición generalizada, la mayoría de los textos consideran que un producto se convierte en residuo tóxico en el momento en que su productor o poseedor lo destina al abandono, o también por definición es todo aquel material sólido, pastoso o líquido que se genera como una consecuencia no deseada de la actividad humana. Por consiguiente, la consideración de un producto como residuo, se debe a la voluntad o el interés del generador o poseedor del mismo, quien a criterio propio debe dictaminar su destino final.

1.- Considerando los conceptos anteriores y las características de los residuos generados en los laboratorios, se distinguen los siguientes grupos.

2.- Residuos inertes (de origen mineral, escombros)

3.- Residuos no peligrosos (asimilables a municipales)

4.- Residuos especiales (tóxicos o peligrosos)

5.- Los residuos especiales incluyen los residuos químicos, los gases, los aceites usados y los que exigen acción diferenciada y que están legislados específicamente. Dentro de ellos se consideran los residuos radioactivos, los cancerígenos y los biológicos/sanitarios. Todos ellos exigen un plan que comparta una recogida selectiva, una identificación y un tratamiento que puede ser extra-laboratorio, para disminuir su peligrosidad.

6.- Los residuos generados en el laboratorio, por sus características, no son fácilmente gestionables utilizando los medios establecidos y diseñados para atender a los residuos de origen industrial, estos se presentan con volúmenes grandes y con poca diversidad. A los generados en los laboratorios se les denomina como residuos tóxicos en pequeña cantidad, es decir (Poca cantidad, variedad y peligrosidad a toxicidad).

## **11.2.- GESTIÓN DE RESIDUOS:**

1.- Se entiende por gestión al conjunto de actividades encaminadas a dar a los residuos tóxicos y peligrosos, el destino final más adecuado de acuerdo a sus características; esta comprende las operaciones de recogida, clasificación, almacenamiento, transporte, tratamiento, recuperación y eliminación de los mismos.

2.- En la elaboración de un plan de gestión de residuos que se implante dentro del campus universitario, encaminado al control de los residuos tóxicos o peligrosos generados por los laboratorios, debe establecerse dentro del plan, organización del laboratorio y la implantación de la recogida selectiva, que nos lleve a tomar distintas acciones.

3.- En cuanto a la organización de los laboratorios dependerá de los educadores o del personal responsable de cada uno de ellos, y su gestión de operación estará encausada de acuerdo a sus características operacionales mencionadas anteriormente, entendiéndose también que en su organización debe ser una exigencia de aplicación de las buenas prácticas. Claro está, que esto implica un costo adicional, acusado positivamente y a corto plazo, en la gestión del Laboratorio.

El plan elegido para la recogida de los desechos sólidos estará en función del tipo de laboratorio, de la actividad del mismo y del sector a que pertenece, dentro de este criterio los aspectos a considerar son:

- 1.- Actividad del laboratorio donde se incluye la investigación y la docencia
- 2.- Relación de productos utilizados.
- 3.- Técnicas instrumentales utilizadas
- 4.- Relación de operaciones y determinaciones analíticas que se efectúan en el laboratorio.
- 5.- Cantidad, periodicidad y variedad de residuos generados (inventarios)
- 6.- Organización del laboratorio
- 7.- Posibilidad de minimizar (reducción, recuperación y tratamiento in situ).
- 8.- La caracterización, selección e identificación de los residuos es básica en el plan de gestión, evitando riesgos en la manipulación, transporte o almacenamiento inseguro, facilitando el tipo de tratamiento que debe efectuarse para su eliminación. En este sentido los aspectos a considerar son: Definición de grupos, embases o contenedores y la identificación de los residuos.

Por último hay que lograr la implantación y optimización del plan, para ello deben considerarse los siguientes aspectos:

**Emplazamientos:** Los residuos no deben almacenarse nunca en el propio laboratorio para no incurrir en riesgos, para ello debe buscarse un lugar específico que reúna las adecuadas medidas de seguridad.

