

PROGRAMA ESTRATÉGICO DE ACCIÓN
PARA LA CUENCA BINACIONAL
DEL RÍO BERMEJO
(PEA)

“ESTUDIO DE SANEAMIENTO AMBIENTAL
DEL RÍO GUADALQUIVIR”

RESUMEN

INIBREH – CIH

INSTITUTO INTERUNIVERSITARIO BOLIVIANO
DE RECURSOS HÍDRICOS
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

Y

CENTRO DE INVESTIGACIONES HIDRÁULICAS
INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO “JOSÉ A. ECHEVERRÍA”
REPÚBLICA DE CUBA

TARIJA

JUNIO DE 1999

“ESTUDIO DE SANEAMIENTO AMBIENTAL DEL RIO GUADALQUIVIR”

LISTADO DE PARTICIPANTES:

**POR EL CENTRO DE INVESTIGACIONES HIDRAULICAS
INSTITUTO SUPERIOR POLITECNICO “JOSE A. ECHEVERRIA”
REPUBLICA DE CUBA**

Director Proyecto

Dr. Ernesto García Ruiz

Dr. Armando Hernández Rossié
Dr. José Bienvenido Martínez Rodríguez
Dra. Celia Rodríguez Pérez de Agreda
Msc. Orestes González Díaz

**POR EL INIBREH
UNIVERSIDAD AUTONOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
REPUBLICA DE BOLIVIA**

Director INIBREH
Ing. Javier Castellanos Vásquez

Ing. Jorge Luis Tejerina Oller
Dra. Eva María Sandoval Burgos
Ing. Marcelo Pacheco Nuñez
Ing. René Arenas Martínez
Ing. Juan Carlos Loza Velez
Arq. Enrique Villamil Velazco

COLABORADORES Y PERSONAL DE APOYO

Ing. Nelson Rodríguez Lezama (COSAALT)
Egr. Clovis Gustavo Succi Aguirre
Egr. Oswaldo Maizares Calapiña
Egr. Fabiana Mendoza Zárate
Stra. Janeth Sandra Sánchez Mendoza
Sr. José Garamendi Mendoza
Sr. Franz José Soruco Velasquez
Sr. Jorge Eduardo Benitez Candia
Sr. Alfredo Baldiviezo Cruz

JUNIO 1999

TARIJA - BOLIVIA

ESTUDIO DE SANEAMIENTO AMBIENTAL DEL RIO GUADALQUIVIR.

RESUMEN

TABLA DE CONTENIDOS

CONTENIDO	PAGINA
1. SOBRE LA POBLACION DE DISEÑO	1
2. SOBRE EL GRADO DE CONTAMINACION DEL RIO GUADALQUIVIR	1
3. SOBRE LA CALIDAD DE LA INFORMACION ANALIZADA	3
4. PLAN DE MONITOREO PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS	3
5. SOBRE EL ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA CIUDAD	5
6. SOLUCIONES AL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD	6
7. SOBRE LOS RESIDUOS SOLIDOS.	8
8. SOBRE EL AREA RURAL	9
9. SOBRE EL ACUIFERO SUBTERRANEO	10
10. PROPUESTA DE COSTOS DE INVERSION POR AÑOS	12
11. MARCO FINANCIERO DEL SANEAMIENTO AMBIENTAL DEL RIO	13
12. SEMINARIO TALLER – IDENTIFICACION Y SOLUCION A LOS PROBLEMAS PRESENTADOS	15

INTRODUCCION

El río Guadalquivir tiene una vital importancia para la ciudad de Tarija, por ser una fuente importante de agua, por su carácter recreativo, para el suministro de áridos y piedras para la construcción y por ser el punto de vertimiento de residuales domésticos e industriales.

Muchas de las urbanizaciones y zonas industriales arrojan aguas servidas sin ningún tipo de tratamiento sobre la corriente natural, convirtiendo al río Guadalquivir en una verdadera cloaca, es por ello que se requiere controlar los residuales vertidos, de forma que el grado de contaminación de los mismos sea tal que al ser diluidos en el río, no ofrezca peligros para la población que utiliza los servicios de esta importante corriente de agua.

1. SOBRE LA POBLACION DE DISEÑO.

La población de diseño para el año 2035, según la tendencia de crecimiento planteada por el Instituto Nacional de Estadísticas, y que se basa en el crecimiento observado entre los dos últimos censos (1976 a 1992) pronostica una población de 737404 habitantes, esta cifra parece ser demasiado elevada por lo que se decidió diseñar el alcantarillado y los sistemas de tratamiento para una población de 494769 habitantes.

2. SOBRE EL GRADO DE CONTAMINACION DEL RIO GUADALQUIVIR.

El grado de contaminación del río ha sido estudiado sobre la base de investigaciones precedentes y por las generadas por el presente proyecto. A continuación se exponen las principales consideraciones sobre los estudios realizados.

