

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA



ESTUDIO DE LA CALIDAD Y DISTRIBUCION OPTIMA DEL AGUA EN EL DELTA DEL RIO BALSAS

T E S I S
Que Para Obtener el Título de:
INGENIERO QUIMICO
P r e s e n t a

MARIA TERESA ORTA LEDESMA

México, D. F.

1978



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

CLAS TESIS 1978
ABR M. T. ~~324~~ 315
FECHA _____
MROC _____
9 _____



PRESIDENTE RAMON VILCHIS ZIMBRON

V O C A L JORGE MENCARINI PENICHE

Jurado asignado
originalmente

SECRETARIO ALBERTO DE LA FUENTE ZUNO

1er. SUPLENTE DARIO RENAN PEREZ PRIEGO

2do. SUPLENTE RAMON ARNAUD HUERTA

Sitio donde se desarrolló el tema: Instituto de Ingeniería, UNAM

sustentante: *[Handwritten signature]* María Teresa Orta Ledesma

asesor del tema: *[Handwritten signature]* Alberto Fco. de la Fuente Zuno

supervisor técnico: *[Handwritten signature]* Gastón Mendoza Gámez

Con agradecimiento y afecto a mis Padres
Sr. Alvaro Orta L. y Sra. Ofelia L. de Orta

Con profundo respeto y admiración por su ejemplo
a mi Abuelita Sra. Rosa Requena Vda. de L.

Con cariño a mis Hermanos

José
Pedro
Miguel
Eduardo
Rosi

A Octavio

Agradezco la revisión de este trabajo a M.en I.Gastón Mendoza Gámez, quien en todo momento me manifestó su disponibilidad para orientarme y sugerirme ideas, así como motivarme a la constante superación personal que todo profesional desea.

Agradezco al Ing. Alberto de la Fuente Zuno su
dirección en éste trabajo, así como sus valiosos
consejos y observaciones.

CONTENIDO

TABLAS DEL CONTENIDO

FIGURAS DEL CONTENIDO

TABLAS DEL APENDICE

FIGURAS DEL APENDICE

RESUMEN

- √ 1. INTRODUCCION

- √ 2. CLASIFICACION Y USOS DEL AGUA
 - 2.1 Municipal
 - 2.1.1. Residual municipal
 - 2.2 Agrícola
 - 2.2.1 Agua de drenaje agrícola
 - 2.3 Industrial
 - 2.4 Recreativo
 - 2.5 Usos del agua en la región
 - 2.5.1 Abastecimiento de agua para uso municipal, agrícola e industrial.

- √ 3. EVALUACION DE LAS CONDICIONES ACTUALES DE CONTAMINACION
 - 3.1 Campañas de muestreo
 - 3.2 Descripción y localización de las descargas municipales
 - 3.3 Parámetros evaluados en las aguas del río
 - 3.4 Estado de contaminación del río

4. ANALISIS DE LAS CONDICIONES FUTURAS PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA Y DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES
 - 4.1 Demandas de agua potable
 - 4.2 Gasto y carga orgánica expresada como DBO para las descargas residuales municipales
 - ~~4.3~~ Efecto de las descargas en las alternativas de localización de la toma de agua para uso municipal
 - ~~4.4~~ Criterios para localizar las descargas
 - 4.5 Tratamientos recomendados
 - 4.5.1 Planteamiento del problema
 - 4.5.2 Características de la corriente receptora
 - 4.5.3 Cálculo de la Eficiencia necesaria de remoción de carga en DBO_5 del agua residual des cargada al río
 - 4.5.4 Tratamiento aplicable al sistema en estudio

5. EFECTO DEL DESARROLLO INDUSTRIAL
 - 5.1 Demandas de agua para la siderúrgica Lázaro Cárdenas "Las Truchas".
 - 5.2 Descargas de SICARTSA. Gasto, tipo de contaminantes y tratamiento
 - 5.2.1 Evaluación de la carga de cianuros CN aportados por la siderúrgica en la primera y se gunda etapas de producción
 - 5.3 Industrias factibles a establecerse
Caracterización de sus efluentes, efecto causado en el río, tratamiento recomendado

6. MODELO DE OPTIMIZACIÓN PARA EL USO DEL AGUA
 - 6.1 Descripción del Modelo

- 6.2 Análisis del Modelo
- 6.3 Aplicación al sistema de estudio
- 6.4 Matriz de asignación óptima de las aguas

7. CONCLUSIONES

REFERENCIAS

BIBLIOGRAFIA

APENDICE

TABLAS DEL CONTENIDO

- 3.1 Localización de las estaciones de muestreo.
- 3.2 Estaciones con valores significativos de coliformes.
- 3.3 Carga de DBO, DQO y coliformes totales aportadas por las descargas al cuerpo de agua receptor.

- 4.1 Pronóstico de carga de DBO futura.
- 4.2 Resultados obtenidos del programa para la eficiencia total de tratamiento.
- 4.3 Requerimientos de cloro para la desinfección, considerando residuales de 0.5 mg/l después de 15 min. de contacto.

- 5.1 Producción en ton/año de SICARTSA en las etapas.
- 5.2 Descargas de SICARTSA tipo de contaminante y tratamiento.
- 5.3 Concentración y carga de Cianuro CN aportado por la siderúrgica en la primera y segunda etapas de producción.

- 6.1 Matriz de elementos empleados en el análisis de distribución de agua en el sistema Lázaro Cárdenas - Las Truchas.
- 6.2 Distribución del agua en el sistema agrícola, urbano e Industrial Lázaro Cárdenas.

- 6.3 Matriz de diferenciales de la calidad del agua según la DBO en mg/l.
- 6.4 Matriz de diferenciales de calidad del agua según la concentración de sólidos totales en mg/l.
- 6.5 Matriz de costos relativos unitarios, Pesos/m³.
- 6.6 Matriz de Asignación Óptima de las aguas en m³/s.

FIGURAS DEL CONTENIDO

- 4.1 Proceso convencional de Lodos activados
- 4.2 Diagrama de flujo propuesto para tratamiento del agua residual municipal.

- 6.1 Diagrama de Flujo del método de la columna mínima.
- 6.2 Diagrama de asignación óptima del Agua del sistema urbano agrícola e Industrial Lázaro Cárdenas.

TABLAS DEL APENDICE

1. Normas Mexicanas de calidad para agua potable
2. Características químicas de las aguas residuales municipales.
3. Características medias de aguas residuales municipales
4. Clasificación de aguas de riego por salinidad.
5. Normas de calidad del agua para uso industrial.
6. Métodos de análisis y preservación de las muestras.
7. Clasificación de las aguas de los cuerpos receptores superficiales en función de sus usos y características de calidad.
8. Resultados de los análisis físicoquímicos efectuados el 1° de mayo de 1976 en las estaciones del río.
9. Resultados de los análisis físicoquímicos efectuados el 16 de julio de 1976 en las estaciones del río.
10. Resultados de los análisis físicoquímicos y bacteriológicos efectuados en las descargas D-1, D-2 y D-3.
11. Estudio demográfico de la región de la desembocadura del río Balsas.

FIGURAS DEL APENDICE

1. Plano de localización del área de estudio.
2. Diagrama de flujo de la programación del modelo.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto en el recurso hidráulico debido al acelerado desarrollo urbano e industrial de la ciudad Lázaro Cárdenas, para lo cual se estudiaron los siguientes aspectos:

Evaluación de las condiciones actuales de contaminación así como los niveles futuros esperados en el agua del delta del río Balsas.

Determinación de la carga orgánica permisible en la corriente receptora y consecuentemente la eficiencia de remoción requerida para mantener condiciones aceptables para los usos del cuerpo de agua.

Distribución óptima del agua para satisfacer las demandas futuras del sistema urbano agrícola e industrial.

1. INTRODUCCION

El aprovechamiento de un yacimiento importante de mineral ferroso, localizado cerca de la desembocadura del río Balsas, decidió la conveniencia de construir el complejo siderúrgico Lázaro Cárdenas "Las Truchas", (SICARTSA) propiciando con ello, el desarrollo de una nueva área urbana e industrial y la realización de un conjunto de obras de infraestructura como son: un puerto de altura, obras de comunicación y la planta hidroeléctrica José Ma. Morelos.

Localización

En la desembocadura del río Balsas se localiza la región que integra los municipios Lázaro Cárdenas, Mich. y La Unión, Gro., está comprendida entre los $101^{\circ}40'$ y los $102^{\circ}33'$ de longitud W Gr., y entre los $17^{\circ}50'$ y los $18^{\circ}02'$ de latitud N. y se sitúa en ambas margenes del delta del río y a lo largo de la faja costera de los estados de Guerrero y Michoacán. La altura de la región varía entre cero y 50 m.s.n.m., y su clima corresponde al semiseco cálido. La precipitación pluvial anual promedio es de 1,472 mm.

El delta del río está formado principalmente por dos brazos con algunas ramificaciones que se han ido cerrando artificialmente para quedar actualmente con solo dos salidas al mar. El brazo izquierdo recibe el nombre de San Francisco

y el derecho de Melchor Ocampo, nombre anterior de la población Lázaro Cárdenas.

La Siderúrgica y el puerto fueron construídos en la margen derecha del brazo Melchor Ocampo.

El surgimiento de la industria colateral a la siderúrgica generará empleos y consecuentemente atracción demográfica, y a su vez, demandas de servicios, como agua potable y alcantarillados, lo cual, aunado a las modificaciones de la hidrología superficial y al desarrollo económico y social, representarán un centro productor de residuos, que pueden contaminar y modificar las características naturales de los recursos de agua, ya que los desechos producto de la vida urbana, sea esta doméstica, social, agrícola, recreativa o industrial que no son adecuadamente dispuestos ocasionan en los cuerpos de agua receptores, alteraciones físicas, químicas y biológicas, lo que representa uno de los problemas más importantes en el campo de la ingeniería ambiental.

Tomando en consideración los puntos anteriores, se estudiaron en el presente trabajo los siguientes aspectos:

- En el capítulo 2 se describen los diferentes usos del agua y la distribución de este recurso en la región.
- En el capítulo 3, se evalúan las condiciones físicas, químicas y biológicas del agua en la zona de estudio.

micas y biológicas del agua del delta del río Balsas y de las descargas de aguas residuales municipales que vierten a este cuerpo receptor.

- En el capítulo 4, se hace una proyección de los requerimientos de agua potable y de la carga orgánica aportada por las aguas residuales municipales al río. Así como el cálculo de la eficiencia necesaria de remoción. Con base en lo anterior, se sugieren alternativas de localización de la toma de agua para abastecimiento municipal y, se recomiendan tratamientos para disminuir dicha carga.

- En el capítulo 5, se muestra la caracterización de las descargas existentes en la siderúrgica, y el efecto que pueden causar en el río los desechos de cada una de las industrias factibles a establecerse.

- En el capítulo 6, se aplica un modelo para designar el uso óptimo del agua disponible en la región y minimizar los costos de tratamiento necesarios para lograr la calidad requerida para cada uso.

2. CLASIFICACION Y USOS DEL AGUA

2.1 Municipal

Es aquella que se destina para satisfacer los servicios de la comunidad y debe cumplir con las normas de calidad que aparecen en la tabla 1.

2.1.1. Agua residual municipal

Representa aproximadamente un 70 por ciento del agua de abastecimiento y se compone principalmente de materia orgánica en forma de sólidos en suspensión y estado coloidal. Las características químicas y su composición media, se muestran en las tablas 2, 3 respectivamente.