**Almacenamiento:** El almacenamiento de los distintos residuos debe efectuarse de acuerdo a los grupos y clasificaciones que se establezcan.

**Periodicidad:** Es importante conocer la periodicidad de generación de los residuos para establecer los plazos de recogida y tratamientos razonables.

**Logística de aplicación:** Deben establecerse normas para la aplicación del plan que deban aportar instrucciones relativas a lugares de recogida, condiciones de transporte, tipos de contenedores, personas responsables y medidas de seguridad.

**Normas de seguridad:** Debe incluir toda la información relativa a la peligrosidad de los productos, a las condiciones de manipulación, tipos de envase, incompatibilidades y actuación en caso de derrames o vertidos y emergencias, todas ellas deben estar recogidas por escrito.

**Conclusiones:** En los dos apartes anteriores se han especificado los tipos de acciones que se deben tomar y aplicar, para minimizar la contaminación de las aguas servidas de los vertidos de los Laboratorios, una de ellas es aplicando un procedimiento de gestión de residuos unido a un control riguroso de las actividades del laboratorio y la otra forma parte del Plan, pero debe ser una práctica del laboratorio, la de aplicar procedimientos generales de tratamiento y eliminación de las sustancias y compuestos antes de ser vertidos a los sistemas de alcantarillado.

Con este criterio queda establecido los vertidos de los laboratorios son manejables por la actividad y conciencia, de los operadores de las actividades del laboratorio y no mediante un tratamiento Biológico o Químico posterior después de ser vertidos al alcantarillado.

## 12.- COLECTOR SARTENEJAS:

En reiteradas visitas a la quebrada entrando por terrenos de la Universidad con desplazamiento hacia aguas abajo de la vertiente en distancias aproximadas de 600 a 700 metros, con la finalidad de chequear la existencia de un colector marginal construido por el antiguo "INOS" en la década de los años 70, se detectaron las siguientes anomalías: Existe el colector marginal a la quebrada que tiene la finalidad de recoger las aguas, ubicadas en las calles Sur 5, Norte 4-A y la calle Norte 6, siendo la primera donde convergen los colectores que dan servicio a la Calle Sur 1, 2, 3, 5 y 7, La Calle La Iglesia y La Calle Norte que descarga a la quebrada.

El colector termina en la confluencia de la vía de entrada a la Universidad con la carretera nacional de Baruta Hoyo de La Puerta, y desde este punto comienza a captar las aguas servidas siguiendo la vía principal de entrada a la Universidad hasta la confluencia con la Quebrada Sartenejas. En una de las visitas al sitio se destaparon las Bocas de Visita, verificando que el colector no mantiene un flujo de agua en su interior o sea que no está funcionando en este tramo.

En verificaciones posteriores, se encontró que las viviendas que colindan con los terrenos de la Universidad descargan sus aguas a un colector de cloacas de la urbanización, que termina en la Carretera Nacional Baruta Hoyo de la Puerta, (B.V.32), en la parcela 145 B del Urbanismo. Desde este punto baja hasta la entrada de la Universidad utilizando dos tramos de tubería con tres bocas de visita hasta la (B.V.34), cubre las parcelas 145 B y 146 A,B, y C, sigue cruzando a la derecha hasta la Boca de Visita 35A, la cual tiene la particularidad de recibir las aguas de las parcelas ubicadas en las calles Sur 5, Sur 4, Sur 7 y Sur 7A, para un total de 43 parcelas, El Colector tiene la servidumbre de paso dentro y en la parte posterior de las parcelas señaladas con los números 145 y 146. EL colector continúa igualmente dentro de las parcelas hasta la Boca de Visita N° 40A

utilizando seis tramos de tubería y seis Bocas de Visita, en este trayecto se encontraron malos empotramientos con descargas de aguas de lavado que no están empotradas al colector y drenan directamente a los jardines de la Universidad. En este trayecto descargan las parcelas 147 y 147 A, B, C, y D, y parcelas 148 y 148 A, B, C, D, y E,

En la B.V.40A ocurre otra descarga que recoge las aguas de las parcelas correspondientes a una parte de la calle Sur 6 y una parte de la calle Sur 5, para un total de 17 parcelas,

El colector continúa hasta la boca de visita N° 41A, utilizando cuatro tramos de tubería con las bocas de visita N° 40, 41, 41D y 41ª, pasando por las parcelas 151A, B y C, Y Parcelas 152 y 152A, En la B.V. 41A, ocurre otra descarga con la otra parte de la calle Sur 6 y la calle Sur 3, para un total de 18 parcelas.

