



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA

FACULTAD DE INGENIERIA

2020
RECEBIDA
MEXICO

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

" PLAN PARA EL MEJORAMIENTO DEL
MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES
DE LA CIUDAD DE TIJUANA,
BAJA CALIFORNIA "

FALLA DE ORIGEN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

ROGELIO GARCIA FLORES



MEXICO, D. F.

1995

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**EL PRESENTE TRABAJO SE IMPRIMIÓ CON EL APOYO DE
LA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA**



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-051/95

Señor
ROGELIO GARCIA FLORES
Presente.

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **M.I. LUIS MANUEL SALMONES HERNANDEZ**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

"PLAN PARA EL MEJORAMIENTO DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE TIJUANA, BAJA CALIFORNIA"

- INTRODUCCION**
- I. SITUACION ACTUAL**
 - II. PROBLEMATICA DE LAS AGUAS RESIDUALES**
 - III. PROPUESTAS DE SOLUCION PARA EL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES**
 - IV. CONCLUSIONES**

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, 14 de junio de 1995.
EL DIRECTOR.


ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/GMP*nl

**A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO Y A LA
FACULTAD DE INGENIERÍA POR AYUDAR CON MI FORMACIÓN
PROFESIONAL.**

**A LA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA Y EN ESPECIAL A LOS
INGENIEROS DE LA SUBGERENCIA DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
REGIÓN NORTE: ING. MAURICIO ALDANA, ING. ÁNGEL ORTEGA E
ING. HECTOR MADRID POR BRINDARME SU AMISTAD Y SU
APOYO EN LA REALIZACIÓN DE ESTA TESIS.**

GRACIAS

**AL M. EN I. LUIS MANUEL SALMONES HERNÁNDEZ POR SU
APOYO DESINTERESADO PARA LOGRAR QUE LA TESIS SE
PUDIERA LLEVAR A CABO.**

GRACIAS

**A MIS PADRES MARCELINA Y ADOLFO POR ENSEÑARME QUE
TODO SE LOGRA MEDIANTE TRABAJO Y QUE LUCHANDO SE
PUEDEN CONSEGUIR TODAS LAS METAS QUE TE HAS
PROPUESTO EN LA VIDA.**

GRACIAS DE TODO CORAZÓN.

**A SADY POR ALENTARME A SACAR ADELANTE LA TESIS Y POR
SER LA COMPAÑERA IDEAL.**

TE AMO.

ÍNDICE

TEMA	PÁGINA
I. INTRODUCCIÓN	1
II. SITUACIÓN ACTUAL	4
II.1 GENERALIDADES	4
II.2 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS DE LA POBLACIÓN	8
II.3 ORGANISMO OPERADOR DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO	10
II.4 SERVICIO DE AGUA POTABLE	14
II.4.1 FUENTES DE ABASTECIMIENTO	14
II.4.2 FUENTES FUTURAS	16
II.4.3 CALIDAD DEL AGUA	16
II.4.4 NIVEL DE SERVICIO	17
II.4.5 DEMANDA DE AGUA POTABLE	18
II.4.6 POTABILIZACIÓN	19
II.5 SERVICIO DE ALCANTARILLADO SANITARIO	20
II.6 SANEAMIENTO	21
III. PROBLEMÁTICA DE LAS AGUAS RESIDUALES	24
III.1 SITUACIÓN ACTUAL	24
III.2 ACTAS DE LA CILA	27
III.3 PROBLEMÁTICA	31
III.4 ALTERNATIVAS PARA LA SOLUCIÓN DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES	32

TEMA

PÁGINA

IV. PROPUESTA DE SOLUCIÓN PARA EL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES

38

V. CONCLUSIONES

43

BIBLIOGRAFÍA

45

I. INTRODUCCIÓN

PLAN PARA EL MEJORAMIENTO DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE TIJUANA, B.C.

La historia del abastecimiento y evacuación de aguas, empieza con el crecimiento de las ciudades antiguas, o de los centros religiosos o comerciales. Construidas como obras de magnitud y complejidad considerables, sus restos son monumentos a la sorprendente habilidad de los ingenieros antiguos. Los acueductos y drenajes de la antigua Roma y sus dominios son especialmente notables.

Sin embargo, el control definitivo de la calidad del agua como propósito, es de origen bastante reciente; se inicia con el crecimiento de las ciudades, cuando no pudieron satisfacerse las necesidades de una demanda abundante de agua potable y de la evacuación efectiva de las aguas residuales y otros desperdicios. Se captó agua de ríos contaminados o de pozos de escasa profundidad; era tal el esfuerzo para obtenerla que los habitantes la empleaban únicamente, y en caso extremo, para usos que consideraban de necesidad absoluta, tales como cocinar y raramente disponían de gran cantidad para su aseo personal.

Aunque las ciudades estuvieron provistas de sistemas de drenaje durante siglos, aquellos fueron construidos para conducir el escurrimiento de aguas de tormentas, y la descarga en los drenajes de los desechos fecales y de otra clase, estuvo prohibido hasta el siglo XIX; antes de esa época, el uso de drenajes existentes fue sólo clandestino.

La recolección de las materias fecales en los drenajes existentes pareció ofrecer un medio económico y rápido para resolver el dilema de estética e higiene. El resultado fue el uso de los drenajes combinados, llamados así por conducir tanto aguas pluviales como negras. Se justifica que los drenajes pluviales originales fueran construidos para descargar en ríos cercanos, lagos o estuarios de marea; sin embargo, cuando se vertieron también en estos drenajes aguas domésticas, su capacidad de recolección se vio saturada.

PLAN PARA EL MEJORAMIENTO DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE TIJUANA, B.C.

De este modo, las incomodidades tan felizmente eliminadas mediante el arrastre con aguas de materia de desecho, se transfirieron a las corrientes acuáticas, causando una atmósfera de hedor intenso y exasperación a todo el mundo. Para aliviar una situación de esa naturaleza, muchas corrientes pequeñas fueron cubiertas y convertidas en colectores, pero las mayores permanecieron abiertas con la desaprobación visual; de esto surgió la necesidad de construir sistemas independientes de drenajes sanitarios y pluviales para el tratamiento de las aguas residuales.

Pero esto no solucionó el problema, ya que siguen existiendo en la actualidad descargas de aguas residuales a ríos o al mar; este es el caso de la ciudad de Tijuana, donde la planta de tratamiento no tiene la capacidad suficiente para cubrir el gasto que se genera de aguas residuales, por lo que se ha formulado un programa de manejo y reuso del agua para la ciudad, que contribuya a su preservación y uso eficiente, y que permita desarrollar, en ese contexto, los proyectos que deben realizarse en el corto plazo.

El programa debe basarse en una planeación que tenga en cuenta la situación actual y previsible de la distribución de los asentamientos humanos, el patrón recomendable de los usos del suelo, las zonas de reserva ecológica, las demandas de agua y fuentes potenciales de abastecimiento, la infraestructura existente para el abastecimiento y distribución de agua potable, manejo y tratamiento del agua residual en un horizonte hasta el año 2020, con la finalidad de proponer criterios inductivos del desarrollo urbano, que favorezcan la utilización racional del agua, el suelo y la infraestructura.

PLAN PARA EL MEJORAMIENTO DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE TIJUANA, B.C.

Con el resultado de dicha planeación, se definirán:

- **La estrategia de tratamiento y reuso de las aguas residuales.**
- **Las nuevas bases de acuerdo con los Estados Unidos de América en el seno de la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA), para las acciones de saneamiento del río Tijuana.**
- **Los estudios básicos y proyectos ejecutivos necesarios para resolver el problema de saneamiento en el corto plazo.**

II. SITUACIÓN ACTUAL

II.1 GENERALIDADES

II.1.1 SITUACIÓN GEOGRÁFICA

La ciudad de Tijuana se localiza en las coordenadas geográficas 32°32'05" de latitud norte y 117°02'37" de longitud al oeste del meridiano de Greenwich. La altura media sobre el nivel del mar en la zona central es de 26 metros, encontrándose en la ciudad elevaciones que varían de 12 a 375 metros.

Está situada en el Estado de Baja California al noroeste de los Estados Unidos Mexicanos, la ciudad colinda al norte con la línea divisoria internacional que separa la ciudad del condado de San Diego, California. Al oeste limita con el Océano Pacífico, al este con el municipio de Tecate y al sur con el municipio de Ensenada.

II.1.2 CLIMA

El clima de la ciudad es de tipo mediterráneo templado, con precipitaciones en invierno que promedian los 300 mm al año. La temperatura media anual es de 18°C, registrándose temperaturas máxima de 36°C y mínima de 1°C.

II.1.3 POBLACIÓN

La ciudad tiene una población actual de 884,322 habitantes, con una tasa de crecimiento de 4.24% anual a partir de 1990. No obstante ha presentado altas tasas de crecimiento en las dos últimas décadas, debido a la posición fronteriza con el Estado de California, E.U.A., cuya producción agrícola demanda una gran cantidad de mano de obra de origen mexicano, lo que provoca una importante migración hacia esa ciudad.

PLAN PARA EL MEJORAMIENTO DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE TIJUANA, B.C.

El principal obstáculo que ha frenado el crecimiento ordenado y el progreso económico de Tijuana y su área metropolitana, ha sido la escasez de agua potable ya que está ubicada en una de las zonas más áridas del país. Por este motivo, el Gobierno de México, en coordinación con las autoridades locales y estatales, ha hecho una serie de esfuerzos para mejorar el abastecimiento de agua potable en la región.

Asimismo, la migración ha provocado que la mayor parte de la población de Tijuana no sea originaria de la ciudad o del mismo Estado; actualmente sólo el 42% de la población es originaria de la entidad y el 58% restante proviene principalmente de los Estados de Jalisco, Sinaloa, Michoacán, Sonora, Nayarit, Guanajuato y Distrito Federal. Aunado a que parte de los emigrantes no logran cruzar hacia los EE.UU., estos se quedan a residir y se emplean en la industria maquiladora, que ha tenido la capacidad de absorber la oferta de mano de obra.