2.2 Agrícola

Las normas de calidad de agua que se requieren satisfacer se muestran en la tabla 4.

2.2.1. Agua del drenaje agrícola

Es aquella que se usó para riego agrícola y por medio de corrientes de retorno se colecta en el drenaje. El efecto contaminante que se presenta en estas aguas se debe principalmente al uso de plaguicidas, herbicidas y fertilizantes

químicos, ya que estos actúan a través del nitrógeno y fósforo como nutrientes, produciendo fenómenos de eutrofización, por lo cual se deben establecer límites tolerantes antes de usarlos y así favorecer las medidas de control.

2.3 Industrial

La calidad del agua requerida por la industria varía en cada caso particular dependiendo de su uso, el cual puede ser:

Para procesos, para enfriamiento o para generación de vapor.
Ver tabla 5.

2.3.1. Efluentes industriales

Los efluentes industriales pueden ser líquidos, sólidos o gaseosos; los dos primeros son susceptibles de producir daño al cuerpo de agua receptor, condiciones que se agravan o atenúan según el grado de dilución, por lo que es importante planear la localización de las descargas industriales y su tratamiento de tal manera que alteren al mínimo las condiciones ecológicas del cuerpo receptor.

2.4 Recreativo

Los criterios generales para determinar la calidad del agua para uso de esparcimiento o recreo son: Ausencia de materia

X

flotante o suspendida que provoque desagrado. Algunas normas se han establecido por consideraciones estéticas y no basadas en resultados de estudios epidemiológicos bien fundados. (ref 5).

2.5 Usos del agua en la región

La distribución de este recurso para satisfacer las demandas municipales agrícolas e industriales se describe a continuación.

X 2.5.1. Abastecimiento de agua para uso municipal, agrícola e industrial.

Uso municipal

El agua para la población Lázaro Cárdenas se toma directamente del vaso de la presa José Ma. Morelos, y sus características de calidad no son adecuadas para uso municipal, por lo que se transporta por medio de un canal desde la presa hasta una planta potabilizadora. Dicha planta consta de 3 módulos de tratamiento con una capacidad total de 630 l/seg, trabajando actualmente sólo un módulo, con capacidad de 210 l/seg valor equivalente a una dotación de 290 l/hab-día

Uso agrícola

Actualmente se manejan dos distritos de riego situados a am-

bos lados de los ramales de San Francisco y Melchor Ocampo del delta del río Balsas (plano 1) los cuales se abastecen de agua por medio de dos canales que se derivan del vaso de la presa. La superficie de riego son 15,000 Ha de las cuales, 2750 son para cocoteros, 1500 para frutas diversas, (mango, tamarindo, limón), 3100 para cultivos tradicionales, (maíz, frijol, etc), y 7700 son para uso futuro (ref 1).

El requerimiento mensual de agua por cultivo y hectárea y los requerimientos finales de acuerdo al sistema de riego, se pueden calcular por el método de programación matemática mixta (ref 2).

Uso industrial

SICARTSA demanda $6 \text{ m}^3/\text{seg}$ que son captados del río en el Brazo Melchor Ocampo en una sección que se encuentra a 7.5 Km aguas abajo de la presa J. Ma. Morelos (plano 1).

3. EVALUACION DE LAS CONDICIONES ACTUALES DE CONTAMINACION

3.1 Campañas de muestreo

El objetivo es representar en diferentes puntos de muestreo del río, las características físico-químicas y bacteriológicas. Para ello es necesario establecer los períodos de muestreo y las condiciones de las muestras que deben colectarse.

Localización

El criterio que se siguió para determinar la localización de las estaciones, fué considerar la cercanía de descargas de aguas residuales existentes que pueden afectar la calidad del agua del río; su influencia se observa en los resultados de los análisis físico-químicos y bacteriológicos del cuerpo de agua receptor.

De esta manera se localizaron ocho estaciones como se muestra en la tabla 3.1

TABLA 3.1

Estación	Localización
I'	Después de la presa J. Ma. Morelos y enfrente del poblado Zacatula
I	Entre el dique y el entronque de Guacamayas
II	100 m después del entronque de Guacamayas

- III 50 m antes de la toma de agua para SICARTSA
- IV Entre la descarga del Fideicomiso y el rastro municipal
- V Entre el rastro municipal y el dique - puente
- VI 100 m después de la descarga principal, D-3
- VII Entre el poblado de San Francisco y la desembocadura

La localización geográfica de las estaciones anteriores se muestra en el plano 1.

La toma de muestras se hizo a $1/2$ de la profundidad total, sobre tres ejes, uno al centro del río (eje 2), y los otros dos a $1/3$ del ancho total, a partir de ambas márgenes (eje 1, derecha y eje 3, izquierda).

Campañas

En este estudio se realizaron dos campañas. En la primera se muestrearon las estaciones I a VI localizadas en el ramal Melchor Ocampo, la descarga D-2 y los pozos 1 y 2. (plano 1)

En la segunda, se incluyeron las estaciones I' y VII locali

x

zadas en el ramal de San Francisco, y las descargas D-3 y D-1. (plano 1).

La campaña del primer muestreo se realizó el 1° de mayo 1976 en las seis estaciones, y el 4 de mayo 1976 en la descarga D-2 y en los pozos 1 y 2.

La campaña del segundo muestreo fué el 16 de julio 1976 en las ocho estaciones, y el 17 y 18 de julio 1976 en las descargas D-1 , D-2 y D-3.

3.2 Descripción y localización de las descargas residuales

- Descarga D-2 . Proviene de la colonia del Fideicomiso, se encuentra localizada en entre las estaciones III y IV, aporta un gasto promedio de 25 l/s. (plano 1).
- Descarga D-3 . Corresponde a la ciudad Lázaro Cárdenas, vierte al río entre la estación V y VI, con un gasto promedio de 120 l/s. (plano 1).
- Descargas no puntuales. Son las que se encuentran a lo largo del brazo Guacamayas que provienen del campamento obrero y las co

lonias. Para representar a estas descargas, se localizó una estación de muestreo antes del entron que del brazo Guacamayas con el ra mal Melchor Ocampo.

A esta estación se le, denominará D-1 (plano 1). Se midió un gasto promedio de 330 l/s.

3.3 Parámetros evaluados en las aguas del río

Los análisis efectuados fueron los siguientes:

Físicos	Temperatura, pH, profundidad	
Químicos	Cloruros, dureza total, calcio, nitrógeno amoniacal, nitratos, ortofosfatos, sólidos en todas sus formas.	
Contaminación	Demanda bioquímica de oxígeno	DBO
	Demanda química de oxígeno	DQO
Calidad	Oxígeno disuelto	OD
Bacteriológicos	Org/100 ml	

La metodología seguida para la recolección, preservación y análisis de las muestras, fué señalada por los Métodos Estan

dar (ref 3). Ver tabla 6

A continuación se presentan los aspectos más importantes de cada uno de los parámetros determinados, con los cuales se puede evaluar el grado de contaminación del agua del río.

Temperatura

Los valores obtenidos en las estaciones del río, (tablas 8 y 9) indican que las descargas de aguas residuales no alteran al cuerpo receptor.

En las estaciones del río se obtuvieron intervalos de temperatura de 27°C a 32°C en el primer muestreo y de 29°C a 32°C en el segundo.

En las descargas, la temperatura máxima fué de 35°C, correspondiente a la descarga D-2.

Potencial Hidrógeno (pH)

El valor de pH promedio en las estaciones fué de 7.5 para ambos muestreos, por lo que el agua del río es aceptable para uso industrial, municipal y agrícola (ref 3 y 4).

En las descargas de aguas residuales, el pH varió de 5.2 a 8.0 que se considera aceptable (ref 5).

Cloruros

En todas las estaciones, a excepción de la VI, la concentración de este parámetro varió muy poco en ambos muestreos, ya que el dique puente que se encuentra aguas abajo de la estación V impide que se manifieste intrusión salina.

En el primer muestreo, la concentración mínima se tuvo en la estación III eje 1, con 38.8 mg/l, la máxima en la VI eje 1 con 19 228 mg/l.

En el segundo, la concentración mínima se tuvo en la I', eje 3, con 32.4 mg/l.

Dureza total (Ca y Mg)

La dureza total del agua incluye los cationes Ca, Mg, Fe, Cu, Ba, Pb, Zn, los cuales hacen que los jabones formen precipitados insolubles. No obstante, solamente la concentración del calcio y del magnesio alcanzan valores considerables en las aguas naturales, por lo que comunmente la dureza significa el contenido de calcio y de magnesio.

En el segundo muestreo se tuvo una concentración promedio de 343 mg/l en las estaciones, a excepción de la VI que registro la concentración máxima de 1328 mg/l en el eje 1.

Ortofosfatos

Los fosfatos pueden estar presentes en las aguas por dilución de los minerales existentes o por la descomposición de la materia orgánica.

En el primer muestreo se registró una concentración promedio de 0.31 mg/l y en el segundo 1.01 mg/l. En la estación VII no se detectó la presencia de este parámetro.

Los fosfatos son sustratos esenciales para el crecimiento de las algas. Una concentración superior a 0.01 mg/l es suficiente para que las algas comiencen a reproducirse. Las concentraciones de ortofosfatos obtenidas de las estaciones I a VI indican la presencia de algas.

Sólidos en sus formas

Sólidos totales totales

Representan el contenido total de sólidos presentes en las aguas del río. Están constituidos por la suma de los sólidos totales fijos que representan la materia que no es susceptible a oxidarse por combustión y los sólidos totales volátiles, estos últimos son la materia oxidada por combustión.

En el primer muestreo se tuvo una concentración promedio de

490 mg/l de la I a la VI, y en el segundo una concentración promedio de 500 mg/l en las estaciones a excepción de la VI.

Los límites permisibles para agua potable son de 500 mg/l a 1000 mg/l (tabla 1), por lo tanto no existe contaminación de bida a sólidos totales.

Sólidos suspendidos totales

El origen de los sólidos suspendidos en las aguas receptoras se debe a la erosión del suelo por lluvias y al aporte de descargas residuales municipales.

La concentración máxima promedio de las estaciones del río correspondió a la I, con valores de 174.3 mg/l y 110.3 mg/l para el primero y segundo muestreo respectivamente; el valor mínimo correspondió a la estación VII con 50.0 mg/l en el segundo muestreo.

Sólidos disueltos totales

Corresponden a los sólidos filtrables totales. En el primer muestreo se tuvo una concentración promedio de 379 mg/l para las estaciones I a VI, y en el segundo 400 mg/l para todas las estaciones excluyendo la VI.

Los valores anteriores indican que es necesario tratar el agua del río para abastecimiento de agua potable, ya que el límite permitido es de 300 mg/l. Tabla 1.

Calcio (Ca)

Su presencia se debe al arrastre y disolución de sales existentes en el subsuelo y suelo por parte de las corrientes superficiales y subterráneas. En el primero y segundo muestreo se obtuvieron valores promedio de 20.5 y 80.6 mg/l respectivamente, excluyendo la estación VI que registró un valor de 320 mg/l en el eje 1 del primer muestreo.

Nitrógeno Amóniacal ($N - NH_3$)

Representa la cantidad de nitrógeno orgánico que ha sido transformado a la forma amóniacal.

En las aguas del río la concentración varió de 0.00 a 0.66 mg/l este último valor fué del primer muestreo y se registró en la estación VI eje 3.