Por último, el colector continúa y descarga en la Boca de Visita 5 y 6 del Marginal principal de la Quebrada Sartenejas. Las aguas servidas continúan por este colector hasta cubrir dos tramos de tubería de poca longitud. Pasada la Boca de Visita existe un sitio donde el colector colapsó por la erosión del terreno, con una eventual crecida de la quebrada. Desde este punto se verificó que el colector sigue aguas abajo, detectándose tramos de tubería en buen estado y tramos donde la tubería instalada muy cerca del lecho de la quebrada había colapsado. En estos tramos donde la tubería fue descubierta y sacada de su curso normal, fue arrastrada por consecuentes crecidas y parte de ellas interfieren el curso normal de las aguas, lo que trae como consecuencia retardos en la esorrentía de las aguas, ocasionando que se formen eventualmente, lagunas similares a la mencionada al comienzo de la quebrada.

Lo expuesto arriba corresponde al marginal o colector primario de la Urbanización El Placer. En cuanto a los vertidos de la Universidad Simón Bolívar lo hacen en una tanquilla de concreto armado de dimensión aproximada de 2.50

x 2.00 x 2.20 metros, ubicada aguas abajo de la descarga de las aguas de lluvia. Esta tanquilla fue construida en tiempo posterior al marginal de la urbanización El Placer, y de ella sale un colector marginal que se ubica por la margen izquierda de la quebrada. En el trayecto recorrido sobre una vereda elevada respecto al curso de agua, se localizó una boca de visita y un tramo de tubería descubierto (Tubería de Concreto de Ø 12" de diámetro) ubicado a unos 550 metros aguas abajo de la tanquilla después de pasar los restos de una antigua estación de Bombeo.

La tanquilla donde descarga las aguas servidas está volcada y colapsada, su interior contiene sedimentos con monte, y el colector de llegada de Ø 12", se ve superficialmente por efecto de la erosión del terreno en ese lugar. Este se encuentra desprendido en la junta terminal antes de entrar a la tanquilla y el flujo corre libremente por el lecho de la quebrada. Anexo a esta memoria se presentan fotos tomadas en varios puntos de la quebrada y de los colectores de cloacas de la Urbanización arriba mencionada.

### **13.- TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES:**

La política de saneamiento ambiental ha venido progresando a nivel nacional e internacional y debe ser la Universidad una de las instituciones que tiene que dar un mayor aporte con el desarrollo de un plan de saneamiento mediante el tratamiento de aguas residuales. En tal sentido y apoyándonos en un estudio de saneamiento de la Quebrada La Guairita (año 2004), ejecutado para Hidrocapital por la firma Prohidra S.C. donde se involucra a la Quebrada Sartenejas, cuentan con la asesoría de la Firma Mark Lansdell y Asociados, especialistas en tratamiento de aguas residuales, para la elaboración de un Plan de Saneamiento del Sur Oeste del área Metropolitana de Caracas.

En términos conceptuales se desprende que para la selección del Tipo de tratamiento de aguas residuales a emplear para un sitio seleccionado o

predeterminado, este se encuentra sometido y condicionado a las siguientes disposiciones:

- La legislación vigente sobre impactos ambientales.
- La política a seguir por el ente operador de los servicios de cloacas.
- Los criterios técnicos.
- Las consideraciones económicas y financieras.
- Las restricciones físicas de espacio
- Los impactos sociales.
- El plazo requerido para la adaptación a la normativa vigente.