- Todos los estudios realizados por distintos investigadores coinciden en presentar un contenido de oxígeno disuelto a lo largo de la corriente que no resulta alarmante, no obstante, del gráfico 2.1 oxígeno disuelto en el período seco, se muestra que en Octubre de 1998 (UAJMS) la concentración de OD era inferior a 4mg/l. prácticamente a todo lo largo de la corriente. Aún cuando esta parece ser una observación extrema, no puede descartarse que ante la carga orgánica que se vierte al río no se esté repitiendo este fenómeno en otros momentos, afectando la vida de los peces y el ecosistema acuático. En el período húmedo no se presenta esta situación coincidiendo todos los datos disponibles en un nivel de OD superior a 4 mg/l, incluso con valores superiores a 11 o 12 mg/l.
- Un aspecto que no está claro es que en los trabajos de STCV y en el de Medina se justifica un alto contenido de oxígeno disuelto (OD) en la corriente a cuenta de las algas, pero si bien se determinó la concentración de Clorofila A, no se indica el nivel de actividad ni su relación esperada por el contenido de nitrógeno y fósforo.
- De los gráficos de DBO₅ tanto para el período seco como para el húmedo, se constata que en la zona del cruce del río por la ciudad de Tarija se produce un incremento en la concentración de DBO, prácticamente desde Obrajes, que alcanza sus máximos valores a la altura del puente Bolívar. En este punto, según el reglamento vigente, las aguas serían de clase C(>5 mg/l) para

el tiempo seco y clase B a C en el período húmedo. Luego del aporte de la quebrada Torrecillas se hace realmente crítica la situación en el Angosto, donde se presentan valores de DBO_5 superiores a 5 mg/l con mucha frecuencia, tanto en el período seco como en el lluvioso. Esta situación refuerza el criterio de que es necesario reducir los aportes orgánicos de la ciudad y mejorar la calidad de los efluentes de las lagunas de estabilización de San Luis si se pretende incrementar la calidad de las aguas del río.

- La presencia de coliformes fecales en concentraciones superiores a $5 \cdot 10^3$ /100 ml en todo el año, con esporádicos contenidos por encima de $5 \cdot 10^5$ /100 ml, constituyen el índice más alarmante, ya que con este indicador es presumible asumir la presencia de otros microorganismos patógenos que estén contribuyendo al deterioro del nivel de salud de la población como se infiere del informe de incidencia de enfermedades de transmisión hídrica brindado por la Dirección de Estadísticas de la dependencia de salud de Tarija.
- El análisis de los puntos anteriores permite aseverar que si bien el nivel de contaminación orgánica no tiene carácter crítico, es necesario reducir los valores de aportes de DBO_5 a la corriente, que evidencia que su capacidad autodepuradora se ha superado con los vertimientos actuales y que a la altura del Angosto no puede recuperar las condiciones que muestra aguas arriba, como por ejemplo, en Canasmoro.
- No se evidencia tampoco recuperaciones considerables en cuanto a reducción de los índices de contaminación biológica, por lo que las aguas desde Obrajes al Angosto son potencialmente una seria amenaza a la salud humana.
- Los niveles actuales de contaminantes limitan la posibilidad de uso de las aguas en otras actividades (riego, industrias, recreación, etc.)

Para analizar la calidad de las aguas del río se siguieron dos criterios:

Criterio 1. Aplicación de un modelo de simulación, basado en las expresiones de Streeter Phelps modificado. Para la simulación de la capacidad de autodepuración del río Guadalquivir se partió de los gastos mínimos estimados en la corriente para probabilidades de sobrepaso de 70; 75; 80; 85; 90 y 95 %.

Criterio 2. En forma gráfica, clasificando la calidad del agua en el río por tramos, de acuerdo a la Norma Boliviana.

En los esquemas de clasificación de las aguas del río Guadalquivir presentados se observa que en general el río está como clase C en casi todos los tramos, excepto de San Lorenzo a Obrajes y de Torrecillas al Angosto, que supera los límites de la clase C y se ubican como clase D. En esta clasificación tiene un mayor peso la presencia de coliformes fecales.

Clasificación de la calidad del agua del río por tramos.

Tramo		Calidad actual	Calidad esperada
Desde	Hasta		
Trancas	Canasmoro	C	B
Canasmoro	San Lorenzo	C	B
San Lorenzo	Tomatitas	D	B
Tomatitas	Obrajes	D	B
Obrajes	San Pedro	C	C
San Pedro	Torrecillas	C	C
Torrecillas	Angosto	D	C

Al fijarse los valores de eficiencia para el diseño de las diferentes soluciones de tratamiento de residuales, se consideró que la calidad del río estaría como clase C aguas abajo del punto de vertimiento.

Profundizando en el análisis de las condiciones de autodepuración del río y con el auxilio del modelo de simulación se puede asegurar que la calidad del agua para la cuenca superior del Guadalquivir, aguas arriba de Obrajes es posible llegar a la clase B con un grupo de medidas que se deben tomar a corto, mediano y largo plazo.

Se recomienda la utilización de la obra de toma de Obrajes solo en caso de emergencia, debido al grado de contaminación del río a la altura de dicho lugar. La extracción de 80l/s resulta significativa con respecto al gasto del río en la época de estiaje.