Por lo anterior, se deduce que el flujo migratorio ha llegado a niveles tales, que representa ya la principal fuente de crecimiento poblacional; por ello, la tasa de crecimiento real de la ciudad (mayor al promedio nacional que es de 2.1%) supera a la tasa natural. El crecimiento natural de la mancha urbana, en particular de la población con menos recursos, va a seguir ocurriendo principalmente dentro de la cuenca, hacia el oriente, y en menor escala, en la zona de playas y hacia Rosarito, fuera de la cuenca, en la vertiente del Pacífico.

Con base en lo anterior, se pronostica una población superior al millón de habitantes en el año 2000, y 1.5 millones hacia el año 2010, como se muestra en la tabla No.1.

TABLA No. 1 PROYECCIÓN DE POBLACIÓN DE LA CIUDAD DE TIJUANA, B.C.

AÑO	POBLACIÓN (miles de habitantes)	TASA DE CRECIMIENTO (%)
1993	807,480	4.65
1995	884,322	4.24
2000	1'088,385	3.85
2005	1'314,665	3.50
2010	1'561,410	3.25
2013	1'718,649	3.25

La proyección de la población se calculó mediante la fórmula de interés compuesto, la cual es la más adecuada según un análisis de proyección de población:

$$P_f = P_a (1 + i)^n$$

Donde:

- P_f: Población futura (habitantes)
- P_a: Población actual (habitantes)
- i: Tasa de crecimiento (decimal)
- n: Numero de años

Tijuana, en su rol de ciudad con servicios estatales, está contenida en una de las zonas prioritarias para el desarrollo urbano del país. Se le considera un centro de población prioritario bajo las políticas de consolidación y ordenación. Se propone, aún cuando por diversos factores parezca remoto, la disminución de su ritmo de crecimiento, ya que la congestión provoca problemas cada vez más agudos de ineficiencia económica y social.

PLAN PARA EL MEJORAMIENTO DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE TIJUANA, B.C.

Otro factor igualmente importante, es la considerable reducción proporcional de la inversión pública en el Estado, y en particular en Tijuana; no sólo como consecuencia de la crisis, sino también como resultado de haberse concluido las obras del encauzamiento del río Tijuana, el acueducto Río Colorado-Tijuana y la urbanización de la zona comercial del río Tijuana.

Colateralmente, en el esfuerzo de racionalización de las entidades públicas, el gobierno municipal y los organismos de servicios públicos se han visto en la necesidad de revisar sus políticas financieras y de endeudamiento, a fin de lograr autosuficiencia, con el consecuente recorte de personal a su servicio y la disminución del ritmo de sus acciones.

Como contraparte de esta situación, a finales de la década de los 80's, se intensificó considerablemente el fenómeno de la industria maquiladora, poniendo en evidencia las ventajas de Tijuana como puerta de acceso al mercado norteamericano, como ya se había mencionado. Su efecto en la economía, y sobre todo en la oferta de empleo, puede compensar parcialmente los efectos de la situación antes mencionada.

II.2 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS DE LA POBLACIÓN

La actividad económica preponderante de la ciudad es el comercio, pero la industria tiende a cobrar cada vez mayor auge, de tal manera que una de las más polémicas discusiones entre los grupos de ciudadanos, es precisamente acerca de cuál debe ser la vocación económica de la ciudad (turística o industrial), ya que sobre la definición de ésta, depende la base de planeación y las estrategias de crecimiento para la misma.

Debido a la posición fronteriza de la ciudad de Tijuana con el Estado de California, ha sido receptora de importantes flujos migratorios. En la década de 1960-1970, con el programa de braceros en California, así como el arranque y crecimiento de la industria maquiladora, propiciaron un despegue explosivo, tanto en la población como en los flujos migratorios hacia la ciudad.

Este fenómeno se observa en la estructura de la población por grupos de edad, derivada de la información del XI Censo de Población y Vivienda, que muestra la mayor concentración en los grupos de 15-19 y 20-24 años.

El flujo migratorio, ha propiciado el problema del subempleo y el auge del comercio ambulante, los asentamientos irregulares y demás actividades informales que son fuente de distorsiones económicas y fallos del mercado a nivel local, sobre todo porque la infraestructura social no ha podido crecer al mismo ritmo que la población, y globalmente, la ciudad cuenta con un rezago de aproximadamente 5 años en cuestión de infraestructura.

Aún así, la migración no es una realidad negativa, es un indicador de actividad socioeconómica dinámica y generadora de empleos, ya que los emigrantes buscan como destino final los lugares con buena infraestructura social (vivienda, servicios,

PLAN PARA EL MEJORAMIENTO DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE TIJUANA, B.C.

transporte, educación, etc.), que por lo común son las ciudades más pobladas, como es el caso de Tijuana, en donde se han formado economías de aglomeración.

Es de notar, en este sentido, que a Baja California y en particular a Tijuana, según un estudio realizado por el Banco Nacional de México (Banamex) en 1992, se le atribuye la categoría de desarrollo industrial alto, misma que comparte con algunos otros Estados de la República. Al conjuntar factores socioeconómicos, el mismo estudio arrojó que Tijuana, junto con Mexicali, Hermosillo, Ciudad Obregón y Culiacán, son las ciudades del Noroeste con mayor potencial para acelerar su desarrollo en la presente década.

Esto es evidente; el desarrollo industrial reciente de la ciudad, ha permitido la aparición de la gran industria y se ha encontrado cierto grado de integración con empresas de menor tamaño, por lo tanto, se espera que a mediano y largo plazo, el empleo sea predominantemente industrial, con el correspondiente aumento en la demanda de servicios. Esta fase precisará elevar los salarios, condiciones de trabajo y prestaciones para atraer trabajadores, disminuyendo así, la alta rotación de personal que ha enfrentado la industria tijuanaense, y que en algunas plantas ha sido del 50% anual.

Tijuana se ha convertido en receptora neta de mano de obra; por ello, la infraestructura tiene cuellos de botella localizados, más que deficiencias generalizadas, por lo que bajo esta consideración deberá aplicarse la política de fomento que permita el despegue hacia un crecimiento autónomo

La importancia de lo aquí expuesto, es que ante la apertura comercial, solamente las regiones con mayor posibilidad de desarrollo serán las que cuenten con equipamiento suficiente, moderno y de calidad. Bajo esta visión se ha propuesto el proyecto, como parte de la actividad que le compete: infraestructura, dotación de agua potable y alcantarillado sanitario, que eleven el bienestar de la población.

II.3 ORGANISMO OPERADOR DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

II.3.1 TÉRMINOS GENERALES

La Comisión Estatal de Servicios Públicos (CESP), es la entidad encargada de suministrar a la zona urbana de Tijuana, a través del departamento en la misma ciudad, los servicios de agua potable y la recolección de las aguas residuales. De conformidad con el Decreto N° 44, del 20 de diciembre de 1966, emitido por la H. V Legislatura del Estado, el organismo opera con carácter descentralizado del Gobierno Estatal y cuenta con personalidad jurídica y patrimonio propio.

El organismo operador tiene actualmente una plantilla de 1,524 empleados que atienden en promedio a 187,316 tomas de agua potable y 102,209 descargas de alcantarillado; con lo cual se obtiene un índice por cada mil tomas y descargas de 5.47 empleados.

Por lo que corresponde al sistema comercial del organismo operador, el porcentaje de micromedición actualmente es del 78% (145,551), de los cuales existen aproximadamente 4,666 (3.2%) medidores descompuestos; en tanto que el restante 22% de las tomas no contaban con medición. Para 1995, se plantea continuar con un programa de micromedición con el propósito de completar la totalidad de las tomas.

Del total de tomas de agua potable; 174,006 tomas son de tipo doméstico, 11,002 tomas integran el sector comercial, 1,193 tomas corresponden al industrial y 1,115 tomas pertenecen al sector del gobierno. La clasificación de las tomas se muestra en la tabla No. 2.

TABLA No.2 CLASIFICACIÓN DE TOMAS POR TIPO DE USUARIO

TIPO DE USUARIO	TOMAS CON MEDIDOR	%	TOMAS SIN MEDIDOR	%	TOMAS TOTALES	%	DESCARGAS DE A.L.S.
Doméstico	133,311	71.1	40,695	21.7	174,006	92.8	89,504
Comercial	10,488	5.6	514	0.3	11,002	5.9	10,412
Industrial	1,193	0.7	0	0.0	1,193	0.7	1,181
Gobierno	559	0.3	556	0.3	1,115	0.6	1,112
TOTALES	145,551	77.7	41,763	22.3	187,314	100.0	102,209

II.3.2 ESTRUCTURA TARIFARIA

La tarifa de venta de agua, es el medio por el cual, se deben generar los recursos económicos para cumplir íntegramente la misión del organismo operador. Esto significa la operación eficiente del sistema de captación, potabilización, conducción, regulación y distribución del servicio de agua potable. En el esquema actual, la tarifa incluye un 35% para la operación del servicio de alcantarillado, es decir, la recolección, alejamiento primario y secundario, y disposición final de las aguas al cuerpo receptor.

Las tarifas buscan un equilibrio entre el beneficio social, para que el servicio lo reciba la mayoría de la gente a un precio accesible, dependiendo de su nivel de ingresos, proporcionando un subsidio que se absorbe en los usuarios comerciales e industriales y en algunos casos del propio Gobierno, sin que esto signifique una proporción elevada de su estructura de costos.

PLAN PARA EL MEJORAMIENTO DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE TIJUANA, B.C.

La tarifa también debe cubrir los costos financieros derivados de la expansión de los sistemas hidráulicos, así como las reposiciones y rehabilitaciones que deben hacerse para la conservación del sistema.

El organismo operador reporta que el consumo doméstico corresponde al 71.3% del volumen total facturado; mientras que el 13.5% pertenece al sector comercial, el 9.4% al sector industrial y el 5.8% al sector gobierno, para un total de 43.392 millones de m³ anuales.

Por su parte, el valor de la facturación total fue por el equivalente a N\$213.1 millones, lo que comparado con el volumen facturado total se obtiene una tarifa media de N\$4.91 por m³. Cabe señalar que en la facturación se incluyen las cifras correspondientes, tanto a los consumos de agua potable, como las que se cobran por el servicio de alcantarillado. Es decir, las tarifas medias obtenidas se integran por la de agua y la de alcantarillado en una proporción del 65% y 35% respectivamente.

La recaudación por agua potable y alcantarillado asciende a N\$191.1 millones, por lo que la CESP operó con un índice de eficiencia comercial de 89.68%.