Con estas disposiciones para proponer un sistema de tratamiento y la disposición final de las aguas residuales hay que hacer una evaluación cualitativa de las opciones que puedan satisfacer los requerimientos establecidos y que al mismo tiempo deben satisfacer económicamente gastos sustentables, tomando en cuenta las necesidades, el impacto ambiental y las limitaciones de los posibles sitios para desarrollar un sistema de tratamiento de aguas servidas.

Para una evaluación previa de las posibles opciones de tratamiento de aguas residuales, que sean ambientalmente factible y resulten económicamente aceptables, se deben incorporar factores de seguridad que superen la incertidumbre sobre los rangos de los impactos ambientales, reducir la posibilidad de contaminación oculta y la transferencia entre los diferentes medios ambientales y finalmente visualizar el potencial de daños accidentales al ambiente y como pudieran ser mitigados.

Con la finalidad de determinar las características del tipo de tratamiento del agua que será vertida a la quebrada Sartenejas, se han tomado en cuenta la norma vigentes, tituladas "NORMAS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD DE

LOS CUERPOS DE AGUA Y VERTIDOS O EFLUENTES LÍQUIDOS" Publicadas con el N° 5.021 Extraordinario de la Gaceta Oficial de fecha 18/12/1955. Donde se fijan los valores máximos tanto para los parámetros físico-químicos como para los biológicos.

El parámetro de oxígeno disuelto es el que determina la clasificación como aguas del "Tipo 7", caracterizada esencialmente por contener una cantidad de oxígeno disuelto menor a 3 mg/lts.

Para lograr sostener esta cantidad de oxígeno en época de verano, cuando el caudal del estiaje está constituido por el 100% del efluente, este deberá tener una DBO promedio de 30mg/lts. en caso de que la DBO sea de una concentración superior a los 50 mg/lts, sería anaerobio, dando lugar a los malos olores que actualmente sostiene a lo largo de la cuenca. Esto es demostrable físicamente, ya que en época de verano, cuando no hay dilución del efluente debido al estiaje, el cauce de la quebrada, con un caudal mínimo, por debajo del 40% del gasto máximo proveniente solo del efluente, calculado en el Punto 4.3., con una DBO de 60 mg/lts, aceptado por norma, no puede sostener una concentración de oxígeno disuelto 3 mg/lts., solicitado para las aguas clasificadas como de "Tipo 7"

El cauce es colaborador principal en aquellos sitios donde la pendiente promedio es aproximadamente del orden de  $\pm 1\%$ , en tramos largos donde la irregularidad del fondo del cauce unidos con raudales y pequeños saltos el agua se represa generando sulfuros y el oxígeno disuelto es rápidamente consumido luego liberado en los saltos de agua.

Se concluye que la DBO promedio del efluente de la quebrada no debe ser mayor de los 30 mg/lts. Para cumplir con las normas vigentes respecto a la calidad de los vertidos.

En resumen, en la cuenca de la quebrada Sartenejas existe un servicio de saneamiento para la zona de los dos entes involucrados, mediante la existencia de dos colectores marginales. En el de la Urbanización El placer, se detectó que en los primeros 500 a 600 mts. de longitud se encuentra totalmente colapsado y el de la Universidad tiene una tanquilla en el tramo inicial obstruida, con desprendimiento de un tramo de tubería, el cual puede ser reparado haciéndole mantenimiento.

Por otra parte existe el tramo de colector de cloacas de la urbanización de las parcelas que colindan con terrenos de la universidad que no está funcionando adecuadamente y hay que tomar decisiones para optimizar la recolección de las aguas en este tramo y poder contribuir eficazmente y reducir los notorios daños ambientales y asegurar el servicio de saneamiento, los cuales son motivo suficiente para la formulación de un Plan Maestro que sirva a futuro a un Plan General de saneamiento de todo el Sureste de la zona metropolitana de Caracas.