Las concentraciones promedio en las estaciones del río fueron 0.26 mg/l y 0.20 mg/l para el primero y segundo muestreo respectivamente.

Las normas de calidad para agua potable fijan un límite de

0.5 mg/l. Por otro lado las normas biológicas establecen que concentraciones de 1 mg/l traen consigo una disminución en la capacidad de asimilar el oxígeno por la hemoglobina de los peces, los cuales pueden morir de anoxia (ref 4).

De acuerdo con lo anterior podemos decir que no existe contaminación con respecto a este parámetro.

Nitrógeno de Nitratos (N - NO₃)

El nitrato puede estar presente en las aguas por la disolución de minerales. Sin embargo, la fuente más importante es la materia orgánica, la cual al descomponerse da origen a los nitratos.

Las concentraciones promedio del agua del río para el primer y segundo muestreo fueron de 0.65 mg/l y 0.08 mg/l respectivamente. En el primer muestreo se tuvo el valor máximo en la estación VI eje 3 con 0.93 mg/l. En el segundo se tuvo el valor mínimo en las estaciones III eje 2, V ejes 1 y 3 con 0.008 mg/l.

Las normas de calidad para agua potable permiten hasta 5.0 mg/l, por lo tanto no existe contaminación en el río con respecto a este parámetro. ✕

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5)

Representa la cantidad de materia orgánica que se va a oxidar bajo condiciones naturales en el cuerpo de agua receptor.

Las concentraciones son bajas en todas las estaciones. La DBO_5 mínima fue 0.24 mg/l en el primer muestreo de la estación II eje 1. La concentración máxima fue 1.5 mg/l, en el segundo muestreo de las estaciones IV y V eje 3.

Por otra parte, con los valores de DBO obtenidos en el laboratorio, se calculó la constante de velocidad de reacción k_1 , para lo cual se hicieron mediciones del oxígeno disuelto cada 24 horas. Para calcular la constante de velocidad de reacción y la DBO_u se usó el método de mínimos cuadrados de Reed Theriault (ref 16), el cual consiste en suponer valores de k_1 y DBO_u y escoger aquel juego para el cual la suma de los cuadrados de las diferencias de los valores de DBO observados y calculados es mínima.

La DBO satisfecha a cualquier tiempo t está dada por la ecuación:

$$DBO_t = DBO_u (1 - 10^{-k_1 t})$$

donde

DBO_t	demanda bioquímica de oxígeno en el tiempo t en mg/l
DBO_u	demanda bioquímica de oxígeno última en mg/l
t	tiempo en días
k_1	constante de velocidad de reacción en día ⁻¹ , logaritmo base 10.

X

El valor promedio obtenido para la constante de velocidad de reacción fué de 0.045 días⁻¹ en el río y de acuerdo con esto, se clasifica como río poco contaminado, (ref 13).

Las descargas D-1, D-2, D-3 aportan una DBO de 28 mg/l, 51 mg/l y 160 mg/l respectivamente, valores que actualmente representan poca contaminación en la calidad del agua del cuerpo receptor.

Demanda Química de oxígeno (DQO)

Representa el contenido de materia susceptible a oxidarse en un medio ácido.

En el primer muestreo, los valores máximos correspondieron a la estación IV eje 1 y 2 con 10.47 mg/l, en el segundo muestreo a la estación II, ejes 2 y 3, con 19.39 mg/l y 18.25 mg/l respectivamente.

En el segundo muestreo se obtuvo un incremento en DQO para todas las estaciones, lo cual pudo deberse a que en época de lluvia se produce un arrastre de la materia orgánica que aportan las descargas no puntuales localizadas en la margen derecha del ramal Melchor Ocampo.

Oxígeno disuelto (OD)

El límite mínimo de oxígeno disuelto para la conservación de flora y fauna acuática es de 4.0 mg/l (ref 6). Únicamente la concentración en la estación I' fué inferior a este valor con un mínimo de 3.70 mg/l, ejes 1 y 3 y un máximo de 3.90 mg/l en el eje 2. Los valores altos correspondieron a la estación III, con un promedio de 10.0 mg/l lo que pudo deberse a la presencia de algas, las cuales se visualizaron en esta estación. En general las concentraciones de OD en el río son satisfactorias.

Análisis bacteriológico

Uno de los mejores índices para evaluar la calidad bacteriológica del agua es la determinación de la densidad de coliformes. Para determinar el efecto de las aguas negras en la corriente receptora se determinaron coliformes totales y coliformes fecales en el río, empleando el método de tubos múltiples de fermentación y filtro de membrana.

Las estaciones de muestreo correspondieron a las de los muestreos generales para análisis físicoquímicos.

En el primer muestreo solo fué posible determinar coliformes fecales. Los resultados reflejan alta contaminación bacteriológica en la estación III eje 1, con 11 000 organismos/100 ml lo que puede deberse a la aportación de la descarga D-1.

En el segundo muestreo se determinaron coliformes totales y fecales, en la siguiente tabla se presentan las estaciones en las que se obtuvieron los valores mas significativos.

TABLA 3.2

Eje Parámetro Estación	1		2		3	
	No. org/100 ml		No. org/100 ml		No. org/100 ml	
	total	fecal	total	fecal	total	fecal
II	430	200	200	34	220	1
III	1500	50	700	10	NC	10
IV	2.4×10^5	160	NC	8	NC	31
V	9300	600	NC	50	NC	60
VI	1.1×10^5	NC	NC	NC	NC	NC

NC no contables

Organismos/100 ml totales

De acuerdo con los estándares (ref 3), en las estaciones II eje 1 y III eje 2, el agua está poco contaminada, en la III eje 1 contaminada y en las IV eje 1, V eje 1 y VI eje 1 altamente contaminada.

Organismos/100 ml fecales

En las estaciones III eje 1, y V ejes 2 y 3, el agua está poco contaminada, en las estaciones II eje 1 y IV eje 1 es altamente contaminada. Los valores obtenidos en el eje 1, de la tabla anterior, indican que las descargas no puntuales de casas-habitación localizadas en la margen derecha del ramal Melchor Ocampo, tienen influencia en la calidad bacteriológica del agua del río.

Las estaciones y ejes restantes, a los que no se hace referencia en los párrafos anteriores se tuvo calidad del agua aceptable (Ver tablas 8 y 9).

3.4 Estado de contaminación del río.

De los parámetros físicoquímicos valuados en el río se concluye que la calidad del agua es aceptable.

Los resultados bacteriológicos de las estaciones II a VI,

X

lo clasifican como poco contaminado, aspecto que se debe a la influencia de descargas D-1, D-2, D-3 y a los escurrimientos de aguas residuales de las casas habitación localizadas en la margen derecha del río.

La tabla 3.3 resume las cargas de DBO, DQO y coliformes totales aportadas^a por las descargas al cuerpo de agua receptor.

TABLA 3.3

Parámetro	DESCARGA		
	D-1	D-2	D-3
DBO ₅ en Kg/día	798	128	1658
DQO, en Kg/día	1023	286	5650
Coliformes totales en org/día	1.64×10^{12}	3.024×10^{20}	1.62×10^{22}

Como se mencionó, sólo la carga bacteriana influye actualmente en la calidad de agua, por lo que el agua puede ser usada para la agricultura y recreación. Los requerimientos de la calidad del agua para uso industrial, ya sea para proceso o enfriamiento, varían en cada caso, por lo que es necesario realizar estudios particulares.

X

4. ANALISIS DE LAS CONDICIONES FUTURAS PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA Y DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES.

4.1 Demandas de agua Potable

Las demandas futuras de agua potable se pueden valorar a partir de una proyección de población y una dotación de agua de 300 l/hab-día. Ver tabla 11..

La ciudad Lázaro Cárdenas tiene una planta potabilizadora con capacidad total de 630 l/s para dar servicio a 180 000 habitantes, la cual sería insuficiente para el pronóstico de población para el año 2000 con 268 000 que demandarían 930 l/s incluyendo la ciudad Lázaro Cárdenas y la colonia Fideicomiso.

4.2 Gasto y carga orgánica expresada como DBO, para descargas residuales municipales.

La proyección del gasto de aguas residuales municipales y la carga de DBO están basados en los siguientes datos:

Dotación de agua 300 l/hab-día

Un 80 por ciento del agua total abastecida se descarga como agua residual.

Concentración máxima de DBO de la descarga 220 mg/l

La tabla 4.1 presenta los pronósticos para el año 2000.
2000.

TABLA 4.1

Población	No de habi <u>tan</u> tes	Agua abas <u>tec</u> ida, en l/s	Agua re <u>s</u> idual, en l/s	Carga de DBO en Kg/día
Lázaro Cárdenas	268 000	930	744	14 141
Fideicomiso	35 000	113	91	1 720

La colonia Fideicomiso cuenta con una planta de tratamiento primario (sedimentación) para las aguas negras, el gasto alimentado es de 25 l/s y la capacidad total de la planta es de 90 l/s. Con éste tratamiento es posible eliminar un 30 por ciento en la carga de DBO y un 25 por ciento de sólidos suspendidos. (ref 8).

4.3 Efecto de las descargas en las alternativas de localización de la toma de agua para uso municipal.

Como se señala en el capítulo 3 el efecto causado por las descargas en la calidad bacteriológica del cuerpo receptor excluyen la posibilidad de una toma para agua de uso municipal a lo largo de brazo Melchor Ocampo, siendo factible una toma en el ramal de San Francisco donde la calidad del agua es aceptable.

4.4 Criterios para localizar las descargas

X

Descarga D-1. Es recomendable la localización actual ya que en el caso de verter hacia el ramal de San Francisco aportaría contaminación en el agua receptora. Se sugiere entubarla, lo que traería como consecuencia una localización puntual.

Descarga D-2. La localización actual es aceptable, ya que si se traslada hacia el norte afectaría la calidad del agua de la toma de SICARTSA, y hacia el sur podría causar una acumulación de carga debida al dique puente.

Descarga D-3. Si se localizara antes del dique puente, causaría el mismo efecto de acumulación que la D-2. Una localización hacia la desembocadura representaría un estudio específico del estuario para cuantificar la influencia de las mareas en la descarga y la posible dilución.

4.5 Tratamientos recomendados

Tomando en cuenta las alternativas de localización de las descargas de agua residual analizadas, se considera que la carga orgánica y la concentración de bacterias obliga a tratar las aguas antes de verterlas al cuerpo receptor, de manera de satisfacer los requerimientos de calidad para la prevención y control de la contaminación de las aguas superficiales.

ciales, (Usos DIII] tabla 7, donde se observa que la concentración Bacteriológica no debe exceder 20 000 org/100 ml.* Los muestreos efectuados en el río registraron concentraciones superiores a este valor (tablas 8 y 9]. Esto último implica la necesidad de aplicar a las descargas por lo menos un tratamiento primario seguido de cloración.

El planteamiento de los procesos de tratamiento para un agua de desecho está basado en las características del agua residual así como el efecto que éstas causan en el cuerpo receptor, dependiendo esto último de la capacidad de asimilación, de contaminantes.

4.5.1. Planteamiento del problema

La selección de un proceso de tratamiento adecuado dependerá de las características obtenidas en la campaña de muestreo de la corriente receptora y la descarga. Con esto se puede obtener la carga orgánica expresada en DBO que puede soportar el río manteniendo una concentración mínima de 4 mg/l de oxígeno disuelto (límite recomendable para la existencia de vida acuática). Si la carga orgánica total de la población excede la carga orgánica que puede soportar el río, se será necesario definir la remoción necesaria y el tratamiento consecuente, para mantener las condiciones mencionadas.