II.4 SERVICIO DE AGUA POTABLE

II.4.1 FUENTES DE ABASTECIMIENTO

Las fuentes de abastecimiento actuales de la ciudad de Tijuana son cuatro, dos de origen superficial y dos subterráneas.

1) Aguas superficiales:

1.1) Las aguas de los ríos Tijuana y Las Palmas que se embalsan en la Presa Abelardo L. Rodríguez con un volumen efectivo de 137.9 Mill. de m³, terminada de construir en 1937. Esta presa se ha llenado al ocurrir fuertes precipitaciones en el año de 1978 después de casi 30 años de sequía en toda la zona. La capacidad de extracción a la presa es de 600 l/s hacia una planta potabilizadora de la misma capacidad.

Debido a que no existe una recarga continua, esta fuente no se considera confiable, pero en los periodos con lluvias se utiliza como fuente de apoyo para la época de verano y en casos de emergencias.

Para dotar a la comunidad con agua de calidad, se rehabilitó la planta potabilizadora de la Presa Abelardo L. Rodríguez, inyectando cloro y otras sustancias químicas para cumplir con la normatividad.

1.2) El Río Colorado, a través del Acueducto Río Colorado-Tijuana, cuyas características son: capacidad de conducción total 4.0 m³/s; seis estaciones de bombeo para elevar 1,060 m., cada una con cuatro equipos de 1.33 m³/s cada

PLAN PARA EL MEJORAMIENTO DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE TIJUANA, B.C.

uno; un túnel de 10.7 km y 54" de diámetro y 101 km de tubería de conducción hacia la Presa El Carrizo, con un volumen de almacenamiento de 40 millones de m³ y planta potabilizadora El Florido en la cota 250.00 m.s.n.m. con dos módulos de 2 m³/s.

Cabe señalar que el acueducto en el trayecto derivará 700l/s de los cuales 350l/s serán para suministrar agua a la ciudad de Tecate y 350l/s para la ciudad de Ensenada y 400l/s se perderían debido al paro y arranque del acueducto, por lo que a Tijuana se tendrían disponibles 2900l/s.

2) Las aguas subterráneas que abastecen a la ciudad son las siguientes:

2.1) Subálveo de los ríos Tijuana y Alamar, dentro del perímetro urbano mediante la utilización de 42 pozos, los cuales trabajan en forma intermitente con caudales entre 7 y 30 l/s y niveles estáticos que varían entre 5 y 9 m. Dada la ubicación de estos pozos, su caudal es estacional, pudiéndose estimar un rendimiento conjunto del orden de 370 l/s. Estos pozos carecen de equipos de cloración y son accionados por electrobombas.

2.2) Subálveo del río La Misión, ubicado a 67 km al sur de Tijuana, mediante la utilización de 3 pozos con rendimientos variables entre 15 y 60 l/s y capacidad total de 110 l/s. En la misma área de captación, existen 2 pozos más, equipados, que no funcionan. Este sistema entró en operación en 1963 y ha sufrido serios daños durante las lluvias torrenciales por estar ubicadas en el lecho del río.

Anteriormente, las aguas de mar eran utilizadas a través de una planta desaladora ubicada en Rosarito, adyacente a la central termoeléctrica que abastece de energía al área.

PLAN PARA EL MEJORAMIENTO DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE TIJUANA, B.C.

Se trataba de una planta antigua de condensación de vapor con capacidad de 60 l/s construida en 1960 y muy deteriorada, que producía agua de calidad aceptable pero de muy alto costo.

El agua de los pozos de La Misión se mezclaba con el agua producida por esta planta en Rosarito, en el punto denominado Tanque Mezclador, de donde se bombeaba hacia la ciudad. Se planea que esta fuente deje de aportar su caudal a la ciudad de Tijuana y se aproveche para la ciudad de Ensenada.

En resumen, y en relación con la capacidad de las fuentes de abastecimiento, se tiene lo siguiente: (ver tabla No. 3)

TABLA No. 3 FUENTES DE ABASTECIMIENTO

FUENTE	CAPACIDAD INSTALADA (l/s)	SUMINISTRO ACTUAL (l/s)
1.-Pozos Tijuana y Alamar	370	95
2.-Presa A. L. Rodríguez	600	377
3.-Ac. Río Colorado-Tijuana	4,000	1,507
4.-Ac. La Misión-Tijuana	150	59
5.-Pozos Rosarito	10	5
TOTAL	5,140	2,043

II.4.2 FUENTES FUTURAS

Con las fuentes actuales y la conclusión de la 2ª etapa de la planta potabilizadora El Florido, y considerando un consumo doméstico de 170 l/hab/día, la demanda sólo será satisfecha hasta el año 1996.

En lo referente al abastecimiento futuro de agua potable, se tienen como probables fuentes un segundo acueducto desde el río Colorado, o el uso de agua procedente de la mar que serían tratadas mediante una desaladora, por lo que se requiere un estudio técnico-económico que evalúe dichas alternativas.

Para el sistema de agua potable se requieren líneas de interconexión, un tanque de regulación y red de distribución en varias colonias, para lo cual se cuenta con todos los proyectos ejecutivos.

II.4.3 CALIDAD DEL AGUA

No obstante la potabilización, la CESP realiza muestreos mensuales de la calidad del agua en sitios estratégicos; el resultado de estos análisis indica que la calidad del agua es adecuada para el consumo humano.

También cuenta con 17 estaciones de cloración en pozos, plantas de bombeo y tanques; para conocer el cloro residual se monitorea en 27 puntos distintos de la ciudad.

II.4.3 NIVEL DE SERVICIO

La cobertura de la red de distribución de agua potable es del 91.6%, por lo que las zonas que carecen de este servicio se abastecen por medio de pipas.

El número de tomas domésticas es de 174,006. Mediante el factor de hacinamiento de 4.45 hab/vivienda, se obtiene una población servida de 774,327 habitantes, que referido a la población total, se determina la cobertura ya mencionada.

De las dos potabilizadoras se inician líneas de interconexión hacia tanques y estaciones de bombeo para su debido almacenamiento y/o regulación y su posterior distribución. Estas interconexiones suman 80 km de tubería de acero, concreto y P.V.C., cuyos diámetros varían entre 12" y 54".

Existen 92 tanques en operación con una capacidad total de 200,683 m³. Cabe señalar que existen 26 tanques fuera de servicio con una capacidad conjunta de 16,554 m³.

Sin embargo, la distribución es complicada ya que existe bombeo directo de pozos, ocasionando zonas con altas y bajas presiones.

En las zonas con altas presiones existe la mayor incidencia de fugas, mismas que se presentan en las instalaciones de tomas y micromedidores.

En cuanto a la macromedición, se cuenta con medidores en las plantas potabilizadoras así como en 37 sitios más.

Aún cuando la macromedición y la micromedición cuentan con una amplia cobertura, en el presente se detecta la necesidad de contar con la totalidad del suministro medido, así como del consumo por parte de los usuarios.

II.4.5 DEMANDA DE AGUA POTABLE

La demanda de agua potable, de acuerdo a la información de los consumos reportados por el organismo operador, se integra como se muestra en la tabla No. 4:

TABLA No. 4 DEMANDA DE AGUA POTABLE

TIPO DE USUARIO	CONSUMO (l/s)
Doméstico (Residencial)	980.21
Comercial	185.89
Industrial	129.76
Servicios Públicos	80.29
Agua no Contabilizada	666.38
TOTAL	2,042.33

Esta demanda total considera un 32.63% de agua no contabilizada, esto es, agua que no se factura, que incluye tomas clandestinas y pérdidas físicas por fugas, ya sea en la red o en tomas domiciliarias. Tomando en cuenta los anteriores consumos y a la población servida, se estimaron las siguientes proyecciones de la demanda, como se muestran en la tabla No. 5:

TABLA No. 5 DEMANDA FUTURA DE TIJUANA

AÑO	POBLACION	DEMANDA (l/s)
1995	822,448	3,353.0
1998	888,385	3,542.3
2000	1'033,769	3,860.6
2005	1'248,724	4,612.3
2010	1'483,327	5,436.2
2013	1'632,702	5,963.2

II.4.6 POTABILIZACIÓN

En la actualidad existen funcionando dos plantas potabilizadoras que a continuación se mencionan:

- 1) Presa Abelardo L. Rodríguez, que entró en operación en 1975, con una capacidad de 600 l/s.
- 2) Planta El Florido, que opera con 2,000 l/s, recibe el caudal de la Presa El Carrizo. Actualmente ya se encuentra terminada la segunda etapa de la planta potabilizadora con capacidad de 2,000 l/s, lo que da una capacidad total de 4,000 l/s.

II.5 SERVICIO DE ALCANTARILLADO SANITARIO

El sistema de alcantarillado es de tipo separado, cuya cobertura es del 66%, obtenida por medio de 108,873 descargas domiciliarias, que a razón de 4.45 personas por descarga resulta una población servida de 484,488 habitantes.

Es importante señalar que existe un número considerable de descargas clandestinas, además de que existe un gran número de descargas que aún no se han conectado a la red.

La red de alcantarillado sanitario cuenta con una longitud de aproximadamente 400 km, conformadas por atarjeas, subcolectores, colectores y emisores cuyos diámetros varían de 8" a 42".

Esta red se auxilia de 22 cárcamos y 3 estaciones de bombeo con las que se impulsa el agua hasta llegar al canal emisor, mismo que conduce las aguas servidas hasta la planta de tratamiento de San Antonio de los Buenos; no obstante, parte del agua servida descarga directamente hacia los Estados Unidos de América.

Una de las prioridades es elevar la cobertura del sistema de alcantarillado para evitar el uso de las fosas sépticas.

II.5.1 PRINCIPALES DEFICIENCIAS DEL SISTEMA

Se requiere ampliar la red principal recolectora, así como extender el servicio a numerosas colonias.

Deberá darse una solución técnica definitiva al alejamiento de las aguas servidas en forma tal que no se agraven las condiciones ambientales. Es evidente que desde este punto de vista es inaceptable descargar en forma cruda en las playas de Tijuana, en una zona de alta ocupación residencial, y además contaminar las playas de San Diego. Esta solución deberá ser acordada pronto, pues la línea internacional de emergencia dejaría de funcionar a fines de 1995.