#### **14.- OPCIONES DE TRATAMIENTO:**

El informe de Prohidra S.C. elaborado para Hidrocapital, describe trece (13) diferentes opciones de tratamiento, evaluadas de acuerdo a la metodología establecida, acompañada por la información más resaltante para su utilización y experiencia, que se han tenido a nivel nacional e internacional las cuales tienen cierto peso y que citaremos a continuación.

- Lodos activados de tratamiento convencional (LA)
- Lodos activados en aeración extendida "Batch" (SBR)
- Bio-Contactores Giratorios (BD)
- Filtro Percolador (FP)
- Filtro Biológico Aireado (FBA)
- Tanque Imhoff con Lodos Activados (Ti+LA)

- Reactor Anaerobio de Flujo ascendente con Lodos Activados (RAFA+LA)
- Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente con Filtro Percolador (RAFA+FP)
- Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente con Filtro Biológico Aireado (RAFA+FBA)
- Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente con Reactor "Batch" SBR (RAFA+SBR)
- Tratamiento Primario Avanzado con Filtro Percolador (TPA+FP)
- Tratamiento Primario Avanzado con Filtro Biológico Aireado (TPA+FBA)
- Tratamiento Primario Avanzado con Reactor "Batch" (TPA+MSBR).

En ese informe se hace una evaluación cualitativa de las opciones de tratamiento mencionadas, basados en ocho criterios diferentes como expresión concreta de la factibilidad de cada opción, en la medida que reflejan el posible impacto ambiental, su costo, la seguridad operacional, la confiabilidad y la sostenibilidad del sistema.

Los ocho criterios son:

- Olores, que expresa la propensión a generar olores desagradables en el área donde opera la Planta de Tratamiento.
- Energía, en cuanto al consumo de energía relativo a cada opción
- Ruido, que representa el rechazo de parte de la comunidad vecina al área de la Planta, generado por los equipos tales como compresores trabajando 24 horas diarias.
- Producción de lodos, en cuanto a los excedentes de lodos que corresponden a cada proceso u opción por el tratamiento de las aguas residuales.

- Mantenimiento, que se refiere a la factibilidad relativa a cada opción y a la necesidad de repuestos, de revisión y mantenimiento de equipos con tecnología de punta y a requerimiento de personal.
- Control de calidad, se refiere a la necesidad permanente de personal técnico supervisor de los procesos de tratamiento.
- Costo, corresponde al costo de construcción relativo a cada opción.
- Equipos importados, se refiere a los componentes importados de quipos y materiales.

La evaluación cualitativa de las trece opciones de tratamiento, descarta la opción de tratamiento con lodos activados, por no calificar en ninguno de los ocho criterios de impactos ambientales. Por otra parte los procesos de Filtro Biológico Aireado, Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente con Filtro Biológico Aireado y Tratamiento Primario Avanzado con Filtro Biológico Aireado deben ser descartados por lo ruidoso, complicado y costoso, que resulta la operación de este tipo de tratamiento.

La opción de tratamiento con Tanque "Imhoff" con Lodos Activados, resultó extraordinariamente costosa, presenta también problemas de olores y requisitos muy rigurosos en el control de la calidad final de la aguas.

Las opciones de Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente con varias combinaciones de tratamiento secundario, resultaron con puntuación positiva, con producción de malos olores y su necesaria ubicación en medios poblados, aconsejan desecharlos.

Las opciones que calificaron con posibles impactos ambientales de menor peso en el análisis preliminar cualitativo fueron:

- Lodos Activados en Aireación Extendida "Batch" (SBR).

- Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente con Reactor Batch (RAFA+SBR)
- Tratamiento primario avanzado con filtro percolador (TPA+FP).

En el caso de optar por una de estas tres opciones de tratamiento para ser utilizado para las descargas de aguas servidas de la Universidad Simón Bolívar y la Urbanización El Placer por condiciones de espacio, existe la posibilidad de escoger la primera opción.