3. SOBRE LA CALIDAD DE LA INFORMACION ANALIZADA.

A partir del análisis de los datos de los estudios realizados y de las conclusiones antes referidas se deben señalar los siguientes aspectos:

- Existe disparidad entre los valores reportados por COSAALT y por la UAJMS para las mismas secciones del río en fechas similares. Hay diferencia en las tecnologías de análisis que aplican los laboratorios de una y otra institución. La irregularidad en los valores de un parámetro cualquiera para una misma sección del río y época del año no se pueden precisar si se deben a irregularidades del flujo, a errores en los análisis o en el muestreo.
- Algunas observaciones dan valores fuera del rango esperado para la época (seca o lluviosa) y que no fueron comprobados o rectificados por un segundo muestreo, (O_2 disuelto, DBO_5 etc.).

- Se presenta una aparente contradicción entre el alto valor de oxígeno disuelto y la concentración de DBO en los tramos más contaminados de la corriente, donde resulta difícil valorar la presencia de coliformes fecales por la disparidad de valores que se reportan.
- No se realizaron mediciones del caudal del río cuando se tomaron las muestras y por tanto no se puede valorar si la carga contaminante que transporta la corriente, es constante o presenta alguna tendencia a crecer o disminuir.

4. PLAN DE MONITOREO PARA CONTROL DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS.

Sobre la base de los datos analizados y para garantizar un flujo de información estable y confiable se propone el siguiente plan de monitoreo.

El plan de monitoreo resulta fundamental por las siguientes razones:

- Es la base de la información para el diseño de los nuevos sistemas de tratamiento .
- Permite el control del funcionamiento de los sistemas de tratamiento existentes.
- Es una herramienta para la aplicación de la legislación vigente, en materia de vertimiento.
- Sirve como señal de alerta ante cualquier contaminación, permitiendo la toma de medidas emergentes para la mitigación de los daños.

El monitoreo se debe realizar en tres grandes áreas: el río; las industrias y los sistemas de tratamiento existentes.

En los puntos de muestreo correspondientes se realizarán dos tipos de pruebas: medición de caudales (aforo) y análisis de la calidad del agua desde el punto de vista físico; químico y biológico.

PLAN DE MONITOREO EN EL RIO GUADALQUIVIR.

Puntos de muestreo	Parámetros a medir y periodicidad en días.								
	Q	T	PH	O ₂	DBO ₅	N	P	CF	Sólidos
Aguas abajo de Canasmoro	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Aguas abajo San Lorenzo	-	15	15	15	15	15	15	15	15
Obrajes	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Quebrada Sagredo	-	15	15	15	15	15	15	15	15
Quebrada el Monte	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Quebrada San Pedro	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Quebrada Torrecillas	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Angosto San Luis	7	7	7	7	7	7	7	7	7

- Q: caudal
- T: temperatura
- O₂ : oxígeno disuelto
- N: Nitrógeno
- P:Fósforo
- CF: coliformes fecales
- DBO₅: demanda bioquímica de oxígeno

PLAN DE MONITOREO PARA SISTEMAS DE TRATAMIENTO.

Puntos de muestreo	Parámetros a medir y periodicidad en días.								
	Q	T	pH	O ₂	DBO ₅	N	P	CF	Sólidos
Entrada de Lagunas de San Luis.	1	7	7	7	7	7	7	7	7
Salida de Lagunas de San Luis.	1	7	7	7	7	7	7	7	7
Cámaras sépticas.	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Q: caudal

T: temperatura

O₂ : oxígeno disueltoDBO₅: demanda bioquímica de oxígeno

N: Nitrógeno

P:Fósforo

CF: coliformes fecales

PLAN DE MONITOREO PARA LAS INDUSTRIAS.

Puntos de muestreo	Parámetros a medir y periodicidad en días.											
	Q	T	SO ₄	M	pH	DQO	DBO	N	P	G	D	Sólido
Industrializadoras de leche.	15	15	15	-	15	15	15	15	15	15	15	15
Embotelladoras	15	15	15	-	15	15	15	15	15	-	15	15
Fábricas de cerveza.	15	15	15	-	15	15	15	15	15	15	15	15
Mataderos.	15	15	15	-	15	15	15	15	15	15	15	15
Curtiembres.	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

Q: caudal

T: temperatura

SO₄ :sulfatos DBO₅: demanda bioquímica de oxígenoDQO₅: demanda química de oxígeno

D: detergentes

N: Nitrógeno

P:Fósforo

M: metales

G:grasas

Para acometer el plan de monitoreo se debe, además:

1. Establecer iguales técnicas de muestreo y análisis, fijando los parámetros básicos a determinar y fijando un número de indicadores que realmente valoren el grado de contaminación del río.
2. Utilización de los Métodos Estandar para el análisis de aguas y aguas residuales.
3. Brindar un curso o taller al personal de los laboratorios asociados a las técnicas analíticas del agua y aguas residuales para incrementar la capacitación del mismo o calificar algunas personas de reciente incorporación.
4. Establecer un sistema de control de la calidad y precisión de los análisis de laboratorio. Certificación de las técnicas.
5. Para el plan de monitoreo en próximos estudios de la corriente se recomienda incluir la determinación de la presencia de nutrientes (nitrógeno y fósforo) y la capacidad eutroficante de la corriente. Estas determinaciones son importantes por los efectos que sobre la calidad del río aguas abajo, donde la temperatura e insolación son mayores, pueden producir las cargas de nutrientes que aporta al curso del Guadalquivir.
6. Se recomienda que los análisis de laboratorio se encuentren certificados de acuerdo a las Normas ISO (9000 y 14000).