Como parte de la solución, cabe mencionar que la planta de bombeo No. 2, incluyendo su línea de presión, ya se encuentra funcionando, cumpliendo con ello una de las necesidades fundamentales del servicio de alcantarillado en Tijuana.

II.6 SANEAMIENTO

Como se ha mencionado anteriormente, la disposición de las aguas residuales ha sido ya un problema histórico en la ciudad de Tijuana, por lo que la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana (CESP) reconoce la máxima prioridad para la ejecución del programa de saneamiento.

El sistema de saneamiento se compone de una estación de bombeo denominada PB 1, que cuenta con sistema de rejillas, 3 desarenadores, tanque de regulación y casa de bombas (con 3 equipos y uno de reserva) para manejar 660 l/s cada una. Tubería a presión de concreto presforzado de 1.02 m de diámetro y 4.4 km de longitud hasta el punto más alto del sistema, que termina en una caja rompedora de presión, donde por gravedad, y por medio de un canal abierto de 12.5 km de longitud, se conducen las aguas residuales hasta la planta de San Antonio de los Buenos, cuyo proceso consiste en 2 lagunas facultativas con aireadores y una laguna de pulimento.

PLAN PARA EL MEJORAMIENTO DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE TIJUANA, B.C.

Dicha planta tiene un gasto de diseño de 750 l/s; sin embargo, actualmente se están tratando 1,008 l/s de los 1,223 que se generan, lo cual indica que no se está tratando adecuadamente las aguas negras, cuya disposición final es la mar. Por esta razón, y por la descarga de agua cruda en el condado de San Diego, es necesaria la planta de tratamiento binacional, la cual tendrá una capacidad para 1,100 l/s. Se inició su construcción en 1995, para entrar en operación en 1996.

Todo lo anterior podrá ser modificado si Estados Unidos de América construye la planta de tipo primario avanzado para un gasto de 550 l/s en el año de 1995, esto mientras entra en operación la planta binacional.

Existe una planeación, por parte del organismo operador, de 4 plantas de tratamiento para las aguas negras de los crecimientos futuros en las colonias periféricas de la ciudad. Actualmente la CESP está construyendo con recursos propios la planta donde descargarán los colectores Tecolote y La Gloria, la cual cuenta con un 50% de avance físico. Esta planta se conformará de 3 lagunas facultativas en serie, una será de sedimentación y otra de moderación.

En el caso específico del Río Tijuana, la planta de bombeo que se encarga de captar los escurrimientos de las aguas negras, no está operando actualmente, debido a que las descargas de la Presa Barret a dicha corriente, por su magnitud, hacen impráctica la operación de la planta.

Con relación a la operación actual del sistema de alejamiento y tratamiento de Tijuana, se asienta que se encuentra sobrecargado por manejar un volumen de agua mayor al originalmente contemplado, como consecuencia del retraso de la construcción de la planta internacional; denominada Binacional.

PLAN PARA EL MEJORAMIENTO DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE TIJUANA, B.C.

Actualmente, la única planta que realiza el tratamiento de las aguas residuales se denomina Planta de Tratamiento de San Antonio de los Buenos, localizada en el kilómetro 16.5 de la Autopista Escénica Tijuana-Ensenada, a la altura de Punta Bandera y dentro de la Delegación Municipal San Antonio de los Buenos. Dicha planta comenzó a operar en febrero de 1987; sin embargo, en octubre del mismo año se suspenden las pruebas para impermeabilizar dos de las tres lagunas, para finalmente en febrero de 1988 reiniciar operaciones, prácticamente ininterrumpidas hasta la fecha.

La planta tiene un tipo de tratamiento secundario, por medio de lagunas aireadas facultativas con laguna de pulimento, y la desinfección se realiza con gas cloro.

Por otra parte, los requerimientos para la operación eficiente de la planta son de 3,295 KW/H de energía eléctrica, 150 m³ mensuales de agua potable y aire a razón de 12.8 m³/s.

III. PROBLEMÁTICA DE LAS AGUAS RESIDUALES

III.1 SITUACIÓN ACTUAL

Partiendo de los compromisos adquiridos por el Gobierno Mexicano en las Actas 270 y 283, de la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA), así como de la exposición de la situación de las obras comprometidas en dichas Actas, se procedió a recabar información con los diferentes organismos a cargo de las mismas.

El propósito de esta recopilación preliminar, y su posterior análisis, tuvo como objetivo el verificar las condiciones en que está operando el manejo de las aguas residuales de la ciudad de Tijuana, sus probables deficiencias, si las hay, y poder definir las medidas correctivas que se requieran, para garantizar que la capacidad instalada opere eficientemente y sirva de base a las ampliaciones que se requieran para cubrir el crecimiento futuro de la ciudad.

La información proporcionada permitió ratificar que el sistema de saneamiento existente, concentra todas las aguas residuales generadas por Tijuana, y captadas por el sistema de alcantarillado de la ciudad, en la planta de bombeo No.1 y su sistema de conductos que llevan esas aguas a la planta de tratamiento de San Antonio de los Buenos.

Se cuenta con las plantas potabilizadoras "El Florido" y "Presa Rodríguez", con capacidad de 4,000 y 600 l/s respectivamente; a la primera se le acaba de construir un módulo de 2,000 l/s; ambas plantas tienen líneas de interconexión hacia tanques y estaciones de bombeo para su almacenamiento y/o regulación, para su posterior distribución. Dichas interconexiones suman 80 km de tubería; además se tienen 92 tanques en operación con una capacidad conjunta de 200,683 m³. Cabe señalar que existen 26 tanques fuera de servicio con una capacidad de 16,554 m³.

PLAN PARA EL MEJORAMIENTO DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE TIJUANA, B.C.

La distribución es complicada ya que existe bombeo directo a la red, ocasionando zonas de altas presiones con una gran incidencia de fugas.

La red de alcantarillado cuenta con 37.0 km de interceptores, 66.3 km de colectores y 340 km de red de atarjeas. El gasto medio de aguas residuales actual y del año 2010 es de 1,233 y de 5,319 l/s, respectivamente.

El sistema de alejamiento de la ciudad de Tijuana esta constituido actualmente por la siguiente infraestructura: (ver tabla No. 6 y figura No. 1).

TABLA No. 6 INFRAESTRUCTURA ACTUAL

PB-1	1,200
Línea a presión	2,000
Estructura de alejamiento **	
• Tubería enterrada	2,400
• Canal	2,450
Planta de tratamiento San Antonio de los Buenos	1,100
Planta de tratamiento La Gloria (en construcción)	77
Planta de bombeo Matadero	153
Planta de bombeo Laureles	22
Planta de bombeo Playas de Tijuana	94

NOTAS:

**La capacidad de conducción actual esta restringida exclusivamente por dos sifones que cuentan con capacidad de 1,800 y 1,700 l/s.

PLAN PARA EL MEJORAMIENTO DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE TIJUANA, B.C.

La infraestructura actual opera de la siguiente manera:

Los interceptores oriente y poniente descargan al interceptor internacional, y éste a su vez hacia la planta de bombeo No.1, de esta planta se envía el agua hacia una caja rompedora de presión, donde también descargan los gastos de las plantas de bombeo de matadero y laureles; de esta caja escurre a gravedad por medio de una estructura de alejamiento compuesta por una tubería y un canal trapezoidal, en cuyo trayecto descarga la planta de bombeo de Playas de Tijuana y finalmente mediante otra estación de bombeo a la planta de tratamiento de San Antonio. (Ver figura No. 1)

TESIS SIN PAGINACION

COMPLETA LA INFORMACION

INFRAESTRUCTURA DE SANEAMIENTO ACTUAL EN LA CD. DE TIJUANA, B.C.