### **Ubicación y posible sitio para la construcción de la Planta de Tratamiento:**

La disposición de los efluentes cloacales en forma anárquica puede conducir a problemas de salud pública y en consecuencia puede afectar el bienestar social de la comunidad. En este sentido la escogencia de un sitio determinado para una Planta de Tratamiento de aguas servidas no debe influir con la sensibilidad social de los vecinos.

Los procesos escogidos pueden adaptarse para tratar aguas servidas y de desechos de muy diversas concentraciones y composiciones. Estos son muy sensibles a cargas repentinas y a sustancias tóxicas que puedan ser descargadas en el alcantarillado. Estos desechos pueden inhibir la actividad de los microorganismos, los cuales son esenciales para descomponer la materia orgánica.

Los terrenos no ocupados en varios sitios de la cuenca y a lo largo de esta, no presentan, ni tienen las características físicas adecuadas y coherentes, para el asentamiento de una planta de tratamiento de aguas servidas, en tal sentido no se detectaron terrenos con suficiente extensión y con características geotécnicas y ambientales (climáticas), aceptables para lograr los retiros requeridos necesarios.

Del informe de Prohidra S.C. se recoge como probable sitio para tratar las aguas servidas un terreno ubicado aguas arriba del Parque Jesús Garmendia, (Club de

la Contraloría General de La República), Este terreno fue descartado como opción por considerar que generaría severas protestas de los usuarios del Club y vecinos de Sartenejas y El Placer.

Sin embargo aguas abajo de la confluencia con la Quebrada El Sajón en terrenos de La Antigua Urbanización La Limonera se puede negociar un terreno para establecer la Planta, de la cual se puede aprovechar el producto final para los cultivos hidropónicos que se están promoviendo en el sector, cuyas necesidades son de 12 Lts/Seg que actualmente no tienen y que a futuro lo tendrá que suministrar Hidrocapital, aunque no sea esta el agua recomendada para cubrir la demanda de cultivos hidropónicos.

En terrenos de la Universidad existe un posible sitio a escoger para la construcción de la Planta que capte las aguas servidas de la Sede y una parte de la Urbanización El Placer, el sitio involucra a la extensión de terreno que se forma al comienzo de la Quebrada Sartenejas, sitio donde descargan también las aguas de lluvia de las dos vertientes que conforman el sistema de drenaje de la Universidad y de una parte que se recibe del sector Sur de la Urbanización El Placer.

El área que se forma podría ser acondicionada para no ser descartada como una opción, mediante el embaulamiento de las descargas de los colectores de aguas de lluvia existentes, generando una infraestructura inicial de magnitud considerable antes de construir la Planta. Por otra parte esta extensión de terreno no es abierta a los vientos y corrientes de aire de la zona por estar ubicada entre montaña, situación que la limita en el logro de los retiros requeridos para no afectar la sensibilidad de los habitantes de la Urbanización.

.- Evaluación del posible sitio de tratamiento relacionado con el espacio:

Población: (miles de hab) .....	17.606.00 hab
Gasto medio: (lts/seg.) .....	27.00 Lts/seg
Área del sitio disponible: (ha) .....	0.21 ha.

Área requerida para el tratamiento, de acuerdo al tipo de tratamiento.

**Planta de Lodos Activados en Aireación Extendida “Batch” (SBR).**

Área de proceso y circulación: ..... 1.910.00 m<sup>2</sup>

Área de oficina y servicios: ..... 230.00 m<sup>2</sup>

Secado de lodos: ..... 80.00 m<sup>2</sup>

**Área Total = 0.22 ha.**

**Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente con reactor Batch (RAFA+SBR).**

Área de proceso y circulación: ..... 3.000.00 m<sup>2</sup>

Área de oficina y servicios: ..... 230.00 m<sup>2</sup>

Secado de lodos: ..... 100.00 m<sup>2</sup>

**Área Total = 0.33 ha.**

**Tratamiento primario avanzado con filtro percolador (TPA+FP).**

Área de proceso y circulación: ..... 820.00 m<sup>2</sup>

Área de oficina y servicios: ..... 230.00 m<sup>2</sup>

Secado de los lodos: ..... 100.00 m<sup>2</sup>

**Área Total= 0.11 ha.**

De la evaluación del terreno disponible hay que agregar que la única opción que cumple con las necesidades de espacio resultó más conveniente la de Tratamiento primario avanzado con filtro percolador (TPA+FP).