* Considerando que no hay explotación pesquera.

4.5.2. Características de la corriente receptora

El sistema de alcantarillado descargará en el Brazo Melchor Ocampo del delta del río Balsas que tiene un gasto aproximado de $50 \text{ m}^3/\text{s}$ con las siguientes características:

$$\bar{v} = 0.10 \text{ m/s}$$

$$s = 7.3 \text{ mg/l}$$

$$K_1 = 0.08 \text{ día}^{-1}$$

$$\text{DBO}_5 = 6.0 \text{ mg/l}$$

$$K_2 = 0.295 \text{ día}^{-1}$$

donde

v = velocidad media. Ver figs

s = valor de oxígeno disuelto en el punto de vertido (tabla 9 estación V)

K_1 = constante de desoxigenación (ref 13)

DBO_5 = demanda bioquímica de oxígeno al quinto día y a 20°C

K_2 = coeficiente de reaeración obtenida a partir de la fórmula de O' Connor y Dobbins. Ref (17).

$$k_2 = \alpha \frac{U^m}{D^n}$$

$$\alpha = 1.7181$$

$$m = 0.5$$

$$n = 0.15$$

U = velocidad media, en m/seg.

D = profundidad, en metros

4.5.3. Cálculo de la eficiencia necesaria de remoción de carga en DBO_5 del agua residual descargada al río.

La metodología de cálculo consiste en suponer eficiencias de remoción hasta lograr el deficit crítico que se desea mantener en el río. Para esto se desarrolló un programa en la computadora H.P. 9866 A.

Simbología

t	tiempo
N	nivel mínimo de oxígeno requerido en el río
Q_1	gasto del río
Q_2	gasto del agua residual
D_1	Deficit crítico de oxígeno que se desea mantener
L_1	DBO_u en el río
L_2	DBO_u en la descarga de agua residual (tratada)
L	DBO_u de la mezcla de la descarga y del río
T_1	tiempo crítico
C_1	DBO_5 en el río
C_2	DBO_5 de la descarga de agua residual sin tratamiento
C_3	DBO_5 de la descarga de agua residual después del tratamiento
D_a	Deficit inicial de la corriente

Bases teóricas y datos

$$\begin{aligned}
 t &= 5 \text{ días} \\
 N &= 4 \text{ mg/l} \\
 Q_1 &= 50 \text{ m}^3 \\
 Q_2 &= 744 \text{ l/s} \\
 D_a &= 7.3 - 7.15 = 0.15 \text{ mg/l} \\
 D_1 &= S - N = 7.3 - 4.0 = 3.3 \text{ mg/l} \\
 C_1 &= 6 \text{ mg/l} \\
 C_2 &= 220 \text{ mg/l}
 \end{aligned}$$

Ecuación de Streeter y Phelps

$$T_1 = \frac{1}{K_2 - K_1} \ln \frac{K_2}{K_1} \left(1 - \left(\frac{K_2}{K_1} - 1 \right) \frac{D_a}{L} \right)$$

$$D_1 = \frac{L e^{-K_1 t_1}}{K_2 / K_1}$$

La cinética para la reacción de DBO puede considerarse como una reacción de primer orden que se expresa

$$\frac{dL_t}{dt} = -k_1 L_t$$

donde L_t es la cantidad de DBO al tiempo t , integrando

$$\frac{L_t}{L} = e^{-k_1 t}$$

donde L ó DBO_L es la DBO al tiempo $t = 0$. La cantidad de

$$L = \frac{Y}{1 - e^{-0.08(5)}} = \frac{1}{0.33} = 3.03 \text{ Y}$$

$$L = 3.03 (7.2) = 21.82 \text{ mg/l}$$

$$T_1 = \frac{1}{0.295 - 0.08} \ln \left\{ \frac{0.295}{0.08} \left[1 - \left(\frac{0.295}{0.08} - 1 \right) \frac{0.15}{21.82} \right] \right\}$$

$$T_1 = 4.66 \ln 3.61 = 5.98 \text{ días}$$

$$D_1 = \frac{L e^{-k_1 t_1}}{\frac{K_2}{K_1}}$$

$$D_1 = \frac{21.88 e^{-0.08 (5.98)}}{\frac{0.295}{0.08}}$$

$$D_1 = 9.56 \text{ mg/l}$$

D_1 es el déficit crítico que se obtiene en la corriente del río al aplicarle un 60 por ciento de remoción a la descarga, valor mayor que el aceptable de 3.3 mg/l, lo que implica que la eficiencia de tratamiento debe ser mayor para obtener un valor máximo de 3.3 mg/l.

Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 4.2. El listado del programa se anexa al final del capítulo.

DBO presente en cualquier tiempo t:

$$L_t = L (e^{-k_1 t})$$

y (Y), la cantidad de DBO que se ha satisfecho en el tiempo t:

$$Y = L - L_t = L (1 - e^{-k_1 t})$$

$$Y = L (1 - e^{-k_1 t})$$

$$L = \frac{Y}{1 - e^{-k_1 t}}$$

Metodología de cálculo.

Consiste en suponer eficiencias de remoción aplicadas a la descarga, hasta obtener la concentración de oxígeno fijada como déficit crítico.

Suponiendo una eficiencia de 60 por ciento

$$C_3 = 220 \text{ mg/l} (1 - 0.6) = 88 \text{ mg/l}$$

$$DBO_5 = \frac{(6 \text{ mg/l}) (50\,000 \text{ l/s}) + (88 \text{ mg/l}) (744 \text{ l/s})}{(50\,000 \text{ l/s}) + (744 \text{ l/s})} = 7.20 \text{ mg/l}$$

de la mezcla de la descarga y el río.

$$E_2 = \frac{100 (E - E_1)}{100 - E_1}$$

donde

E = eficiencia total (tabla 4.2)

E_1 = eficiencia del tratamiento

E_2 = eficiencia de tratamiento biológico (los dos activados)

$$E_2 = \frac{100 (81 - 32)}{100 - 32} = 72\%$$

Con un 72 por ciento de eficiencia deberá operar la planta para lograr las condiciones deseadas en la corriente del río.

Desinfección

La desinfección se refiere a la destrucción selectiva de microorganismos causantes de contaminación. El proceso por medios químicos es el más común, siendo el cloro el producto que más se emplea en nuestro medio por su eficiencia y costo.

En la tabla 4.3 se presentan estimaciones generales respecto a la dosificación de cloro según el tipo de agua tratada.

La estimación final dependerá del pH, temperatura, calidad y concentración del efluente del tanque sedimentador.

TABLA 4.3

Requerimientos de cloro para la desinfección, considerando residuales de 0.5 mg/l después de 15 min. de contacto.

TABLE 4.2 Cálculo de la eficiencia total de tratamiento.

RESULTADOS

```

*****
LA EFICIENCIA DE LA PLANTA, EN (%), ES DE      81.22076163
*****
LA DBO(U) DE LA MEZCLA DE EL RIO Y LA-DESCARGA, EN (MG./L) ES
19.77
*****
DBO DE LA DESC. PARA MANTENER 4 (MG./L), DE O.D. EN EL RIO
SERA DE      41.3143244 (MG./L)
*****
LA CANT. DE DBO QUE SERA ELIMINADA DE LA DESC. EN (MG./L) ES DE
178.6856756
*****
EL DEFICIT INICIAL, EN (MG./L) ES DE          0.15
*****
EL DEFICIT CRITICO, EN (MG./L) ES DE          3.3
*****
*****
EL TIEMPO CRITICO EN (DIAS), ES DE            5.973707986
*****

```

DATOS DEL PROBLEMA

```

*****
CARACTERISTICAS DEL RIO
GASTO EN (L/S) 50000
DBO EN (MG./L) 6
VELOCIDAD EN (M./S) 0.1
VALOR IE SAT. DE O.D. EN EL PUNTO DE VERTIDO, EN (MG./L) 7.3
CTE. DE DESOXIGENACION, EN (1/DIA) 0.08
CTE. DE REAIREACION, EN (1/DIA) 0.295
*****

```

```

*****
CARACTERISTICAS DE LA DESCARGA
GASTO EN (L/S) 744
DBO EN (MG./L) 220
*****

```

```

*****
NIVEL IE O.D. QUE SE DESER MANTENER EN EL RIO, EN (MG./L) 4
*****

```

4.5.4. Tratamientos aplicable al sistema en estudio*

De acuerdo con el análisis previo, las aguas residuales requerirán un tratamiento secundario a base de un proceso biológico donde se sintetiza y oxida la materia coloidal y disuelta por medio de microorganismos en presencia de oxígeno disuelto.

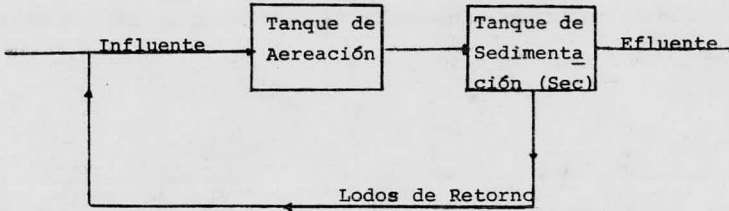
Los procesos que se consideran entre otros son: lodos activados, filtros rociadores y lagunas aerobias de estabilización.

El proceso de lodos activados se usa normalmente para desechos domésticos de grandes ciudades. Los filtros rociadores para altas cargas de desechos industriales y ciudades regulares; y las lagunas, en pequeñas ciudades donde existen grandes áreas disponibles.

El proceso de lodos activados es uno de los mas usados debido a que presenta ventajas en cuanto a flexibilidad de adaptación del proceso convencional a las características biológicas del agua contaminada.

El proceso convencional de lodos activados consiste de un tanque de aereación, un sedimentador secundario y una línea de recirculación de lodos. Fig. 4.1.

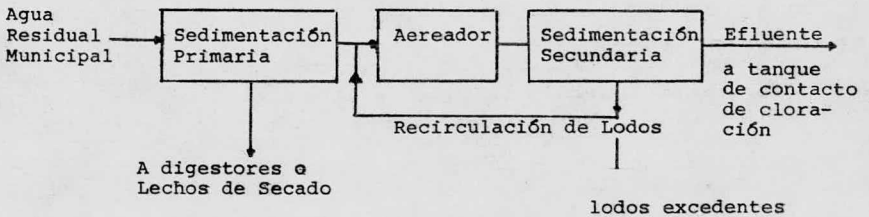
FIGURA 4.1



Con este tratamiento es posible obtener una remoción de 85 a 95 por ciento de DBO, con lo cual se satisface la calidad del agua requerida en el río.

En el siguiente esquema se muestra el diagrama de flujo del proceso que se propone.

FIGURA 4.2



Tomando en consideración la eficiencia de sedimentación primaria que es de 32 por ciento de DBO, la del tratamiento biológico será:

Dosis de cloro, en mg/l

Aguas negras con sedimentación
primaria, según concentración. 3 - 18

Efluente de lodos activados,
según el comportamiento 3 - 9

De acuerdo a lo anterior, las cantidades requeridas de cloro
serían las siguientes:

Población	Agua Residual, en l/s	Cloro requerido en kg/día
L. Cárdenas		
268 000	744	192 mínimo 576 máximo

5. EFECTO DEL DESARROLLO INDUSTRIAL

La realización del proyecto de la siderúrgica Lázaro Cárdenas - Las Truchas significa la posibilidad de desarrollo de proyectos industriales relacionados directamente con ella, así como de desarrollo urbano y actividades secundarias.