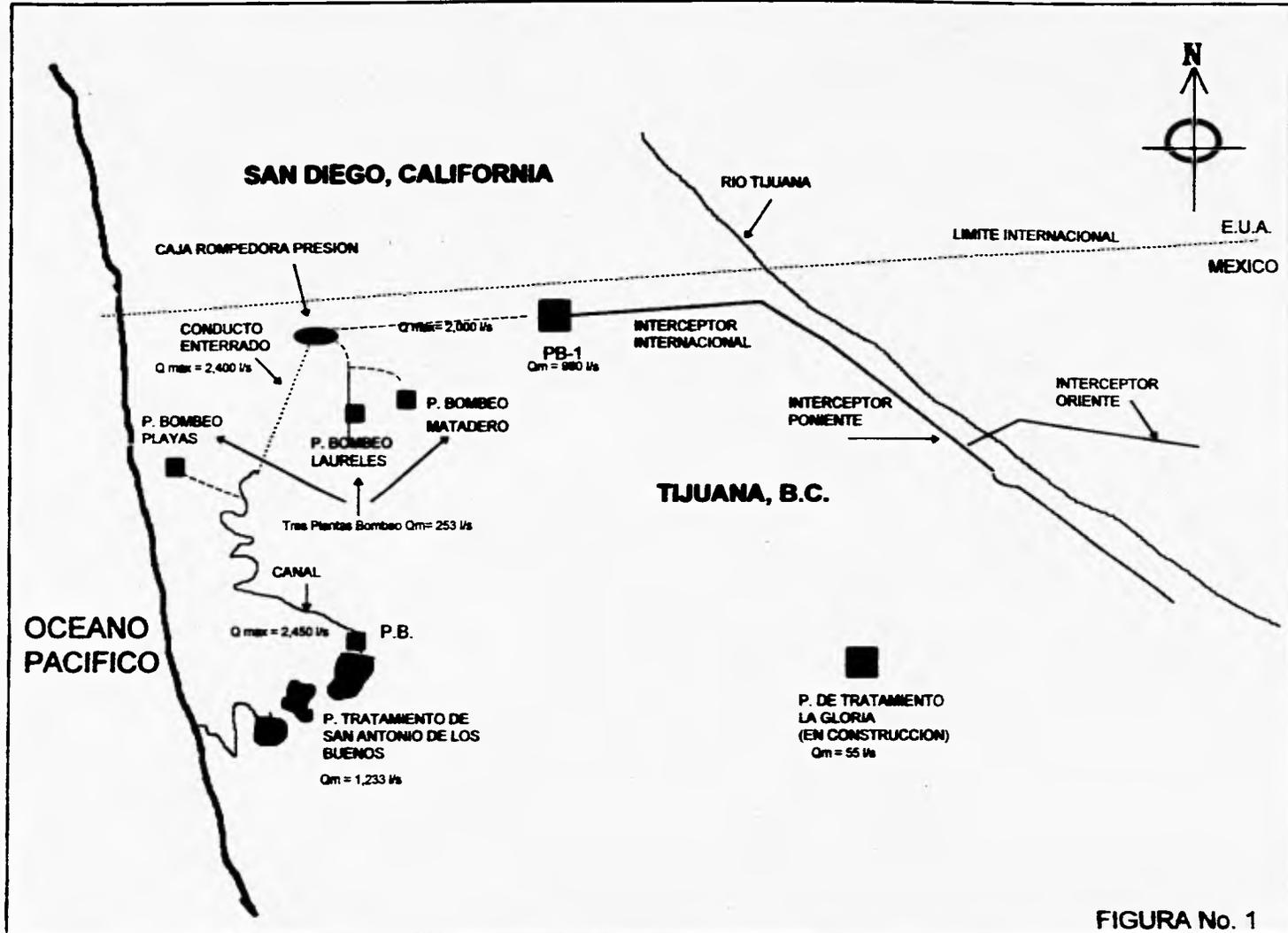


FIGURA No. 1

III. 2 ACTAS DE LA CILA

El día 3 de febrero de 1944, en Washington, D. C. se celebró y firmó, entre México y los Estados Unidos de América, un Tratado de Distribución de las Aguas Internacionales de los ríos Colorado, Tijuana y Bravo, desde Fort Quiman, Texas, Estados Unidos de América, al Golfo de México, cuyo texto es:

TRATADO SOBRE DISTRIBUCIÓN DE AGUAS INTERNACIONALES ENTRE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS Y LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA.

Para evitar las dificultades ocasionadas con motivo de los cambios que tienen lugar en el cauce de los ríos Bravo (Grande) y Colorado, cambiará su nombre por el de Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA), entre México y los Estados Unidos, la que continuará en funciones por todo el tiempo que el presente Tratado esté en vigor.

La aplicación del presente Tratado, la reglamentación y el ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones que los dos Gobiernos adquieren, en virtud del mismo, y la resolución de todos los conflictos que originen su observancia y ejecución, quedan confiados a la Comisión Internacional de Límites y Aguas que funcionará de conformidad con las facultades y restricciones que se fijan en este Tratado.

La Comisión tendrá plenamente el carácter de un organismo internacional y estará constituida por una sección mexicana y por una sección de los Estados Unidos. Cada sección será encabezada por un Comisionado ingeniero.

Cuando en este Tratado se establece acción conjunta o el acuerdo de los dos Gobiernos o la presentación a los mismos de informes, estudios o proyectos, u otras

PLAN PARA EL MEJORAMIENTO DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE TIJUANA, B.C.

estipulaciones similares, se entenderá que dichos asuntos serán de la competencia de la Secretaría de Relaciones Exteriores de México y de la Secretaría de Estado de los Estados Unidos, o que se tratarán por su conducto.

La Comisión, y cada una de las secciones que la constituyen, podrán emplear a los auxiliares y consejeros técnicos, de Ingeniería y legales, que estimen necesarios. Cada Gobierno reconocerá carácter diplomático al Comisionado del otro. El Comisionado tendrá dos ingenieros principales, un consejero legal y un secretario, designados por el Gobierno como miembros de su sección de la Comisión, tendrán derecho a todos los privilegios e inmunidades pertenecientes a funcionarios diplomáticos. La Comisión y su personal podrán llevar a cabo, con toda libertad, sus observaciones, estudios y trabajos de campo en el territorio de cualquiera de los dos países.

La jurisdicción de la Comisión se ejercerá sobre los tramos limítrofes del río Bravo (Grande) y del río Colorado, sobre la línea divisoria terrestre entre los dos países y sobre las obras construídas en aquéllos y en ésta. Cada una de las secciones tendrá jurisdicción sobre la parte de las obras situadas dentro de los límites de su nación y ninguna de ellas ejercerá jurisdicción o control sobre obras construídas o situadas dentro de los límites del país de la otra sección sin el expreso consentimiento del Gobierno de esta última.

Las obras construídas, adquiridas o usadas en cumplimiento de las disposiciones de este Tratado y que se encuentren ubicadas totalmente dentro de los límites territoriales de cualquiera de los dos países, aunque de carácter internacional, quedarán, con las excepciones expresamente señaladas en este Tratado, bajo la exclusiva jurisdicción y control de la sección de la Comisión en cuyo país se encuentren dichas obras.

PLAN PARA EL MEJORAMIENTO DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE TIJUANA, B.C.

Los gastos que demande el sostenimiento de cada sección de la Comisión serán sufragados por cuenta del Gobierno del cual dependa. Los gastos comunes que acuerde la Comisión serán cubiertos por mitad por ambos Gobiernos. (Se han mencionado los puntos sobre el tratado que se consideran más importantes).

La Comisión se reunió en las oficinas de la sección estadounidense en el Paso, Texas, siendo las 10.00 horas del día 2 de julio de 1990, a fin de considerar un plan inmediato de solución internacional que proporcione la adecuada recolección, tratamiento y disposición final de las aguas residuales en exceso a las capacidades instaladas en las ciudades de Tijuana y San Diego.

De esta reunión surgió el ACTA 283 que se denominó: **PLAN CONCEPTUAL PARA LA SOLUCIÓN INTERNACIONAL DEL PROBLEMA FRONTERIZO DE SANEAMIENTO EN TIJUANA, BAJA CALIFORNIA - SAN DIEGO, CALIFORNIA.**

En el acta 283 de la Comisión Internacional de Límites y Aguas, del 2 de julio de 1990, ambos países acordaron principalmente lo siguiente:

- La participación del Gobierno de México en la construcción, operación y mantenimiento de una planta internacional de tratamiento en los E.U.A. para sustituir la construcción del segundo módulo de la primera etapa de la planta de Tratamiento en San Antonio de los Buenos, con capacidad inicial de 1,100 l/s. (25 millones de galones diarios), quedando pendiente de deducir su máxima capacidad.
- La obligación de México de terminar el sistema de alcantarillado de Tijuana, incluyendo conducción, tratamiento y disposición final.

PLAN PARA EL MEJORAMIENTO DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE TIJUANA, B.C.

- Si México construye la planta de tratamiento de El Alamar, debe construir las obras necesarias para conducir las aguas tratadas en esta planta hasta la binacional. El Gobierno Americano aportaría hasta 4 millones de dólares para estas obras.
- El costo de construcción, operación y mantenimiento de la planta binacional será cubierto por los dos gobiernos. De los costos anteriores, México cubrirá los correspondientes a la planta planeada en El Alamar, los cuales serán determinados conjuntamente. El costo de construcción imputable a México se cubrirá en 10 pagos anuales a partir de la puesta en marcha. Los de operación y mantenimiento serán cubiertos anualmente.
- La planta binacional cumplirá con las normas de los Estados Unidos de América y su planeación, programación de obras y erogaciones, diseño, construcción operación y mantenimiento, serán establecidas por la CILA, sujetos a la aprobación de ambos gobiernos.
- Los costos de operación y mantenimiento de la planta pueden ser cubiertos por México mediante suministro de energía eléctrica para la planta.
- Los lodos de la planta deben disponerse en territorio mexicano.
- Los gobiernos se reservan los derechos de disponer de sus respectivas aguas crudas así como el retorno del efluente de la planta que les corresponda.
- El Gobierno de México exigirá pretratamiento a todas las industrias.
- La CILA supervisará todas las obras.

- El Gobierno Mexicano asegurará que no existan descargas tratadas o no tratadas al río Tijuana que crucen la frontera.
- Todo estará sujeto a la disponibilidad de fondos, y en el caso de México, a la aprobación de la Secretaría de Programación y Presupuesto.

III. 3 PROBLEMÁTICA

El problema en la zona de Tijuana-San Diego, tiene su origen en las descargas de aguas residuales sanitarias no tratadas de la ciudad de Tijuana hacia el norte por los cursos naturales de drenaje y por el río Tijuana, atravesando la línea divisoria internacional hacia territorio de los Estados Unidos; además, en ciertas épocas del año, las corrientes litorales de las aguas costeras corren hacia el norte, por cuyo motivo las aguas residuales de Tijuana descargadas al mar, al sur de la línea divisoria, son arrastradas al norte hasta las playas de Tijuana y del sur de San Diego.

Por estos motivos, se han ocasionado frecuentes y prolongados períodos de contaminación de las aguas costeras y de las playas en ambos lados de la frontera así como del río Tijuana y de sus márgenes, creando serios peligros para la salud y el bienestar de los habitantes de la región e impidiendo el uso benéfico de dichas aguas. Actualmente el funcionamiento del sistema de saneamiento es deficiente; sus principales fallas son:

- Derrames de la planta de bombeo (PB-1), provocando la inundación de calles aledañas y a la Av. Internacional durante las horas de máxima descarga. Esto debido a su falta de capacidad de bombeo y regulación, así como a la ineficiente operación del mismo.

PLAN PARA EL MEJORAMIENTO DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE TIJUANA, B.C.

- Alto costo de operación y mantenimiento de la PB-1, debido a la inadecuada selección del equipo, ya que no está fabricado para trabajar con aguas negras.
- La planta de tratamiento opera por encima de su capacidad de diseño de 750 l/s, ya que actualmente recibe 1,250 l/s. Aunado a lo anterior, la calidad del agua residual que llega a la planta contiene, en forma intermitente, grasas, aceites y metales pesados que inhiben el proceso.

III.4 ALTERNATIVAS PARA LA SOLUCIÓN DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES

Ante la posibilidad de que no se construya la planta internacional, debido a los retrasos en su programación y a la presión de grupos ecologistas estadounidenses, quienes no permiten que se descarguen aguas tratadas al Océano Pacífico y dañar el estuario del río Tijuana, a la fecha se han llevado a cabo análisis técnicos-económicos a corto, mediano y largo plazo, tomando en consideración los acuerdos del ACTA 283.

Por lo anterior, una alternativa de solución podría ser la de descargar aguas residuales tratadas al río Tijuana, en este caso lo importante sería modificar el acuerdo del ACTA 283 que lo prohíbe.