A pesar de que el sitio tiene suficiente espacio para este tipo de tratamiento, el sector no cumple con los requerimientos de impacto ambiental relativo a los retiros necesarios para no afectar la sensibilidad de los habitantes de la Urbanización El Placer.

## 15.- ESTIMACIÓN DE INVERSIONES:

Las obras a emprender relativas a la recuperación del marginal de la Urbanización El placer y con el fin de disponer de un estimado razonable de la reposición del colector, se prepararon cómputos de obras que tienen mayor incidencia en el monto total de las inversiones.

Para la asignación de los precios unitarios, los valores se tomaron de las partidas de construcción que presenta el C.I.V. actualizado para Marzo del 2008, cuyos valores están por encima de los que presenta el Ministerio de Infraestructura (MINFRA) para el mismo período.

En la elaboración de los cómputos de obra de los colectares de aguas servidas se establecieron las siguientes consideraciones:

- A efectos de estimaciones de costos se consideró utilizar para la conducción de las aguas servidas, tubos de concreto de especificaciones INOS CL-C-65, utilizando tuberías Clase 2 y Clase 3, esta última de ser necesario. En los sitios o tramos de colector de pendientes fuertes donde la velocidad sea mayor de 5.5 m/seg. se consideró utilizar otro material (Hierro Fundido y/o acero).
- Se han considerado excavaciones en zanjas sin entibado, con una profundidad mínima de 2.20m al lomo del tubo por estar dentro del curso de agua. Igualmente cuando la tubería quede en las márgenes de la quebrada esta será protegida con elementos estructurales tales como muros de concreto armado de dimensiones mínimas de altura 1.50 m y de ancho 0.80 m que equivale a 1.20 m<sup>3</sup>/ml de muro y 38 Kg/ml de acero.
- Se consideró la colocación de 50 Bocas de Visita por Km de colector, estimadas de acuerdo a la topografía del cauce natural, en base a lo

establecido en la construcción del viejo colector instalado por el desaparecido INOS.

- No se ha considerado el cruce de la quebrada mediante puentes tubos y solo de ser necesario se pasará por debajo del lecho de la quebrada, recurriendo a sifones invertidos.
- Se ha supuesto utilizar excavación en zanja sin entibar, salvo en el caso que tenga profundidades mayor o igual a 5.00 metros que se ha detectado en los planos de construcción del marginal de La Urbanización el Placer.

Las consideraciones para las partidas presupuestarias son las que se utilizan normalmente para la instalación del alcantarillado y otras de movimiento de tierra con equipo mediano, con rodamiento de oruga, tales como shovel y pala mecánica.

Es importante mencionar que para lograr las condiciones de saneamiento ambiental que se espera alcanzar con el horizonte de planificación, será necesario realizar la reconstrucción de la trocha de servicio que servirá para estabilizar la colocación de las tuberías y que tendrá tramos de tubería en acero o en hierro fundido de ser necesario. El saneamiento deberá comenzar por la rehabilitación del colector de la urbanización que forma parte del ramal de la red de cloacas del sector Sur que colinda con la Universidad. Continuará luego con la rehabilitación del marginal desde su inicio hasta la confluencia con la quebrada El Zanjón.

En la página siguiente se presenta una estimación de los cómputos de movimiento de tierra estimados del proyecto ejecutado para la construcción

del colector existente. Así mismo se presenta un estimado costo para la reconstrucción del colector marginal existente.

## **16.- COSTO ESTIMADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO:**

En la evaluación de los posibles sitios disponibles para la construcción de una planta de tratamiento de las aguas residuales que se señalaron en este estudio para el saneamiento de la cuenca de la Quebrada Sartenejas, la opción que presenta las mejores posibilidades es la que corresponde al sitio ubicado al comienzo de la quebrada, o sea donde se descargan las aguas de lluvia y las cloacas de la Universidad.