5. SOBRE EL ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA CIUDAD.

Se debe aclarar que el diseño del alcantarillado no resulta un objetivo del presente estudio, pero se ha realizado un diseño preliminar de los colectores principales, con el fin de estimar los costos de los mismos y poder cuantificar los costos futuros de los diferentes tratamientos que permitan asegurar el saneamiento del río Guadalquivir.

- El sistema propuesto para el Alcantarillado Sanitario de la ciudad de Tarija por la consultora Italiana STCV, en su estudio de factibilidad para la Ciudad de Tarija resulta insuficiente producto del incremento poblacional. Por tal motivo ha sido necesario hacer un nuevo diseño de los colectores principales con el objetivo de estimar los costos y completar el sistema de tratamiento de la ciudad.
- Se hace una propuesta de diseño de 6 colectores principales y del emisario final para dos pronósticos de crecimiento poblacional. El emisario es el encargado de colectar las aguas de ambos márgenes del río y conducir las hasta la planta de tratamiento propuesta en la zona del Ancón Grande.
- Los colectores se han diseñado para dos variantes de población futura del año 2035. Una variante es para una tasa de crecimiento anual de 5,01% (737404 habitantes) y la segunda para una tasa de crecimiento de 4,04% (494769 habitantes).

Los colectores que se han diseñado son los siguientes:

- Colector principal 1
- Colector principal 2
- Colector principal 3
- Colector principal 4
- Colector principal 5
- Colector principal 6
- Emisario hasta el Ancón Grande. El emisario se debe construir en el caso de ejecutar la variante de situar una planta de tratamiento única para toda la ciudad en la zona ubicada en El Ancón. Los altos costos del emisario y su complejidad de construcción indican que la variante de construir una planta en el Ancón deba ser desechada

RESUMEN DE PRESUPUESTO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO

<i>AÑO 2035 POBLACION 737404 habitantes</i>	
COLECTOR 1	\$usd 981917
COLECTOR 2	\$usd 294435
COLECTOR 3	\$usd 1603591
COLECTOR 4	\$usd 869753*
COLECTOR 5	\$usd 967925
COLECTOR 6	\$usd 352995
EMISARIO	\$usd 6469105

AÑO 2035 POBLACION 494769 habitantes	
COLECTOR 1	\$usd 840925
COLECTOR 2	\$usd 239181
COLECTOR 3	\$usd 1139311
COLECTOR 4	\$usd 785631*
COLECTOR 5	\$usd 814840
COLECTOR 6	\$usd 308500
EMISARIO	\$usd 6469105

*Incluye el costo del sifón invertido.

6. SOLUCIONES AL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD.

Del análisis de los tratamientos existentes en la ciudad pueden señalarse los siguiente:

- Se ha demostrado la peligrosidad de los efluentes de las lagunas de estabilización (principal tratamiento de los residuales de la ciudad), fundamentalmente desde el punto de vista de la elevada concentración de coliformes fecales ya que estos organismos indicadores señalan la posible presencia de microorganismos patógenos. Similares resultados se derivan del estudio de las cámaras sépticas, que requieren otra solución para el tratamiento biológico, y además no reciben mantenimiento, con lo cual son prácticamente inútiles.
- El tratamiento propuesto por la consultora Italiana STCV, consistente en Reactores Anaerobios de Flujo Pistón y Lagunas de Estabilización, no resulta suficiente para la solución al tratamiento, ya que en el año 2003 estaría funcionando a su máxima capacidad. El sistema de lagunaje no resuelve los problemas para poblaciones de esta magnitud ya que se requieren grandes áreas.
- Otra consideración importante es que los diseños proyectados se han realizado sobre la base de un residual con características domésticas, no incluyéndose las industrias consideradas como grandes productoras de residuos líquidos con altas cargas contaminantes aportadas. El crecimiento que se pronostica de la población traerá como consecuencia un mayor desarrollo de las industrias por lo que se deben tomar estrictas medidas para el control de la calidad de los efluentes vertidos por las mismas.
- En la actualidad la población equivalente para la margen izquierda, obtenida de los análisis realizados es de 111465 habitantes y la población física es de poco mas de 71000 habitantes, correspondiendo la diferencia al aporte de las industrias existentes en el área.
- Dentro de las alternativas de solución al tratamiento de los residuales líquidos de la ciudad de Tarija, se han analizado tanto sistemas convencionales como avanzados de tratamiento. Entre los convencionales se han considerado los lechos bacterianos y las lagunas de estabilización. Entre los avanzados se incluyeron el cieno activado, las lagunas aereadas, los digestores de manto de lodo de flujo ascendente y lecho fijo, los reactores anaerobios de flujo pistón y también combinaciones de los dispositivos antes expuestos.

- El diseño de las plantas propuestas se ha realizado por módulos, lo que permitirá su construcción por etapas en dependencia del crecimiento poblacional real y de los recursos económicos disponibles.

Las soluciones que se proponen en el presente estudio son las siguientes:

Solución 1. Todas las aguas servidas de la ciudad serán tratadas en una única planta ubicada en el Ancón Grande.