En consecuencia, es prioritario llevar a cabo un estudio de alternativas a mayor detalle, incluyendo la caracterización y aforos del agua residual, para definir la más adecuada que el Gobierno de México plantearía a Estados Unidos para dar solución al saneamiento, dicho estudio representa una inversión aproximada de N\$800,000. Con base a lo anterior, se podrían especificar los estudios y proyectos necesarios para el saneamiento integral, que deberá incluir el proyecto ejecutivo para la rehabilitación y ampliación de la planta de tratamiento de San Antonio de los Buenos.

PLAN PARA EL MEJORAMIENTO DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE TIJUANA, B.C.

Las dos alternativas planteadas son las siguientes:

ALTERNATIVA No.1

Esta alternativa toma como base los acuerdos de las Actas 270 y 283 de la Comisión Internacional de Límites y Aguas México-Estados Unidos (CILA). Para dar cumplimiento a ello, la distribución de las aguas residuales generadas por la Ciudad de Tijuana se tratarían tanto en la Planta Binacional ubicada en los Estados Unidos como en Plantas de Tratamiento ubicadas dentro de la Ciudad.

En la tabla No. 7 se presentan las plantas necesarias, así como su capacidad a gasto medio y gasto máximo y la inversión requerida (ver figura No. 2):

TABLA No. 7 INVERSIÓN QUE SE REQUIERE EN LA ALTERNATIVA No. 1

PLANTA DE TRATAMIENTO	CAPACIDAD (l/s)		INVERSIÓN N\$
	Q MEDIO	Q MAX	
1.- Binacional	1,525	3,300	80'131,818
2.- La Gloria (en construcción)	55	77	
3.- San Antonio de los Buenos			
I. Tratamiento Primario Avanzado	1,350	2,000	52'500,000
II. Adecuación de planta de bombeo			1'000,000
III. Ampliación sifones		2,450	250,000
IV. Rehabilitación de PB1	980	1,410	6'000,000
TOTAL DE CAPACIDAD EN LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO	2,930	5,377	139'881,818

ALTERNATIVA No. 1 SANEAMIENTO DE LA CD. DE TJUANA, B.C.

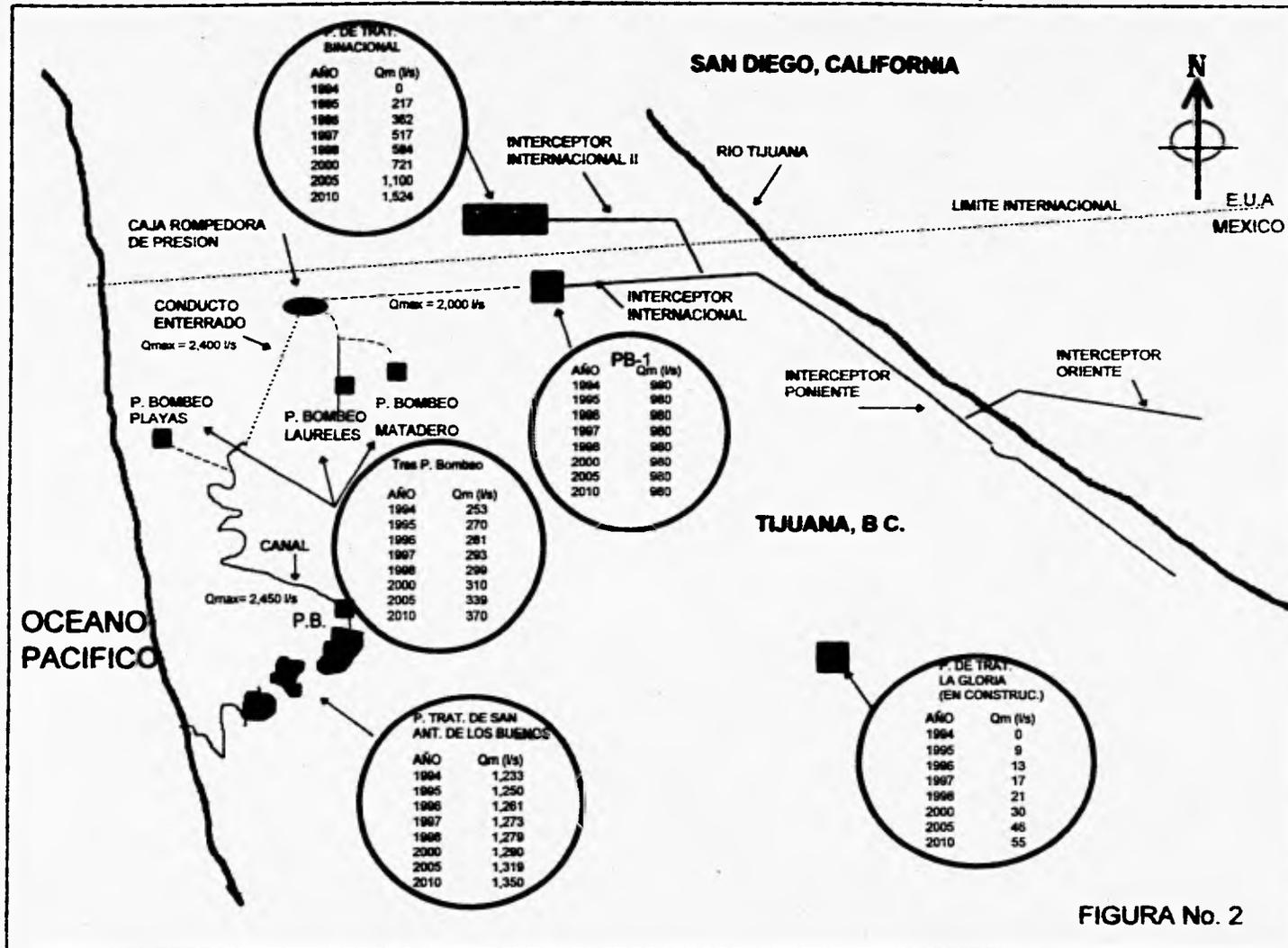


FIGURA No. 2

Cabe señalar, que el costo de la Planta de San Antonio de los Buenos corresponde a un tratamiento primario avanzado o de aireación extendida, siendo la primera la más económica. Con la inversión anterior podrá cumplir con las condiciones de descarga y tener una capacidad de tratamiento en gasto medio de 1,350 l/s y un gasto máximo de 2,000 l/s; incluye la rehabilitación de la PB-1, la cual tiene un costo aproximado de N\$6 millones para manejar un gasto medio de 980 l/s y un gasto máximo de 1,410 l/s.

Asimismo, los sifones No.1 y No. 5 del canal de alejamiento, requerirán ampliar su capacidad para que permitan un gasto máximo de 2,450 l/s.

ALTERNATIVA No.2

En reunión celebrada el 2 septiembre próximo pasado en las oficinas de la CILA/México en Ciudad Juárez, Chih., la sección de Estados Unidos de la CILA planteó que debido a la oposición de grupos ecologistas norteamericanos, el efluente de la Planta Binacional de Tratamiento Primario avanzado debe ser retornado a México para incorporarse al sistema de alejamiento de aguas residuales de la Ciudad de Tijuana, en tanto no se construya el emisor submarino, el cual tiene un costo de 300 millones de dólares, y que será pagado por el gobierno de los Estados Unidos de América.

Ante esta perspectiva se decidió analizar la situación buscando una solución que contemplara que la totalidad de las aguas residuales se trataran en plantas ubicadas en territorio mexicano.

Para cubrir en su totalidad el tratamiento de las aguas residuales generadas al año 2010, se replanteó la idea de construir una Planta de Tratamiento en el sitio del Alamar, considerando que en la actualidad existe todavía área disponible para su

PLAN PARA EL MEJORAMIENTO DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE TIJUANA, B.C.

ubicación y que las modificaciones requeridas a la infraestructura de drenaje actual son menores, además de que su área de captación es aproximadamente del 48 al 51% de la cobertura del sistema.

La construcción de esta planta se llevaría a cabo en forma modular de acuerdo al crecimiento esperado de la población por servir, debiendo iniciarse su construcción en 1995, en virtud de que el efluente de esta planta debe verter hacia el río Tijuana, se ha considerado la implementación de un sistema de tratamiento secundario que cumpliría con las normas de descarga de aguas residuales, pero en caso de que se necesitara un tratamiento terciario, se separa el costo de este tratamiento que proporcionaría a las aguas tratadas una calidad compatible con la requerida para su vertido final en áreas de reserva ecológica en los Estados Unidos.