Cada una de las industrias que se establecen requieren de abastecimiento de agua y de la disposición de sus efluentes; estos últimos representan un peligro de contaminación y modificación de las condiciones ecológicas naturales del cuerpo receptor, de aquí la importancia de conocer las características de estos desechos industriales y con base a esto planear su disposición más adecuada de manera que afecte al mínimo las condiciones de calidad del agua del río.

5.1 Demandas de Agua para la Siderúrgica Lázaro Cárdenas "Las Truchas".

La demanda actual es de $6 \text{ m}^3/\text{seg}$ que se captan del río en el brazo Melchor Ocampo a una distancia de 7.5 Km aguas abajo de la Presa. (plano 1). En la segunda etapa, el consumo será de $15 \text{ m}^3/\text{seg}$, y en 1984, año en que se inicia la tercera etapa, el requerimiento será de $25 \text{ m}^3/\text{seg}$, (ref 10).

La producción industrial en cada una de las etapas se muestra en la siguiente tabla (ref 12).

TABLA 5.1

Etapa	Construcción	Iniciación producción	Capacidad, en ton/año
Primera	1972-1975	1976	Laminados no planos 1,000.000
			Laminados planos No se produce
			Palanquilla 250,000
			Total 1,250,000
Segunda	1977-1979	1980	Laminados no planos 1,000,000
			Laminados planos 1,000,000
			Palanquilla 250,000
			Total 2,250,000
Tercera	1981-1983	1984	No se tienen datos

5.2 Descargas de SICARTSA. Gasto, tipo de contaminantes y tratamiento.

TABLA 5.2

Planta	Gasto de agua arrojada al sistema de drenaje de la siderúrgica.	Tipo contaminante	Tratamiento
Oxígeno	1224 m ³ /hr	ninguno	ninguno
	0.28 m ³ /hr	jabón - aceite	ninguno
Coquizadora	0.86 m ³ /seg	cianuros, fenoles sulfocianuros	biológico
Peletizadora	1.64 m ³ /seg	escamas fierro	planta de tratamiento de efluentes (biológico)
	6 m ³ /min	agua de lavado <u>fe</u> rro producto	
	corresponden a 5 hr/día	escamas fierro	
	2000-3600 m ³ /hr	100 ppm de escamas fierro	
Alto horno	200 - 250 m ³ /hr	escamas de fierro	filtro
Aceración	560 m ³ /hr	ninguno	ninguno
	en caso de purga 350 m ³ /hr	200 mg/l óxidos de fierro y grafitos	ninguno
Las siguientes plantas no envían agua al drenaje			
Colada continua	10 m ³ /día de aguas negras a fosa séptica bioenzimática después a pozos de absorción		
Fuerza	No tiene agua de desecho. Recirculación		

Alto horno	10 m ³ /día de aguas negras, se envían a fosa séptica bioenzimática, después a pozos de absorción		
Aceración	15 m ³ /día	Aguas jabonosas	a fosa séptica enzimática posteriormente a pozos de absorción

5.2.1. Evaluación de la carga de CN aportados por la Siderúrgica en la primera y segunda etapas de producción.

Los cianuros son uno de los principales contaminantes aportados por la Siderúrgica y se encuentran en el agua de desecho que procede de la planta coquizadora.

Para evaluar la carga y concentración de este contaminante, se consideraron .0147 Kg/ton de producto, dato de (ref 13), y el gasto del efluente que aparece en la tabla (5.2).

En la siguiente tabla se presentan los valores calculados en la primera y segunda etapas de producción.

TABLA 5.3

Etapa	Gasto en 1/seg	Producción total en ton/año	CN en Kg/día	CN en mg/l
Primera	860	1 250 000	50.68	0.69
Segunda		2 250 000	91.23	

El tratamiento que se aplica es un proceso biológico de lodos activados, donde los cianuros se degradan (ref 10). Este tratamiento tiene una eficiencia de 95 por ciento, valor que disminuye a 80 por ciento si la concentración de cianu-

ros es mayor de 60 mg/l, (ref 14).

5.3 Industrias factibles a establecerse. Caracterización de sus efluentes, efecto causado en el río, tratamiento recomendado.

Los efluentes industriales representan uno de los mayores problemas de contaminación, ya que sus características están en función del tipo de industria, de la tecnología usada y del volumen de agua requerido.

A continuación se presentan las industrias factibles a establecerse, la caracterización de los efluentes aportados así como los tratamientos que pueden ser aplicables. Por otro lado, es importante considerar que la selección final de un proceso de tratamiento se basa en los siguientes aspectos:

Grado de tratamiento requerido, naturaleza de los desechos orgánicos, concentración de la materia orgánica, variación en el flujo del agua de desecho, capital y costos de operación.

5.3.1. Planta enlatadora de frutas y legumbres

Características del agua de desecho

Los desechos procedentes del proceso de alimentos usualmen-

te contienen materia orgánica (disuelta o en estado coloidal) en varios grados de concentración dependiendo de tipo de producto que se trate. La concentración de sólidos suspendidos es alta.

Efecto en el río

Los sólidos de los desechos forman bancos de lodos que cubren el lecho del río y se degradan, abatiendo el oxígeno.

Tratamiento

Sistemas de cribado o rejillas como etapa preeliminar. Entre los procesos más usados están: precipitación química y lagunas aeradas, la oxidación biológica es también factible pero no muy usada debido a que el enlatado es por estaciones. En muchos casos estos desechos pueden combinarse con los domésticos siendo aplicable el proceso de oxidación biológica.

5.3.2. Planta de bebidas embotelladas refrescos

Características del agua de desecho

Si el jarabe se produce en la planta se tienen los siguientes contaminantes: Alta alcalinidad, DBO y contenido de sólidos suspendidos superior al de los desechos domésticos. Valores promedio:

pH = 10.8, DBO₅ = 430 mg/l, sólidos suspendidos = 220 mg/l

Efecto en el río

Los azúcares y jarabes causan una disminución de oxígeno en las corrientes debido a la acción bacteriana.

Tratamiento

Sistemas de cribado. Normalmente la disposición final es al drenaje municipal.

5.3.3. Planta de jabones y detergentes

Características del agua de desecho

Esta es una industria que produce volúmenes relativamente pequeños de desechos líquidos. Los desechos tienen un alto contenido de DBO y jabones saponificados, interfieren en la transferencia de oxígeno en las corrientes receptoras.

Efecto en el río

La toxicidad afecta el crecimiento acuático, la espumación interfiere en el paso de los rayos solares y produce turbiedad.

Tratamiento

Flotación. Tanto la sustancia activa alquil bencil sulfonato

en un caso, como el lineal alquil sulfato, en el otro, se pueden remover por percolación a través de suelos limoarenosos (ref 15).

5.3.4. Planta empacadora de carne

Características del agua de desecho

Los desechos comparados con los domésticos, tienen mayor contenido de materia orgánica así como organismos patógenos, grasa y partículas suspendidas. Los valores promedio son: DBO de 14.4 Kg/1000 kg de carne procesada, sólidos suspendidos totales 17 mg/l, nitrógeno orgánico 11 mg/l, nitrógeno amoniacal 8 mg/l.

Efecto en el río

Los desechos contienen materia que se descompone rápidamente y remueve el oxígeno del agua a través de la acción bacteriana. Las grasas afectan el crecimiento acuático, producen aspectos desagradable e impiden el desarrollo de la flora en las margenes del río. Los sólidos forman depósitos de lodos.

Tratamiento

Flotación, sedimentación. El tratamiento biológico ha sido

el más usado y efectivo.

5.3.5. Planta de madera aglomerada

El agua proveniente del lavado de madera es altamente contaminada por grasas. Los requerimientos de agua son 105000 gal/1000 Kg y el agua de desecho contiene aproximadamente de 200 a 250 Kg de DBO/1000 Kg de madera lavada.

Efecto en el río

Las fibras pueden obstruir las agallas de los peces. Los desechos producen turbiedad. Se forman bancos de lodos los cuales al degradarse abaten el oxígeno. Las grasas afectan la vida acuática.

Tratamiento

Separación de grasas por flotación. Cuando las grasas se recuperan por destilación no es necesario el tratamiento.

5.3.6. Planta procesadora de leche y queso

Características del agua de desecho

Contienen altos contenidos de materia orgánica, grasas, materiales parcialmente caramelizados, lactosa, así como la presencia de la caseína, principio albuminoso de la leche.

DBO de 0.05 a 0.26 Kg/100 Kg, cuando se procesa leche.

En la elaboración de queso la demanda de oxígeno es mayor teniendo una DBO de 0.45 a 3.0 Kg/100 Kg.

Efecto en el río

El agua de desecho contiene sólidos disueltos, los que dan un aspecto turbio, además el contenido de materia orgánica origina una disminución de oxígeno.

Tratamiento

Los tratamientos más usados son aereación y modificación de lodos activados.

Las industrias descritas anteriormente se encuentran en el plan de desarrollo de proyectos agroindustriales presentado por SICARTSA; cabe mencionar que únicamente se citan las industrias más probables a establecerse, sin embargo están incluidos en el plan anterior proyectos relacionados directamente con SICARTSA y proyectos de decisión Nacional, los cuales se llevarán a cabo dependiendo del crecimiento de la región y de la infraestructura urbana.

6. MODELO DE OPTIMIZACION PARA EL USO DEL AGUA

El delta del río Balsas, tiene capacidad suficiente para cubrir las demandas actuales de agua para diversos usos. Sin embargo, las posibilidades de desarrollo agrícola, urbano e industrial que presenta esta región, traen como consecuencia el incremento en requerimiento de agua para satisfacer las demandas futuras, creando la necesidad de planear su uso óptimo, y evitar situaciones críticas.

6.1 Descripción del modelo

El modelo que se presenta a continuación plantea la optimización de la distribución de agua de diferente calidad que proviene de diversas fuentes a un costo mínimo. Las fuentes de abastecimiento pueden ser: Aguas naturales y aguas residuales, a las que se les trataría de acuerdo a la calidad de agua requerida.

El criterio de asignación del agua de las fuentes (orígenes) para determinados usos (destinos) en este trabajo se basa en los costos de tratamiento de las aguas disponibles.

La optimización se realizó mediante el modelo de programación lineal simplex .

El problema de asignar agua de diferentes fuentes de suministro (orígenes) para diferentes demandas (destinos) puede ser planteado de la siguiente manera: Minimizar la función objetivo

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} \dots\dots (1)$$

sujeta a las siguientes restricciones

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = a_i \quad i = 1, 2, \dots m \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} \leq b_j \quad j = 1, 2, \dots n \quad (3)$$

$$X_{ij} \geq 0 \text{ para todo } i \text{ y } j..(4)$$

$$\sum_{i=1}^m a_i - \sum_{j=1}^n b_j \geq 0 \dots\dots (5)$$

donde

X_{ij} cantidad de agua de origen i asignada para el destino j .

C_{ij} costo de tratamiento (si es requerido) de la cantidad unitaria de agua entregada del origen i al destino j .

a_i cantidad de agua disponible en el origen i

b_j cantidad de agua requerida por el destino j .

La disposición final de efluentes depende directamente del uso consuntivo y de la recirculación de agua en el sistema, por lo tanto, la ecuación 5 se convierte en una desigualdad.

La disposición final de efluentes se considera como un sector de agua demandada en donde ésta no es reusada y tiene asignado un costo de tratamiento igual a cero para el caso del origen "fuente primaria".