Esta solución contempla el análisis de 4 alternativas de sistemas de tratamiento (se mencionarán los sistemas de tratamiento de acuerdo con el sistema biológico utilizado):

- Alternativa 1. Sistema de Tratamiento mediante Lechos Bacterianos.
- Alternativa 2. Sistema de Tratamiento mediante digestor anaerobio tipo RAP y Lagunas de estabilización.
- Alternativa 3. Sistema de Tratamiento mediante digestor anaerobio tipo USBFB combinado con Cieno Activado por aereación prolongada.
- Alternativa 4. Sistema de Tratamiento mediante Cieno Activado por aereación extendida.

Solución 2. Todas las aguas servidas de la ciudad serán tratadas en una única planta ubicada en El Temporal.

Esta solución contempla el análisis de 3 alternativas de sistemas de tratamiento (se mencionarán los sistemas de tratamiento de acuerdo con el sistema biológico utilizado):

- Alternativa 1. Sistema de Tratamiento mediante Lechos Bacterianos.
- Alternativa 2. Sistema de Tratamiento mediante digestor anaerobio tipo USBFB combinado con Cieno Activado por aereación prolongada.
- Alternativa 3. Sistema de Tratamiento mediante Cieno Activado por aereación extendida.

En esta solución no se contempla la alternativa de utilizar RAP con lagunas de estabilización, debido al área que se requiere para su construcción (103 ha).

Solución 3. Ubicación de sistemas de tratamiento en ambas márgenes del río.

Esta solución se basa en la construcción de dos nuevos sistemas de tratamiento y en las mejoras tecnológicas y estructurales del sistema de lagunas existentes en “San Luis”. Uno de los sistemas será ubicado en la margen derecha del río (zona de San Blas) y el de la margen izquierda en la zona conocida como “El Temporal”.

Dentro de la solución 3 se contempla el análisis de la eliminación de las lagunas existentes y la ubicación de plantas de tratamiento en ambas márgenes. Si se tiene en cuenta que la población servida en la margen derecha es del 12% de la total, se considera que las dimensiones de la planta en la margen izquierda es del mismo orden que lo planteado en la solución 2.

A continuación se presenta un resumen de los costos de las diferentes soluciones.

ANALISIS COMPARATIVO DE LAS DIFERENTES SOLUCIONES. Tasa del 5,01%.

VARIANTE DE SOLUCION	INVERSION	COSTO ANUAL (\$usd/año)		COSTO CAPITALIZADO TOTAL (\$usd)	COSTO ANUALIZADO TOTAL (\$usd/año)
	COSTO INICIAL (\$usd)	COSTO OPERACION MANTENIMIENTO	COSTO DE ENERGIA		
SOLUCION 1	15950379	116929	237143	18449123	2614240
SOLUCION 2*	9823271	116929	237143	12322014	1746029
SOLUCION 3A	9909179	194685	309579	134143126	1908081
SOLUCION 3B	10280785	203976	1762093	24155654	3422843

* ALTERNATIVA MAS ECONOMICA

ANALISIS COMPARATIVO DE LAS DIFERENTES SOLUCIONES. Tasa del 4,04%.

VARIANTE DE SOLUCION	INVERSION	COSTO ANUAL (\$usd/año)		COSTO CAPITALIZADO TOTAL (\$usd)	COSTO ANUALIZADO TOTAL (\$usd/año)
	COSTO INICIAL (\$usd)	COSTO OPERACION MANTENIMIENTO	COSTO DE ENERGIA		
SOLUCION 1	14033734	87697	177857	15907791	2254134
SOLUCION 2*	7906623	87697	177857	9780681	1385922
SOLUCION 3A	9209971	121372	236034	11732243	1661457
SOLUCION 3B	9581575	130663	1688548	22420043	3140235

* ALTERNATIVA MAS ECONOMICA

Nota: La tasa de interés que se ha seleccionado es del 14%.

La variante más factible desde el punto de vista económico, para la tasa de crecimiento de 5,01% y del 4,04% es la solución 2, que consiste en:

- Alcantarillado
- Planta única en “El Temporal” con lecho bacteriano como sistema de tratamiento biológico y sedimentadores de alta carga.

Otro aspecto a destacar, dentro del tratamiento de las aguas residuales corresponde a las zonas bajas de la ciudad, donde la única opción sería el bombeo de sus aguas residuales, en este caso por considerarse esta alternativa antieconómica se le darán soluciones puntuales consistentes en:

- Fosas Murras, para viviendas individuales y aisladas dentro del área.

- Tanques sépticos y filtros verticales de arena para la disposición de los efluentes de las restantes viviendas nucleadas.

7. SOBRE LOS RESIDUOS SOLIDOS.

En los residuos sólidos se aplica el sistema de recolección y acarreo. Por el momento parece ser suficiente, pero con el futuro crecimiento de la población deberán tomarse medidas para mantener el servicio y evitar el deterioro acelerado. El área de disposición de estos residuos está situada en una zona de topografía accidentada y dispone de un área limitada.

Es necesario crear el plan de inversiones por anticipado para prever los recursos financieros, materiales y humanos, con los que se pueda afrontar el crecimiento progresivo de los residuos sólidos.