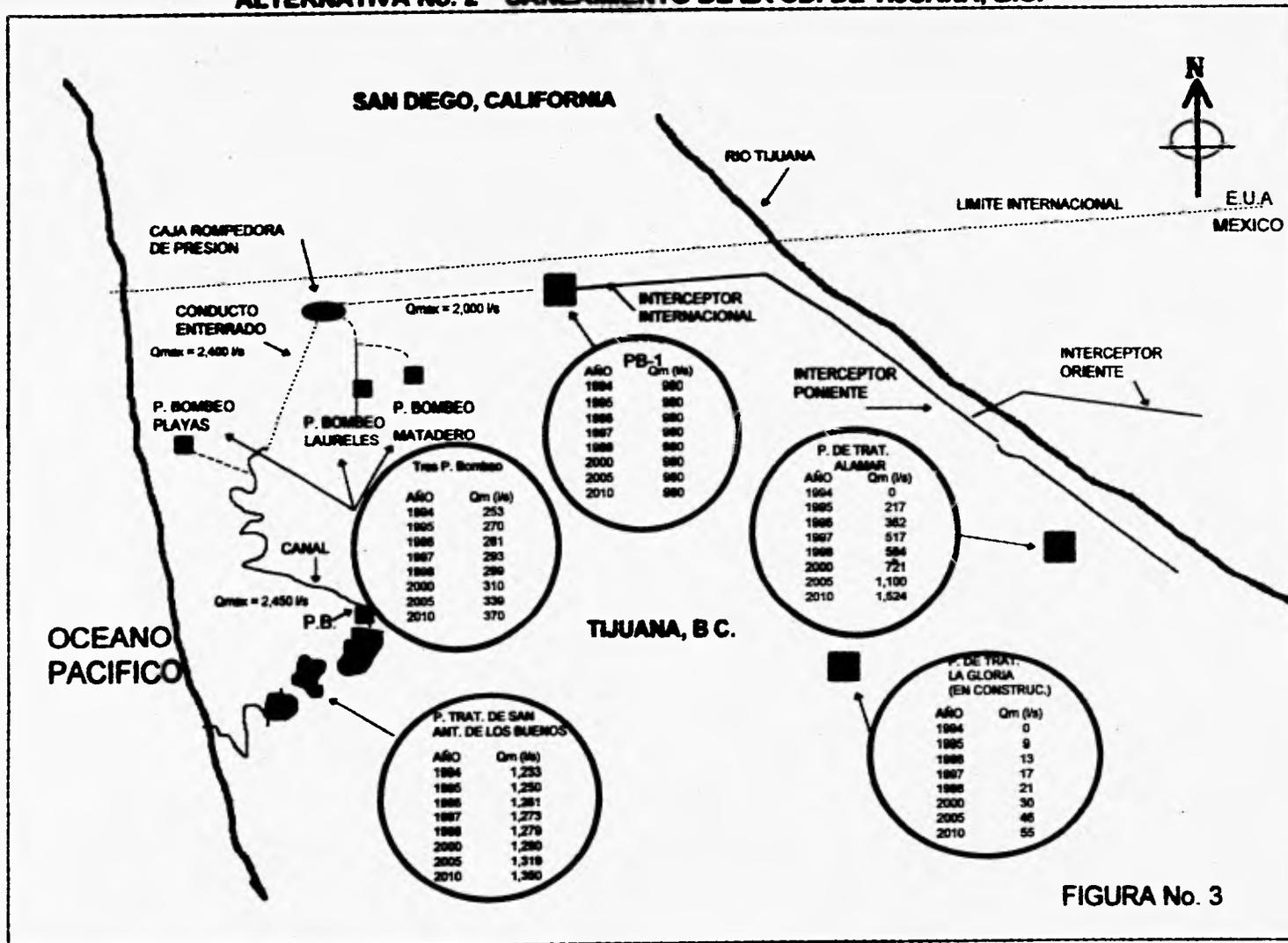
PLAN PARA EL MEJORAMIENTO DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE TIJUANA, B.C.

En la tabla No. 8 se muestra la infraestructura necesaria, así como la inversión de esta alternativa (ver figura No. 3):

TABLA No. 8 INVERSIÓN QUE SE REQUIERE EN LA ALTERNATIVA No. 2

INFRAESTRUCTURA	CAPACIDAD (l/s)		INVERSIÓN N\$
	MEDIO	MÁXIMO	
1.- Planta de tratamiento de San Antonio de los Buenos			
I. Tratamiento Primario Avanzado	1,350	2,000	52'500,000
II. Adecuación de planta de bombeo			1'000,000
III. Ampliación Sifones			250,000
IV. Rehabilitación de PB1	980	1,410	6'000,000
SUBTOTAL	1,350	2,000	59'750,000
2.- Planta de tratamiento Alamar			
I. Tratamiento Secundario de Lodos Activados	1,525	3,300	79'000,000
II. Tratamiento Terciario			46'000,000
III. Modificación de Colectores del sistema de drenaje			3'500,000
IV. Construcción de carcamo de bombeo Artesanías			1'000,000
V. Conducción a presión carcamo de bombeo Artesanías - Alamar			4'900,000
SUBTOTAL	1,525	3,300	134'400,000
3.- Planta de tratamiento la Gloria (en construcción)	55	77	
TOTAL DE CAPACIDAD EN LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO	2,930	5,377	194'150,000

ALTERNATIVA No. 2 SANEAMIENTO DE LA CD. DE TJUANA, B.C.



AÑO	Qm (l/s)
1994	980
1995	980
1996	980
1997	980
1998	980
2000	980
2005	980
2010	980

AÑO	Qm (l/s)
1994	0
1995	217
1996	382
1997	517
1998	584
2000	721
2005	1,100
2010	1,524

AÑO	Qm (l/s)
1994	1,233
1995	1,250
1996	1,261
1997	1,273
1998	1,279
2000	1,290
2005	1,319
2010	1,380

AÑO	Qm (l/s)
1994	0
1995	9
1996	13
1997	17
1998	21
2000	30
2005	46
2010	55

PLAN PARA EL MEJORAMIENTO DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE TIJUANA, B.C.

Con base a lo anterior, si en dado caso el Gobierno de Estados Unidos no cumpliera con lo establecido en las actas 270 y 283 de la CILA, el Gobierno de México puede negociar ante los Estados Unidos, que el costo del tratamiento terciario en la Planta Alamar, sea cubierto por este último país ya que la calidad del agua tratada obtenida con este tratamiento es un requerimiento para protección de su reserva ecológica, cumpliendo el tratamiento secundario con nuestra legislación.

Por otro lado, las Plantas de Tratamiento en territorio nacional de ambas alternativas, y la rehabilitación de la PB-1 pueden ser licitados bajo la modalidad de Inversión Privada Recuperable.

IV. PROPUESTA DE SOLUCIÓN PARA EL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES

La alternativa nacional seleccionada como la más conveniente, considera una distribución de las aguas negras de Tijuana por tratar entre la Planta Binacional, ubicada en los Estados Unidos, de un 48% (1,525 l/s), y el 52% restante en plantas nacionales, de las cuales la existente en San Antonio de los Buenos manejaría el 34% (1,100 l/s).

Este esquema de cumplimiento a las Actas 270 y 283 de la CILA; sin embargo, en junta celebrada en las oficinas de la CILA/México en Ciudad Juárez, Chih. el 2 de septiembre pasado, la fracción americana de la CILA planteó que debido a la oposición de grupos ecologistas norteamericanos, el efluente de la Planta Binacional de tratamiento Primario avanzado debe ser retomado a México para incorporarse al sistema de alejamiento de aguas residuales de la ciudad de Tijuana.

Ante esta perspectiva se decidió analizar la situación buscando una solución que contemplara que la totalidad de las aguas se tratarán en plantas mexicanas.

Considerando que las obras pactadas para la planta binacional en el año de 1990 se han retrasado considerablemente por razones no imputables a México y que como consecuencia su capacidad quedará saturada al inicio de su operación (1996) aunada a la preocupación de las autoridades locales por sus costos futuros y su posible impacto en la economía de los habitantes de Tijuana y Tecate, resulta conveniente analizar la posibilidad técnica, económica y de relaciones internacionales de otra propuesta de solución la cual denominaremos sistema sur de alejamiento por gravedad.

Esta nueva alternativa se basa tomando como marco de referencia los acuerdos de las Actas 270 y 283 de la Comisión Internacional de Límites y Aguas México-Estados Unidos. Se llevó a cabo el análisis y verificación de la información existente sobre el

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

PLAN PARA EL MEJORAMIENTO DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE TIJUANA, B.C.

manejo de los caudales de aguas negras del sistema de saneamiento de la ciudad de Tijuana, y sobre esta información se planteó el sistema sur de alejamiento.

A continuación se describe brevemente el sistema sur, como una propuesta de solución para el manejo de las aguas residuales de la ciudad de Tijuana, así como sus posibles ventajas sobre la planta binacional.

- Todas las aguas residuales se colectarían y se conducirían por gravedad hasta la zona de la actual PB-1.
- Al igual que en cualquier otra alternativa sólo quedarían fuera del sistema de intercepción las aguas de las zonas que carecieran de alcantarillado (similar al proyecto de la planta binacional).
- Se construiría un primer túnel por gravedad, paralelo a la frontera, con capacidad para todo el caudal futuro (año 2020), con salida del túnel en el fraccionamiento Playas de Tijuana.
- Se construiría un emisor o emisores, de igual capacidad que el túnel, construibles por etapas para diferir inversiones, trabajando por gravedad, paralelo(s) a la línea de la costa, a la altura de Playas de Tijuana.
- Al estrecharse la franja costera se continuaría con una serie de túneles, por gravedad, hasta su salida al sur de San Antonio de los Buenos, con capacidad para todo el gasto futuro de Tijuana (año 2020).
- Se localizaría la planta de tratamiento en esa zona, con un bombeo del orden de 10 a 15 metros, desarrollándola por etapas. Su descarga sería directa al mar.

- En virtud de que el efluente de esta planta debe verter hacia el mar, se ha considerado la implementación de un sistema secundario de tratamiento que proporcionaría a las aguas tratadas una calidad compatible con la requerida para su vertido final en áreas de reserva ecológica en los Estados Unidos.
- Esta alternativa conserva siempre el agua residual en territorio mexicano lo cual resuelve el problema de los grupos ecologistas norteamericanos, (ver figura No.4).

Beneficios que aporta el sistema sur de alejamiento.

- Elimina el bombeo actual de la PB-1 y otros bombeos en Playas de Tijuana y en otras zonas bajas, que impactan en los costos anuales de operación y mantenimiento del Organismo Operador.
- Elimina la necesidad de la planta de El Alamar y de otras plantas de localización y operación complejas dentro de la cuenca del río Tijuana, incluyendo Tecate.
- Mantiene la posibilidad de destinar en el futuro la planta de San Antonio de los Buenos para atender las zonas altas al suroeste de Tijuana, por gravedad.
- La operación del sistema tendría una alta confiabilidad por su esquema de conducción por gravedad, desapareciendo los riesgos de descargas de aguas residuales al lado americano, por fallas electromecánicas.
- Se generan perspectivas de reutilización del agua en la zona costera mexicana sin necesidad de regresarlas del lado americano, como en el caso de la planta binacional.

PLAN PARA EL MEJORAMIENTO DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE TIJUANA, B.C.

- El proyecto sería visto con beneplácito por los grupos ecologistas norteamericanos.

La inversión total se estima en US\$110 millones.

Por razones presupuestales el costo del sistema sur no puede ser enfrentada por las autoridades mexicanas en el corto plazo.

Se estima que el costo de la planta binacional imputable a las aguas residuales mexicanas puede ser del orden de US\$150 millones del costo total de US\$400 millones.

Por lo tanto sería más económico para el Gobierno Americano, pagar total o parcialmente el proyecto del alejamiento y tratamiento por gravedad del lado mexicano. Las obras podrían, en el caso de asumir el pago total el Gobierno Americano, ser concursadas y asignadas por los norteamericanos y supervisadas y controladas por México.