En este sitio cercano a las instalaciones Educativas y dentro del Campus Universitario, se podrá realizar una razonable inversión ajustándola al crecimiento de las actividades de los laboratorio que operan en la Universidad y la libera a futuro de cualquier reclamación de tipo ambiental relacionado con la clase de vertidos que se hacen desde los diferentes sitios de investigación.

Para los fines del estudio se ha propuesto un caudal de aguas servidas constante en el tiempo y se ha determinado el valor presente de los costos de operación y mantenimiento durante los 20 años a una tasa de descuento del 12 %

Se ha determinado el costo de construcción en base a un módulo de proceso de 30 Lts/seg. correspondiente al tamaño medio de la planta requerida para el área estudiada.

El costo incluye la construcción de las obras civiles, electromecánicas, sistemas de aireación e instalaciones eléctricas. Anexo se presenta un resumen de los costos de las obras a ejecutar para la construcción de la Planta de Tratamiento Primario Avanzado con filtro Percolador (TPA+SBR).

## **17.- PROGRAMA DE INVERSIONES:**

Se ha elaborado un programa de inversión basado en las acciones que deben tomarse para activar el Plan de Saneamiento ambiental de la quebrada Sartenejas y según las alternativas analizadas en este estudio. Las acciones a tomar se han clasificado en:

- Acciones inmediatas
- A corto y mediano Plazo
- A largo Plazo

Estas acciones se tomarán independientemente de la alternativa que se decida adoptar tanto para la reconstrucción del Marginal como para la construcción de una Planta de Tratamiento.

1.- Para poder iniciar la construcción de las obras civiles en ambas alternativas, se deben incluir en el cronograma del plan de inversiones, y acometer la elaboración de los estudios y proyectos correspondientes.

2.- Ejecución del Plan Maestro:

### **.- Acciones inmediatas:**

1.- Estas acciones permitirán mejorar el servicio de recolección de las aguas servidas, y concentrará las aguas en colectores seguros hacia el curso natural de la cuenca.

Estas acciones comprenden la puesta en marcha del colector marginal construido en los terrenos de la USB, mediante la ejecución de obras relacionadas con los empotramientos de varios tramos del colector Sur de la urbanización, ubicado en la parte posterior de las viviendas de la calle Sur del Placer que colinda con la vialidad de entradas a la Universidad. Estas obras

contribuirán al saneamiento de este sector y benefician directamente a la Urbanización y a los propietarios que en ella habitan.

Ejecutar el levantamiento topográfico de la quebrada Sartenejas hasta los terrenos del Club de la Contraloría General "Jesús Garmendia" y ampliar el alcance del levantamiento para el área donde se inicia la vertiente de la Quebrada con detalles de las distintas descargas de aguas servidas y de lluvia.

**.- Acciones a corto y mediano Plazo:**

Entrar en conversaciones con los organismo responsables para que atiendan las necesidades establecidas para el Plan de saneamiento ambiental de la Quebrada, sobre todo hacerlos participes mediante una campaña por parte de la urbanización acerca del estado actual del colector marginal, recalcando los daños que les causa a sus habitantes.

**.- Acciones a largo plazo:**

Construcción de la Obras Civiles, para la Planta propuesta, La operación y el mantenimiento de los equipos deberá ser suministrado por el proyectista y el fabricante de los equipos involucrados. Se deberá contar además con programas para el secado y disposición de los lodos que incluya su disposición final en los distintos rellenos sanitarios que maneja la Gobernación o la Alcaldía.

En el caso de la reconstrucción del marginal a la quebrada se deberá elaborar un plan de mantenimiento par la conservación de los tramos de colector más cercano al lecho de la quebrada.

Elaborado por:

Ing Tomás R, Hernández O. C.I.V. 7818

A Noviembre de 2008