Para los otros orígenes las restricciones de la calidad de los efluentes pueden ser impuestas mediante la asignación de los costos para los elementos X_i del destino "disposición final de efluentes", por ejemplo:

El desecho líquido municipal e industrial, debe tratarse a un costo determinado antes de que pueda ser enviado a la disposición final. El agua que procede de otros orígenes puede tener suficiente calidad y de aquí que se descargue, sin ningún costo a la disposición final de efluentes.

El costo de tratamiento para proporcionar agua que procede de alguna fuente para cualquier uso, dependerá:

De la calidad del agua del origen

De la calidad necesaria para el uso

TABLA 6.1 Matriz de elementos empleados en el análisis de distribución de agua en el sistema Lázaro Cárdenas - Laq Truchas.

orígenes i	destinos, usos ó demandas j						
	municipal	industrial	agricultura	recreación	vida animal	disposición final de efluentes	disponibilidades
fuentes primarias							
Agua superficial	X_{11}	.	.	.	.	X_{16}	
(1)	Δ_{q11}	.	.	.	.	Δ_{q16}	a_1
	C_{11}	.	.	.	.	C_{16}	
fuentes secundarias							
Efluente Municipal	.	.	.	.	.	.	.
(2)							
Efluente industrial	.	.	.	.	.	.	.
(3)							
Corrientes de retorno de riego	X_{41}	X_{42}	.	.	.	X_{46}	
(4)	Δ_{q41}	Δ_{q42}	.	.	.	Δ_{q46}	a_4
	C_{41}	C_{42}				C_{46}	
Requerimientos ó demandas de un sector	b_1	b_2	.	.	.	b_6	Eb_j
(5)							Σa_i

NOTACIONES

- X_{ij} - cantidad de agua del origen i asignada al destino j
- q_{ij} - Diferenciales de calidad de agua
- C_{ij} - Costo de tratamiento
- a_i - Cantidad de agua disponible de origen i
- b_j - Cantidad de agua requerida por destino j,

TABLA 6.2

Agua de suministro y características de la demanda de un sistema agrícola, urbano e industrial. (valores en m³/seg)

Sistema	suministro principal	Demanda	Efluente	Consumo
Agua del río				
Balsas	50			
Municipal		1.5	1.0	0.5
Industrial		45.0	36.0	9.0
Agrícola		16.0	-	16.0
Refugio Vida				
Animal		20.0	-	20.0
TOTAL	50	82.5	37.0	45.5

Sistema de disposición = suministro principal - uso consuntivo = 50 - 45.5 = 4.5

El gasto de agua asignada para uso industrial considera la cantidad demandada en el arranque de operación. Es importante hacer notar que dicho requerimiento puede disminuir dependiendo del sistema de recirculación de agua con que cuenta cada industria.

Los costos de tratamiento se asignan en base a las matrices diferenciales de calidad de agua de los parámetros más significativos del sistema en estudio.

Dichos costos dependen de la aplicación de un determinado tratamiento a un origen para satisfacer un destino.

6.3 Aplicación del modelo

El desarrollo del modelo está basado en las características del sistema en estudio las cuales incluyen:

- La distribución del agua del río Balsas en el área urbana, industrial y agrícola.
- La calidad del agua, dependiendo de la fuente de suministro y el sector de demanda.

Lo anterior está representado en las siguientes tablas

TABLA 6.3

Matriz de diferenciales de la calidad del agua según la DBO (valores en mg/l)

Origen i	requerimientos de remoción				sistema de disposición	calidad del efluente
	municipal	industrial	agrícola	refugio de vida animal		
rfo Balsas	5.0	<0	<0	<0	0	5
efluente municipal	200	190	70	180	195	200
efluente industrial	400	390	270	380	395	400
calidad aceptable del influente	0	10	130	20	5.0	

Los diferenciales de DBO se obtienen restando la calidad del efluente que corresponde a la última columna menos la calidad aceptable del influente; estas diferencias indican la cantidad en mg/l de DBO que se debe remover. Los valores de 0 y <0 indican que la calidad del efluente de un determinado origen es igual o mejor que la calidad (aceptable) de un destino particular y por lo tanto, no es necesario aplicarle un tratamiento.

Los valores anteriores se basan en los análisis de calidad presentados en el capítulo 3, así como en las consideraciones de desarrollo urbano, agrícola e industrial. La caracterización de los efluentes industriales están basados en los tipos de industrias que se presentan en el capítulo 5,

sin incluir la siderúrgica.

La consideración de reuso del agua en la industria está referido solo al enfriamiento y no al agua de proceso.

TABLA 6.4

Matriz de diferenciales de calidad de agua según la concentración de sólidos totales (ST), en mg/l

origen i	requerimientos de remoción					efluente
	municipal	industrial	agrícola	refugio de vida animal	sistema de disposición	
rio Balsas	0	<0	0	<0	<0	500
efluente municipal	400	100	400	0	<0	900
efluente industrial	0	<0	0	<0	<0	500
calidad aceptable del influente	500	800	500	2000	1500	

En la tabla 6.5 se presenta la matriz que da los valores aproximados de costos que se podrían tener para el sistema, considerando las remociones de DBO y S.T. Sin embargo, es importante tomar en cuenta que los costos finales estarán

en función de la capacidad de la planta de tratamiento así como del costo de transporte y descarga del agua.

TABLA 6.5

Matriz de costos relativos unitarios, Pesos/m³

Destinos j

orígenes i	municipal	industrial	agrícola	refugio vi- da animal	sistema de dispo- sición	disponi- bilidad de agua, m ³ /s
río						
Balsas	1.20	0.45	0	0	0	50
efluente municipal	2.50	0.65	0.25	0.45	0.25	1.0
efluente industrial	3.00	0.80	0.30	0.45	0.30	36
requerimien- tos en m ³ /s	1.5	45	16	20	4.5	87

El último renglón y la última columna de la matriz anterior representan las cantidades de agua de los requerimientos y de las disponibilidades, respectivamente.

Con base a la matriz anterior, podremos aplicar el método de la columna mínima para determinar la asignación óptima de las cantidades de agua disponibles a sectores determinados.

Método de la Columna Mínima

Se principia buscando la celda que tiene el costo mínimo en la columna 1. Supongase que es la $(r,1)$ (renglón 1, columna 1) , luego

$$X_{r1} = \min (a_r, b_1)$$

Si $b_1 < a_r$ se pasa a la columna 2 haciendo $a_r = a_r - b_1$. Si no es así se elimina el renglón r , esto es, no podrá seleccionarse posteriormente ninguna celda de ese renglón y se pasa en la misma columna 1 a la celda con el siguiente costo mas bajo haciendo

$b_1 = b_1 - a_r$, supongase que la celda es

$(s,1)$ entonces;

$$X_{s1} = \min (a_s, b_1)$$

continuándose hasta que se satisfacen los requerimientos del destino 1.

Los datos se colocan como se muestra en la siguiente tabla

C_{11}	C_{12}	...	C_{1j}	...	C_{1n}	a_1
x_{11}	x_{12}	...	x_{1j}	...	x_{1n}	
C_{21}	C_{22}	...	C_{2j}	...	C_{2n}	a_2
x_{21}	x_{22}	...	x_{2j}	...	x_{2n}	
\vdots	\vdots	...	\vdots	...	\vdots	.
C_{r1}	C_{r2}	...	C_{rj}	...	C_{rn}	a_r
x_{r1}	x_{r2}	...	x_{rj}	...	x_{rn}	
\vdots	\vdots	...	\vdots	...	\vdots	\vdots

$$r = C_{11}$$

$$s = C_{21}$$

donde:

C_{ij} = costo de tratamiento del origen i al destino j

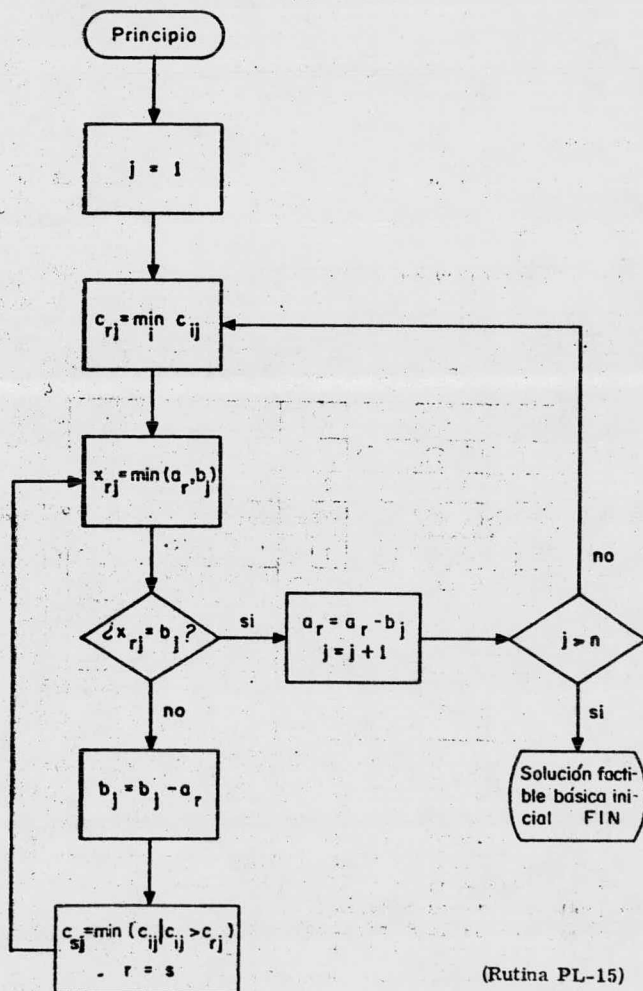
X_{ij} = cantidad de agua tratada del origen i al destino j

a_i = disponibilidad del origen i

b_j = requerimiento del destino j

FIG. 6.1

El diagrama de flujo es el siguiente



(Rutina PL-15)

COLUMNA MINIMA

6.4 MATRIZ DE ASIGNACION OPTIMA DE LAS AGUAS

Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 6.6. La programación del modelo se anexa al final del capítulo. ¹

TABLA 6.6

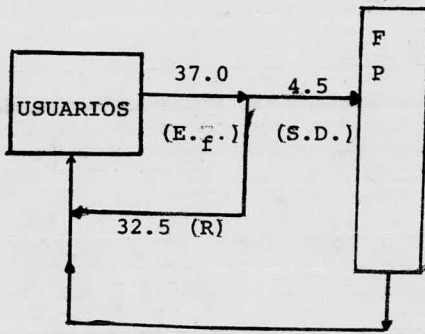
Matriz de asignación óptima de las aguas, en m³/s

origen i	Destino j					disponi- bilidad de agua
	municipal	industrial	agrícola	refugio vi- da animal	sistema de dis- posición	
río Balsas	1.5	45	3.5	0.0	0.0	50
efluente municipal	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0
efluente industrial	0.0	0.0	11.5	20.0	4.5	36.0
requerimien- tos	1.5	45.0	16.0	20.0	4.5	87.0

De acuerdo con los valores anteriores el diagrama de flujo del sistema sería el siguiente:

¹ El diagrama de flujo del programa de la computadora se presenta en la Fig. 2.