México podría seguir aportando los US\$17 millones correspondientes al costo de construcción de la alternativa de la planta El Alamar.

En caso de resultar factible esta opción, se renegociaría el contenido del ACTA 283 de la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA), en términos muy favorables para México.

Se estima un período de 4 años para los estudios, proyectos y construcción de la alternativa de gravedad (1995-1998) hasta su entrada en operación.

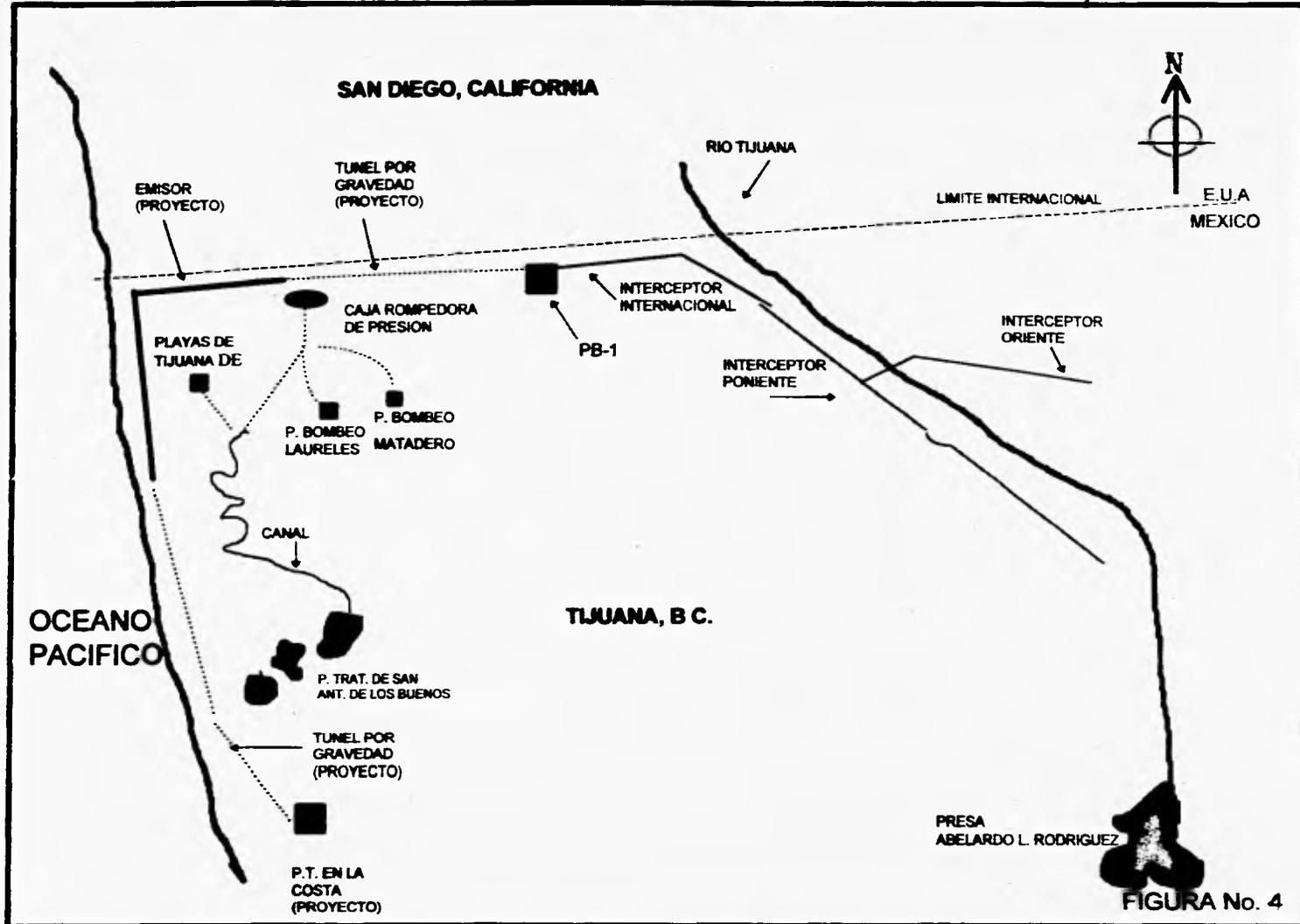
Para atender el crecimiento de los caudales en este periodo es recomendable ampliar y rehabilitar el sistema actual de intercepción, alejamiento y tratamiento en San Antonio de los Buenos. Podría, en caso necesario, aceptarse la construcción y operación temporal de la nueva planta de bombeo del lado americano.

De adoptarse esta alternativa sería necesario suspender por la parte norteamericana la adjudicación de contratos para la construcción de la planta binacional. Se considera que los recursos aplicados a la fecha no serían perdidos pues la planta podría seguir siendo útil para las necesidades futuras del condado de San Diego.

En caso de continuar con la construcción de la planta binacional, el problema no se resuelve definitivamente pues en 1996 se satura la capacidad de la primera etapa de 1,100 l/s. y habría que estudiar y definir si se continúa con el proyecto binacional ampliándolo gradualmente o si se orienta al sistema sur.

Es muy probable que la combinación de una primera etapa con la planta binacional y el desarrollo de etapas posteriores con base en el proyecto de gravedad, sea más costosa para ambos países que reconsiderar lo acordado respecto a la planta binacional y desarrollar el proyecto de alejamiento por gravedad.

ALTERNATIVA SELECCIONADA, SANEAMIENTO DE LA CD. DE TIJUANA, B.C.



V. CONCLUSIONES

En todo proyecto de inversión se debe realizar un análisis completo que comprenda estudios de factibilidad técnica, económica y financiera, para determinar su viabilidad y así aceptarlo o descartarlo como una opción de inversión. Tales estudios se realizaron para la ciudad de Tijuana, debido al problema que se tiene en cuanto al manejo y disposición de aguas residuales, dando como resultado la urgencia de actuar en el corto y mediano plazo, para llevar a cabo la ejecución del proyecto que resuelva esta problemática.

Las anteriores circunstancias han llegado a preocupar al vecino país del norte (Estados Unidos de América), debido a que las aguas negras en ocasiones son arrojadas sin tratamiento al río Tijuana, el cual cruza la frontera llegando a los Estados Unidos, lo que provoca grandes problemas a la ecología del país, ya que las aguas sin tratamiento ocasionan fuertes focos de infección y por consiguiente malestar a la población.

Debido a esto, se realizaron algunos compromisos entre los dos países afectados, los cuales se mencionan en las ACTAS 270 y 283 de la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA) pero como Estados Unidos no ha podido cumplir con lo pactado en dichas actas, México ha tenido que plantear nuevas alternativas para darle solución al manejo de las aguas residuales, como es el caso de la que en este estudio se propone, que es el sistema sur de alejamiento por gravedad.

Se escogió esta alternativa debido a los beneficios que aporta en relación con los otras dos alternativas mencionadas, como son:

Cumple satisfactoriamente el problema de no arrojar las aguas con tratamiento secundario al río Tijuana y así quedarían satisfechos los grupos ecologistas; con este tratamiento, la descarga sería directamente a la mar.

PLAN PARA EL MEJORAMIENTO DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE TIJUANA, B.C.

En cuanto al impacto financiero que este proyecto representa, el costo de esta alternativa es relativamente menor al de construir la planta Binacional y el emisor submarino, y debido al incumplimiento en las ACTAS 270 y 283 de la CILA, se podría negociar para que Estados Unidos cubra con los gastos que se generen por la construcción del sistema sur de alejamiento por gravedad, lo cual beneficiaría a México enormemente.

La alternativa seleccionada en función de su costo permitirá que México pueda tratar la totalidad de las aguas negras generadas en la ciudad de Tijuana hasta el año 2020, con el máximo aprovechamiento posible de la infraestructura existente.

BIBLIOGRAFÍA

PLAN PARA EL MEJORAMIENTO DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE TIJUANA, B.C.

- **PLAN MAESTRO DE LA CIUDAD DE TIJUANA, B.C.
GOBIERNO DEL ESTADO Y ORGANISMO OPERADOR DE TIJUANA.
1992**

- **PLAN DE ACCIÓN DE LA CIUDAD DE TIJUANA, B.C.
GRUPO PROFESIONAL (PYPSA.) SUPERVISADO POR LA COMISIÓN
NACIONAL DEL AGUA (CNA).
1994**

- **TIJUANA ALTERNATIVAS DE MANEJO DEL AGUA RESIDUAL
GERENCIA REGIONAL NORTE (CNA).
1995**

- **INFORME DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA CIUDAD DE TIJUANA, B.C.
SUBGERENCIA DE ESTUDIOS Y PROYECTOS REGIÓN NORTE (CNA).
1995**

- **SANEAMIENTO DE LA CIUDAD DE TIJUANA, B.C. (ALTERNATIVAS)
GERENCIA DE ESTUDIOS Y PROYECTOS (CNA).
1995**

- **SANEAMIENTO DE LA CIUDAD DE TIJUANA, B.C. SOLUCIÓN INTEGRAL,
RESUMEN INFORMATIVO.
GERENCIA REGIONAL NORTE (CNA).
1995**

PLAN PARA EL MEJORAMIENTO DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE TIJUANA, B.C.

- **PROGRAMA DE SANEAMIENTO Y REUSO DEL AGUA RESIDUAL GENERADA EN LA ZONA URBANA DE TIJUANA, B.C.
GERENCIA REGIONAL NORTE (CNA).
1995**

- **SANEAMIENTO DE LA CIUDAD DE TIJUANA, B.C. (DIAGNÓSTICO)
GERENCIA REGIONAL NORTE (CNA).
1995**

- **PLAN DE SANEAMIENTO PARA LA CIUDAD DE TIJUANA, B.C.
SUBGERENCIA DE ESTUDIOS Y PROYECTOS REGIÓN NORTE (CNA).
1995**

- **CENSO POBLACIONAL DEL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA
INEGI.
1990**

- **INGENIERÍA SANITARIA Y DE AGUAS RESIDUALES
FAIR-GEYER Y OKUN EDITORIAL NORIEGA LIMUSA
MÉXICO
SEXTA REIMPRESIÓN 1990**