Resulta conveniente estudiar las posibilidades de recuperación y reciclaje de las materias primas contenidas en la basura.

Para este plan hay que tener en cuenta que el aspecto de más peso económico está en la renovación del parque de vehículos necesarios para garantizar la recolección de residuos domiciliarios. La tabla que se presenta a continuación es el resumen de la propuesta que para estos vehículos se obtuvo por optimización de los costos de operación.

Dentro de este plan debe contemplarse la posibilidad de ubicación de un segundo relleno sanitario en la zona norte de la ciudad o al oeste de La Tablada.

Renovación del parque de vehículos de recolección domiciliaria.

Año	n	Baja	Nuevo	m	Baja	Nuevo	Inversión* \$usd	Incremento cantidad Ton/día	Inversión tonelada** \$usd/ton
2000	2			2					
2005	3	1	2	2			60000	10,25	3,13
2010	3	1	1	2	1	1	65000	14,58	2,44
2015	5		2	2	1	1	95000	18,18	2,86
2020	4	1		4		2	70000	24,00	1,60
2025	7		3	4	1	1	125000	31,90	2,15
2030	6	1		8		4	140000	42,87	1,79
2035	10		4	9		1	155000	55,96	1,52
En 35 años :			12			10	710000	197,74	1,97

8. SOBRE EL AREA RURAL.

- Como parte del estudio se realizó una encuesta en el área rural. Los resultados muestran que el 12,5% de las viviendas no tienen servicio de agua potable; el nivel de saneamiento básico es deficiente y un 23,6% de los encuestados hacen sus deposiciones al aire libre.
- El uso de plaguicidas, fertilizantes y abonos orgánicos en la zona de estudio se ha incrementado considerablemente y, por lo general, de forma indiscriminada. Las encuestas arrojan una alarmante falta de conocimiento por parte de los usuarios sobre las características de estos productos y los cuidados que ellos requieren. La lluvia y el escurrimiento superficial suelen arrastrarlos hacia el río. También pueden ser fuente de contaminación de las aguas subterráneas. Para evitar estos problemas, es indispensable conocer los mecanismos de acción de estos productos y así poder aprovechar las ventajas que se pueden obtener al usarlos racionalmente. Se detectó que se están utilizando agroquímicos que se encuentra prohibido su aplicación en Bolivia.
- Tratamiento de la población de San Lorenzo. El proyecto para la recolección y tratamiento de las aguas servidas, elaborado para la población de San Lorenzo y que se encuentra en la fase de ejecución por el Fondo de Inversión Social (FIS), presenta problemas técnicos. El funcionamiento del sistema de tratamiento biológico es deficiente, lo que no garantizará el grado de remoción requerido para evitar la contaminación del río. Esta es la mayor población aguas arriba de la ciudad de Tarija en el río Guadalquivir y cuenta con el aporte de una planta industrializadora de leche.
- Tratamiento de las comunidades de Corana Norte, Corana Sur, Trancas, Tomatas Grande, Carachi Mayu, Tucumilla, Sella Las Quebradas, Coimata, Choroma, Rancho Norte, Rancho Sur, Tarija Cancha y la población aislada de Canasmoro. En estos casos se han dado soluciones a viviendas aisladas, mediante letrinas sanitarias.
- Para las comunidades con un cierto nivel de ordenamiento como: Canasmoro, Sella Mendez, Caláma, La Victoria, y San Mateo. Se propone la construcción de un alcantarillado simplificado y tratamiento con tanques sépticos y humedales con flujo subsuperficial horizontal.
- En la Escuela Normal de Canasmoro se recomienda la rehabilitación total del sistema de recolección existente, el mantenimiento de las cámaras sépticas y la construcción de pozos de infiltración para la disposición final de las aguas servidas.
- Resulta necesario aplicar las medidas de saneamiento básico en el área rural, para la población asentada en las riberas con el objetivo de minimizar los aportes contaminantes al río.

9. SOBRE EL ACUIFERO SUBTERRANEO.

- Las aguas subterráneas, por el momento, están libres de contaminación, y poseen una buena calidad para su empleo como agua de consumo humano. Sin embargo, de vital importancia para la prevención de su deterioro es la estricta protección de las zonas de recarga del acuífero confinado que han sido señaladas anteriormente, por ejemplo, transformándolas en zonas de reserva.