FIGURA 6.2



FP = Fuente Princi
pal río Balsas

SD = Sistema de dis
posición

E_f = Efluente

R = Retornos

D = Disponibilidad

(50) (D)

```

FILE 2=LCC,UNIT=READLR
FILE 3=IND,UNIT=PRINTER
C PROGRAMACION DE UN MODELO PARA LA ASIGNACION OPTIMA DE AGUA DE DIFERENTES
C ORIGENES A DIFERENTES DESTINOS
DIMENSION DISP(10),REQ(10),A(10),U(10),AL(10),B(10),CANE(10,10)
DIMENSION INDI(10,10),C(10,10),X(10,10),COSTO(10,10),F(10),V(10)
C NOTAS: LAS VARIABLES N, M, L REPRESENTAN AL N.º DE DEMANDAS, M DE ORIGENES Y N DE
C PARAMETROS EMPLEADOS RESPECTIVAMENTE EN UN SISTEMA DADO.
READ(2,10)N,M,L
L1=1
WRITE(3,20)
C NOTAS: LA MATRIZ COLUMNA (DISP) Y LA MATRIZ REGLON (REQ) REPRESENTAN RESPEC-
C TIVAMENTE LAS CANTIDADES DE LAS AGUAS DE LOS ORIGENES Y DESTINOS DEL SI-
C STEMA SECONDO DE LOS PARAMETROS.
100 READ(2,15)(DISP(I),I=1,N)
C NOTAS: LAS MATRICES SIGUIENTES SIRVEN PARA CALCULAR LOS ELEMENTOS DE LA
C MATRIZ (CANE), RESTANDO LOS VALORES CORRESPONDIENTES DE LAS MATRICES (DISP) Y
C (REQ). (CANE) SIRVEN PARA OBTENER E IMPRIMIR ESTAS TRES MATRICES.
C LA MATRIZ (CANE) REPRESENTA A LA MATRIZ DE DIFERENCIALES DE LA CALIDAD DEL
C AGUA PARA C/U DE LOS PARAMETROS EMPLEADOS.
DO 300 J=1,M
DO 300 I=1,N
300 CANE(I,J)=DISP(I)-REQ(I)
300 WRITE(3,25)(CANE(I,J),J=1,N),DISP(I)
WRITE(3,25)
C NOTAS: EL CONTADOR Y EL "IF" ARITMETICO SIGUIENTES SIRVEN PARA INDICAR LE A LA
C MAQUINA QUE LEA LOS DATOS DE LAS MATRICES (DISP) Y (REQ) DE C/U DE LOS PARAME-
C TROS Y DE ESTA FORMA CALCULE E IMPRIMA SU RESPECTIVA MATRIZ (CANE).
IF(C=1)100,200,200
C NOTAS: LAS SIGUIENTES INSTRUCCIONES SIRVEN PARA DARLE A LA MAQUINA LAS
C MATRICES (C) Y (C), ALLI UNO POR ELEMENTO POR REGLORES.
C LA MATRIZ (C) REPRESENTA A LA MATRIZ DE COSTOS UNITARIOS, Y LA MATRIZ (INDI)
C ASOCIA UN N.º PROGRESIVO A PARTIR DE LA C/U DE LOS COSTOS DE CADA COLUMNA (A SIG-
C NIENDO EL N.º 1 AL MENOR COSTO, EL N.º 2 AL SIGUIENTE COSTO MENOR Y ASI SUCE-
C SIVAMENTE CON C/U DE LAS COLUMNAS DE LA MATRIZ (C).
100 READ(2,10)((INDI(I,J),I=1,N),J=1,M)
READ(2,15)((C(I,J),J=1,N),I=1,M)
C NOTAS: LA MATRIZ COLUMNA (A) Y LA MATRIZ REGLON (B), REPRESENTAN RESPE-
C CTIVAMENTE LAS CANTIDADES DE AGUA DISPONIBLE Y LAS CANTIDADES DE AGUA DEMAN-
C DADA POR EL SISTEMA, Y A SU VEZ SON RESPECTIVAMENTE IGUALES A LAS MATRICES (CA)
C Y (CB) ESTOS DEBEN LEERSE EN EL CURSO DEL PROGRAMA, LAS MATRICES (CA) Y (CB)
C REPRESENTAN LAS VARIACIONES EN LOS VALORES DE SUS ELEMENTOS, Y SUS VALORES ORIGINALES SON NECESA-
C RIOS PARA ASOCIARLOS CON VARIAS DE LAS MATRICES CALCULADAS.
READ(2,15)(A(I),I=1,M)
READ(2,15)(B(J),J=1,N)
C NOTAS: LA MATRIZ (X) REPRESENTA A LA MATRIZ DE ASIGNACION OPTIMA DE AGUAS A
C LOS SECTORES, POR TANTO SUS ELEMENTOS EN PRINCIPIO SON DADOS A LEER COMO CE-
C ROS, POR QUEREMOS DE ESTE MODO EN EL DESARROLLO DEL PROGRAMA.
READ(2,40)(X(I,J),I=1,N)
C NOTAS: LAS SIGUIENTES INSTRUCCIONES CALCULANOS (N) QUE ES LA SUMA TOTAL DE LAS
C CANTIDADES DE AGUA DE C/U DE LAS DEMANDAS Y QUE DEBE SER IGUAL A LA SUMA TOTAL

```

```

C 00000001
  FIB IS 0006 LONG
C 00000002
C 59553521
  FIB IS 0006 LONG
C START OF SEGMENT 002
C 59553522
C 59553523
C 08090451
C 08090452
C 08090453
C 08090454
C 08090455
C 23541001
C 23541002
C 23541003
C 92790801
C 04530001
C 04530002
C 04530003
C 04530004
C 04530005
C 04530006
C 04530007
C 07191451
C 07191452
C 07191453
C 07191454
C 07191455
C 52951001
C 52951002
C 52951003
C 65055351
C 65055352
C 65055353
C 41201001
C 41201002

```

C DE LAS CANTIDADES DE AGUA DE C/U DE LOS ORIGENES.

```

W=0
DO 550 J=1,N
W=1/R(J)
550 CONTINUE
WRITE(3,45)
C NOTA 40: CON LA ITERACION QUE CONTINUA, SE ORDENAN E IMPRIMEN LAS MATRICES (C),
(CA), (H) Y EL VALOR DE (W).
600 DO 600 I=1,M
WRITE(3,25)(C(I,J),J=1,N),A(I)
WRITE(3,25)R(I)
C NOTA 41: LA MAQUINA PROPRIAMENTE REALIZA EL PROCESO DEL METODO SIMPLEX (REGLA DE
LA CALUMIA (HITIA), CON LAS DECLARACIONES COMPROMISADAS ENTRE LA SIGUIENTE DECLA
RACION EJECUTABLE Y LA DECLARACION ETIQUETADA CON EL N 1700.
NOTA 42: LA SIGUIENTE ITERACION SIRVE PARA VARIAR LAS COLUMNAS DE LA MATRIZ EN
CUAL TAMBIEN ES UTILIZADA COMO CONTADOR.
EL PROCESO LA VARIACION DE LOS RENGLONES LO HACEMOS CON LA VARIABLE (I), LA
DO 1700 I=1,30
C NOTA 43: EL PROCESO GENERAL SE DIVIDE EN DOS PARTES: LA DIFERENCIACION DE LOS
DOS PROCESOS SE HACE CON LA SIGUIENTE DECLARACION "IF", BASICAMENTE LOS DOS
PROCESOS SON SIMILARES, EXCEPTO QUE EN EL SEGUNDO EXISTE UN BLOQUE DE DECLARA
CIONES QUE SIRVEN PARA INDICAR A LA MAQUINA QUE DISPONIBILIDADES YA HAN SIDO
SATISFECHAS, AL ASIGNARLAS A DIFERENTES SECTORES; PARA DARLES EL VALOR DE CERO, Y
CUALES NO.
LAS DECLARACIONES COMPROMISADAS, ENTRE LA QUE SIGUE A LA DECLARACION "IF" Y LA
DECLARACION "GO TO 700", FORMAN LA PARTE N 2. LAS DECLARACIONES COMPROMISADAS
ENTRE LA DECLARACION ETIQUETADA CON EL N 1200 Y LA DECLARACION "GO TO
1300" FORMAN LA PARTE 1.
IF(J,LT,2)GO TO 1200
C NOTA 44: EL PROCESO QUE EJECUTA LA MAQUINA ES EL SIGUIENTE:
TOMA EL COSTO UNITARIO DE UN DETERMINADO RENGLON Y COMPARA SU CORRESPONDIENTE
DISPONIBILIDAD CON SU CORRESPONDIENTE DEMANDA; CUANDO LA DISPONIBILIDAD EXCEDE
A LA DEMANDA, ASIGNA EL VALOR DE LA DEMANDA A LA CORRESPONDIENTE X(I,J), Y CAL
CULA LA NUEVA DISPONIBILIDAD RESTANDO AL VALOR ORIGINAL DE ESTA ULTIMA EL
VALOR DE LA DEMANDA QUE FUE SATISFECHA. INMEDIATAMENTE DESPUES, INICIA EL PROCES
O PARA LA SIGUIENTE COLUMNA.
EN CASO DE QUE LA DEMANDA EXCEDA A LA DISPONIBILIDAD, LA MAQUINA ASIGNA EL VAL
OR DE LA DISPONIBILIDAD A LA CORRESPONDIENTE X(I,J), Y CALCULA LA NUEVA
DEMANDA, RESTANDO AL VALOR ORIGINAL DE ESTA ULTIMA EL VALOR DE LA DISPONIBIL
IDAD QUE
FUE AGOTADA. A CONTINUACION SE ETIQUETA EL VALOR DE (K) PARA TOMAR EL SIGUIEN
TE COSTO UNITARIO Y REALIZA EL PROCESO ANTERIOR, CUANTAS VECES SEA NECESARIO, HAS
TA QUE SE SATISFAGA LA DEMANDA DE LA CORRESPONDIENTE COLUMNA; CUANDO ESTO SUCE
DE INICIA EL PROCESO PARA LA SIGUIENTE COLUMNA Y ASI SUCESIVAMENTE PARA
UNA DE LAS COLUMNAS DE LA MATRIZ.
NOTA 45: LA VARIABLE (K), QUE TAMBIEN FUNCIONA COMO CONTADOR SE EMPLEA EN EL PRO
GRAMA PARA INDICARLE A LA MAQUINA LA SECUENCIA CON QUE DEBE TOMAR LOS COSTOS
UNITARIOS QUE APARESCAN EN UN DETERMINADO RENGLON, PARA ASIGNARLES LAS DISPONIBI
LIDADES.
K=0
700 K=K+1
I=I+1
800 IF(CNOT(I1,J).EQ,K)GO TO 900
GO TO 800
900 IF(A(I1)*X(I1,J-1))1100,1000,1100
1000 IF(A(I1).EQ,0)GO TO 700
1100 IF(A(I1).GE,B(J))GO TO 1600
X(I1,J)=A(I1)
A(I1)=0
H(J)=B(J)-X(I1,J)