- También se hace necesario garantizar una construcción adecuada de todos los pozos, que impida que la perforación efectuada se convierta en una vía de transmisión de la contaminación hacia la profundidad. Asimismo se deberán reparar, completar o construir (según cada caso) las zonas de protección sanitaria alrededor de cada uno. Se debe establecer un sistema de vigilancia y mantenimiento sistemáticos de todos los pozos existentes, lo que implica la observación periódica de sus niveles piezométricos, el monitoreo de la calidad del agua y la conservación de la zona de protección sanitaria alrededor de cada uno.
- Resulta altamente recomendable la actualización de los estudios de Recursos Hidráulicos Superficiales a nivel de cuenca y por subcuencas. En cuanto a las Aguas Subterráneas la necesidad del estudio integral regional de estos recursos es mucho mayor por la complejidad que tienen los acuíferos de esta zona, por el extraordinario valor que tiene este tipo de fuente para la población, porque el recurso subterráneo que se aprovecha actualmente parece estar ya en el máximo límite de sus posibilidades de explotación y porque el más reciente de los estudios (de 1980) ya tiene casi 20 años de realizado.
- Resulta urgente tomar, como mínimo, la decisión de efectuar la medición periódica y sistemática de los niveles piezométricos del acuífero aprovechando que muchos pozos existentes así lo permiten. Según la literatura consultada no hay referencia de que se hayan hecho estudios con modelos matemáticos, tecnología que hoy en día se aplica ampliamente en todo el mundo, y es de reconocimiento general como la única vía para estudiar científicamente los problemas de evaluación, protección y conservación de este tipo de recurso natural.

Estimación de los costos de las Medidas Propuestas (en USD)

No.	Medida Propuesta	Costo de Inversión	Costo Anual
1	Estudio Integral Recursos Superficiales	30 000	
2	Estudio Integral Recursos Subterráneos	50 000	
3	Protección zonas de recarga del acuífero	1000	1 000
4	Estaciones de aforo en los ríos		7 500
5	Pozos de observación del agua subterránea		1 500
6	Censo general de pozos	2 000	
7	Zonas de protección sanitaria de los pozos	9 000	
8	Control de calidad del agua de los pozos		2 500
9	Registro de la producción de agua de los pozos		1 500
TOTALES		92 000	14 000

10. PROPUESTA DE COSTOS DE INVERSION POR AÑOS

SOLUCION 2. PLANTA UNICA EN EL TEMPORAL

COSTO DE INVERSION POR AÑOS EN \$USD. TASA DE CRECIMIENTO 5,01%

SANEAMIENTO DEL AREA URBANA. SOLUCION 2. PLANTA DE TRATAMIENTO UNICA EN EL TEMPORAL. TASA 5,01%.											
OBJETO DE OBRA	AÑO										
	2000	2001	2002	2003	2004	2008	2009	2023	2024	2028	2029
COLECTOR 1		654611	327305								
COLECTOR 2			294435								
COLECTOR 3		1069060	534530								
COLECTOR 4	289917	579835									
COLECTOR 5				483962	483962						
COLECTOR 6					352995						
Planta Primera Etapa.		1504608	324804								
Planta Segunda Etapa.						324804	649608				
Planta Tercera Etapa.								324804	649608		
Planta Cuarta Etapa.		324804								324804	649608
Total anual ciudad	289917	3808114	1481074	483962	836957	324804	649608	324804	649608	324804	649608

SOLUCION 2. PLANTA UNICA EN EL TEMPORAL

COSTO DE INVERSION POR AÑOS EN \$USD. TASA DE CRECIMIENTO 4,04%

OBJETO DE OBRA	AÑO										
	2000	2001	2002	2003	2004	2008	2009	2023	2024	2028	2029
COLECTOR 1		560616	280308								
COLECTOR 2			239181								
COLECTOR 3		786660	393330								
COLECTOR 4	261877	523754									
COLECTOR 5				407420	407420						
COLECTOR 6					308500						
Planta Primera Etapa.		1504608	324804								
Planta Segunda Etapa.						324804	649608				
Planta Tercera Etapa.								324804	649608		
Planta Cuarta Etapa.										324804	649608
Total anual ciudad	261877	3375668	1237623	407420	715920	324804	649608	324804	649608	324804	649608

11. MARCO FINANCIERO DEL SANEAMIENTO AMBIENTAL DEL RIO

Tasa de crecimiento 4,04%

OBRAS	FINANCIAMIENTO (\$usd)		
	FUENTE EXTERNA	CONTRAPARTE (20% total)	COSTO TOTAL
COLECTOR 1	672740	168185	840925
COLECTOR 2	191345	47836	239181
COLECTOR 3	911445	227862	1139311
COLECTOR 4	628505	157126	785631
COLECTOR 5	651872	162968	814840
COLECTOR 6	246800	61700	308500
Planta Primera Etapa.	1463530	365882	1829412
Planta Segunda Etapa.	779530	194882	974412
Planta Tercera Etapa.	779530	194882	974412
Planta Cuarta Etapa.	779530	194882	974412
Canasmoro	41210	10303	51513
Trancas	19962	4991	24953
Tomatas Grande	37133	9283	46416
Corana Norte	6970	1742	8712
Corana Sur	11090	2773	13863
TOTALES	7221192	1805297	9026493

Nota:

La contraparte es el Municipio y/o Prefectura (a través de un proyecto de concurrencia).

Las fuentes externas no están definidas, las posibles son las siguientes:

Fuente externa nacional: Fondo Nacional de Desarrollo Regional; Tesoro General de la Nación y Fondo de Inversión Social.

Fuente externa extranjera: Organización de Estados Americanos; Banco Mundial y Banco Interamericano de Desarrollo.

Tasa de crecimiento 5,01%

OBRAS	FINANCIAMIENTO (\$usd)		
	FUENTE EXTERNA	CONTRAPARTE (20% total)	COSTO TOTAL
COLECTOR 1	785534	196383	981917
COLECTOR 2	235548	58887	294435
COLECTOR 3	1282873	320718	1603591
COLECTOR 4	695802	173951	869753
COLECTOR 5	774340	193585	967925
COLECTOR 6	282396	70599	352995
Planta Primera Etapa.	1463530	365882	1829412
Planta Segunda Etapa.	779530	194882	974412
Planta Tercera Etapa.	779530	194882	974412
Planta Cuarta Etapa.	779530	194882	974412
Canasmoro	41210	10303	51513
Trancas	19962	4991	24953
Tomatas Grande	37133	9283	46416
Corana Norte	6970	1742	8712
Corana Sur	11090	2773	13863
TOTALES	7974978	1993743	9968721

Nota:

La contraparte es el Municipio y/o Prefectura (a través de un proyecto de concurrencia).

Las fuentes externas no están definidas, las posibles son las siguientes:

Fuente externa nacional: Fondo Nacional de Desarrollo Regional; Tesoro General de la Nación y Fondo de Inversión Social.

Fuente externa extranjera: Organización de Estados Americanos; Banco Mundial y Banco Interamericano de Desarrollo.

12. IDENTIFICACION Y SOLUCION A LOS PROBLEMAS PRESENTADOS. SANEAMIENTO DEL RIO GUADALQUIVIR. RESULTADOS DEL SEMINARIO - TALLER

PROBLEMAS IDENTIFICADOS	PROPUESTAS DE SOLUCION	COMPETENCIA INSTITUCIONAL	LINEAS DE COORDINACION INSTITUCIONAL	SUGERENCIAS Y OBSERVACIONES
Población de diseño	Censo del año 2000	INE Gobiernos Municipales SIB -Colegio de Arquit.	Prefectura Gobiernos Municipales	Formación de una institución que mantenga actualizados los datos al respecto
Alcantarillado de la ciudad	Rediseño del sistema	Gobierno Municipal COSSALT	Prefectura Municipios Cooperativa Financiadores	Revisión del plan 11 ciudades observando el crecimiento urbano. Estudiar la Implementación de un sistema tarifario para aguas residuales
	Completamiento del sistema	Idem	Idem	
Sistemas de tratamiento existentes.	Mejora de las lagunas	Prefectura Alcaldía Cooperativas de aguas Institutos	Prefectura Municipios Financiadores	Diseñar y construir nuevos sistemas a la brevedad
	Mantenimiento de cámaras	Idem	Idem	Idem
	Diseño de nuevo sistema	Idem	Idem	Idem
	Construcción de nuevo sistema	Idem	Idem	Idem
Residuales industriales	Monitoreo de los vertimientos	Gobiernos Municipales Cooperativas	Gobiernos Municipales Coperativas	
	Vertimiento con calidad de residual doméstico	Idem	Idem	
	Aplicación de legislación existente	Idem	Idem	
Residuos sólidos	Completar parque de equipos.	Gobierno Municipal Cooperativas U.A.J.M.S.	Idem	Programa de Capacitación para recolección y selección de residuos Educación Ambiental
	Prever área adicional de disposición.	Idem	Idem	
	Selección y recuperación de materias primas.	Idem	Idem	

Comunidades rurales con nucleamiento.	Diseño de alcantarillado simplificado.	Municipio Instituciones especializadas	Municipio Institucional	Alcantarillado simplificado
	Tratamientos tales como: Tanque séptico y disposición adecuada del efluente.	Idem	Idem	Idem
Tratamiento de San Lorenzo	Rediseño del sistema de tratamiento.	F.I.S. Gobierno Municipal de San Lorenzo Cooperativas de Aguas San Lorenzo	Reunión Departamental Recursos Hídricos	Rediseño inmediato Recomendación de la reunión
Estación de bombeo en Obrajes	Utilización solo en caso de emergencia.	Cooperativa Gobierno Municipal	Coop. COSSALT Gobierno Municipal	
Necesidad de protección del Acuífero subterráneo	Medición de niveles.	Prefectura y Municipios (Instituciones que deben gestionar recursos necesarios, para que la Universidad realice el monitoreo)	PEA Prefectura Gobierno Municipal O'NGs, etc	Estudio del área de sedimentación Ley de Aguas Estudio de Recursos Hídricos. Normar la perforación de pozos
	Monitoreo de la calidad.	Idem	Idem	
	Establecer zona de protección sanitaria.	Idem	Idem	
Calidad de los datos existentes de contaminación.	Sistema de monitoreo.	Universidad (INIBREH) Municipio Prefectura	Prefectura	

La Comisión ha aprobado la inclusión de la propuesta del Colegio de Arquitectos, que es la siguiente:

El Estudio debe incluir necesariamente aspectos tales como:

Desarrollo Urbano de la ciudad de Tarija, en un Plan coherente para el mismo y relacionado al estudio.

Forestación de la alta cuenca del Río Guadalquivir.

Un mejor y mas eficiente Control de Explotación de Aridos

La Agricultura en las veras del Río Guadalquivir y su área de influencia.

El Estudio del Paisajismo del área de influencia del Río.

La conclusión de la Mesa 2 es la Conformación de una Comisión multidisciplinaria que pueda hacer el seguimiento a la realización del Proyecto.