```

C 04503121
C 04503122
C 04503123
C 04503124
C 04503125
C 04503126
52093991
52093992
52093993
52093994
35045332
39990551
19931001
50359699
13009001
13009002
13009003
30796351
10314101
27659291
27659292
27659293
27659294
27659295
27659296
27659297
27659298
27659299
27659300
27659301
27659302
27659303


```

GO TO 700
1200 K=0
1300 K=K+1
1400 I=1
IF (INDI(I1,J).EQ.K)GO TO 1500
GO TO 1400
1500 IF (A(I1).GE.R(J))GO TO 1600
X(I1,J)=A(I1)
A(I1,J)=R(J)
R(J)=R(J)-X(I1,J)
GO TO 1300
1600 X(I1,J)=B(J)
A(I1,J)=A(I1)-X(I1,J)
1700 CONTINUE
READ(2,15)(A(I),I=1,M)
READ(2,15)(B(J),J=1,N)
WRITE(3,50)
C NOTAR16: CON LA ITERACION SIGUIENTE LE INDICAMOS A LA MAQUINA, QUE ORDEN E E IM-
PRIMA LAS MATRICES (X),(A1),(B1),Y EL VALOR DE (R).
DO 1800 I=1,M
1800 WRITE(3,25)(X(I,J),J=1,N),A1(I)
WRITE(3,25)(B1(J),J=1,N),N
WRITE(3,50)
C NOTAR16: CON LAS DOS ITERACIONES SIGUIENTES, SE LE INDICA A LA MAQUINA QUE CAL-
CULE C/U DE LOS ELEMENTOS DE LA MATRIZ (COSTO) QUE ES LA DE COSTO S TOTA-
LES DE LAS AGUAS TRATADAS Y TRANSPORTADAS A CADA SECTOR, MULTIPLICANDO C/U DE
LOS VALORES DE LA MATRIZ DE ASIGNACION OPTIMA DEL AGUA A LOS SECTORES POR
SU CORRESPONDIENTE VALOR DE LA MATRIZ DE COSTOS UNITARIOS.
DO 1900 I=1,M
DO 1900 J=1,N
1900 COSTO(I,J)=X(I,J)*C(I,J)
C NOTAR17: LA MATRIZ COLUMNA (F) Y LA MATRIZ RENGLON (V), REPRESENTAN LOS A RREGLOS
QUE TIENEN COMO ELEMENTOS A LAS SUMAS TOTALES DE C/U DE LAS COLUMNAS, R ESPECI-
VAMENTE DE LA MATRIZ DE COSTOS TOTALES DEBIDOS A LAS AGUAS TRATADAS Y TRANS-
PORTADAS DE CADA SECTOR.
C NOTAR18: LAS 4 ITERACIONES SIGUIENTES SIRVEN PARA QUE LA MAQUINA CALCULE LOS
VALORES DE C/U DE LOS ELEMENTOS DE LA MATRIZ COLUMNA (F) Y DE LA MATRIZ REN-
GLON (V)
DO 1920 I=1,M
E=0
DO 1930 J=1,N
E=E+COSTO(I,J)
CONTINUE
1930 CONTINUE
F(I)=E
DO 1950 J=1,N
E=0
DO 1970 I=1,M
E=E+COSTO(I,J)
CONTINUE
1970 CONTINUE
V(J)=E
1980 CONTINUE
C NOTAR19: CON LA ITERACION SIGUIENTE SE LE INDICA A LA MAQUINA QUE ORDEN E E IM-
PRIMA LAS MATRICES: (COSTO), (F), (V).
DO 2000 I=1,M
2000 WRITE(3,25)(COSTO(I,J),J=1,N),F(I)
WRITE(3,25)(V(J),J=1,N)
C NOTAR20: EL BLOQUE DE DECLARACIONES, COMPRENDIDO ENTRE LA SIGUIENTE PROP OBCION

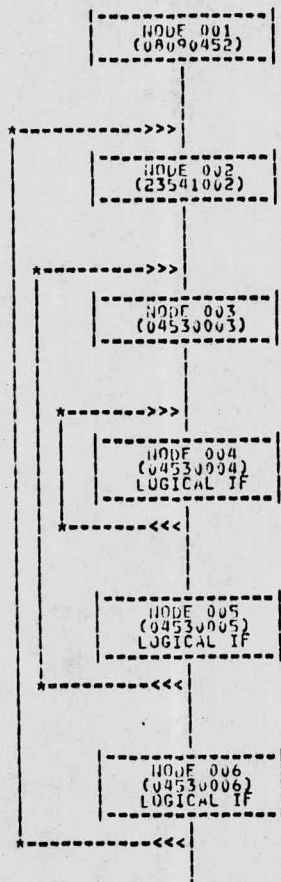
```

```

27659304
27659305
27659306
27659307
27659308
27659309
27659310
27659311
27659312
27659313
27659314
27659315
27659316
27659317
27659318
27659319
27659320
27659321
27659322
27659323
27659324
27659325
27659326
27659327
27659328
27659329
27659330
27659331
27659332
27659333
27659334
27659335
27659336
27659337
27659338
27659339
27659340
27659341
27659342
27659343
27659344
27659345
27659346
27659347
27659348
27659349
27659350
27659351
27659352
27659353
27659354
27659355
27659356
27659357
27659358
27659359
27659360
27659361
27659362
27659363
27659364
27659365
27659366
27659367
27659368
27659369
27659370
27659371
27659372
27659373
27659374
27659375
27659376
27659377
27659378
27659379
27659380
27659381
27659382
27659383
27659384
27659385
27659386
27659387
27659388
27659389
27659390
27659391
27659392
27659393
27659394
27659395
27659396
27659397
27659398
27659399
27659400
27659401
27659402
27659403
27659404
27659405
27659406
27659407
27659408
27659409
27659410
27659411
27659412
27659413
27659414
27659415
27659416
27659417
27659418
27659419
27659420
27659421
27659422
27659423
27659424
27659425
27659426
27659427
27659428
27659429
27659430
27659431
27659432
27659433
27659434
27659435
27659436
27659437
27659438
27659439
27659440
27659441
27659442
27659443
27659444
27659445
27659446
27659447
27659448
27659449
27659450
27659451
27659452
27659453
27659454
27659455
27659456
27659457
27659458
27659459
27659460
27659461
27659462
27659463
27659464
27659465
27659466
27659467
27659468
27659469
27659470
27659471
27659472
27659473
27659474
27659475
27659476
27659477
27659478
27659479
27659480
27659481
27659482
27659483
27659484
27659485
27659486
27659487
27659488
27659489
27659490
27659491
27659492
27659493
27659494
27659495
27659496
27659497
27659498
27659499
27659500
27659501
27659502
27659503
27659504
27659505
27659506
27659507
27659508
27659509
27659510
27659511
27659512
27659513
27659514
27659515
27659516
27659517
27659518
27659519
27659520
27659521
27659522
27659523
27659524
27659525
27659526
27659527
27659528
27659529
27659530
27659531
27659532
27659533
27659534
27659535
27659536
27659537
27659538
27659539
27659540
27659541
27659542
27659543
27659544
27659545
27659546
27659547
27659548
27659549
27659550
27659551
27659552
27659553
27659554
27659555
27659556
27659557
27659558
27659559
27659560
27659561
27659562
27659563
27659564
27659565
27659566
27659567
27659568
27659569
27659570
27659571
27659572
27659573
27659574
27659575
27659576
27659577
27659578
27659579
27659580
27659581
27659582
27659583
27659584
27659585
27659586
27659587
27659588
27659589
27659590
27659591
27659592
27659593
27659594
27659595
27659596
27659597
27659598
27659599
27659600
27659601
27659602
27659603
27659604
27659605
27659606
27659607
27659608
27659609
27659610
27659611
27659612
27659613
27659614
27659615
27659616
27659617
27659618
27659619
27659620
27659621
27659622
27659623
27659624
27659625
27659626
27659627
27659628
27659629
27659630
27659631
27659632
27659633
27659634
27659635
27659636
27659637
27659638
27659639
27659640
27659641
27659642
27659643
27659644
27659645
27659646
27659647
27659648
27659649
27659650
27659651
27659652
27659653
27659654
27659655
27659656
27659657
27659658
27659659
27659660
27659661
27659662
27659663
27659664
27659665
27659666
27659667
27659668
27659669
27659670
27659671
27659672
27659673
27659674
27659675
27659676
27659677
27659678
27659679
27659680
27659681
27659682
27659683
27659684
27659685
27659686
27659687
27659688
27659689
27659690
27659691
27659692
27659693
27659694
27659695
27659696
27659697
27659698
27659699
27659700
27659701
27659702
27659703
27659704
27659705
27659706
27659707
27659708
27659709
27659710
27659711
27659712
27659713
27659714
27659715
27659716
27659717
27659718
27659719
27659720
27659721
27659722
27659723
27659724
27659725
27659726
27659727
27659728
27659729
27659730
27659731
27659732
27659733
27659734
27659735
27659736
27659737
27659738
27659739
27659740
27659741
27659742
27659743
27659744
27659745
27659746
27659747
27659748
27659749
27659750
27659751
27659752
27659753
27659754
27659755
27659756
27659757
27659758
27659759
27659760
27659761
27659762
27659763
27659764
27659765
27659766
27659767
27659768
27659769
27659770
27659771
27659772
27659773
27659774
27659775
27659776
27659777
27659778
27659779
27659780
27659781
27659782
27659783
27659784
27659785
27659786
27659787
27659788
27659789
27659790
27659791
27659792
27659793
27659794
27659795
27659796
27659797
27659798
27659799
27659800
27659801
27659802
27659803
27659804
27659805
27659806
27659807
27659808
27659809
27659810
27659811
27659812
27659813
27659814
27659815
27659816
27659817
27659818
27659819
27659820
27659821
27659822
27659823
27659824
27659825
27659826
27659827
27659828
27659829
27659830
27659831
27659832
27659833
27659834
27659835
27659836
27659837
27659838
27659839
27659840
27659841
27659842
27659843
27659844
27659845
27659846
27659847
27659848
27659849
27659850
27659851
27659852
27659853
27659854
27659855
27659856
27659857
27659858
27659859
27659860
27659861
27659862
27659863
27659864
27659865
27659866
27659867
27659868
27659869
27659870
27659871
27659872
27659873
27659874
27659875
27659876
27659877
27659878
27659879
27659880
27659881
27659882
27659883
27659884
27659885
27659886
27659887
27659888
27659889
27659890
27659891
27659892
27659893
27659894
27659895
27659896
27659897
27659898
27659899
27659900
27659901
27659902
27659903
27659904
27659905
27659906
27659907
27659908
27659909
27659910
27659911
27659912
27659913
27659914
27659915
27659916
27659917
27659918
27659919
27659920
27659921
27659922
27659923
27659924
27659925
27659926
27659927
27659928
27659929
27659930
27659931
27659932
27659933
27659934
27659935
27659936
27659937
27659938
27659939
27659940
27659941
27659942
27659943
27659944
27659945
27659946
27659947
27659948
27659949
27659950
27659951
27659952
27659953
27659954
27659955
27659956
27659957
27659958
27659959
27659960
27659961
27659962
27659963
27659964
27659965
27659966
27659967
27659968
27659969
27659970
27659971
27659972
27659973
27659974
27659975
27659976
27659977
27659978
27659979
27659980
27659981
27659982
27659983
27659984
27659985
27659986
27659987
27659988
27659989
27659990
27659991
27659992
27659993
27659994
27659995
27659996
27659997
27659998
27659999
27660000

```


PROGRAM GRAPH FOR .MATH.



NODE 007
(52951007)

>>>>
NODE 008
(0258124)
LOGICAL IF
<<<<

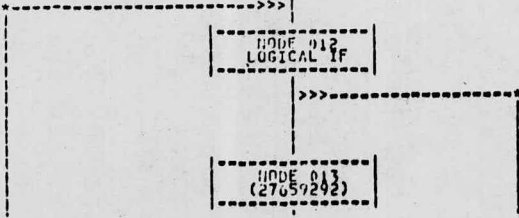
NODE 009
(52093991)

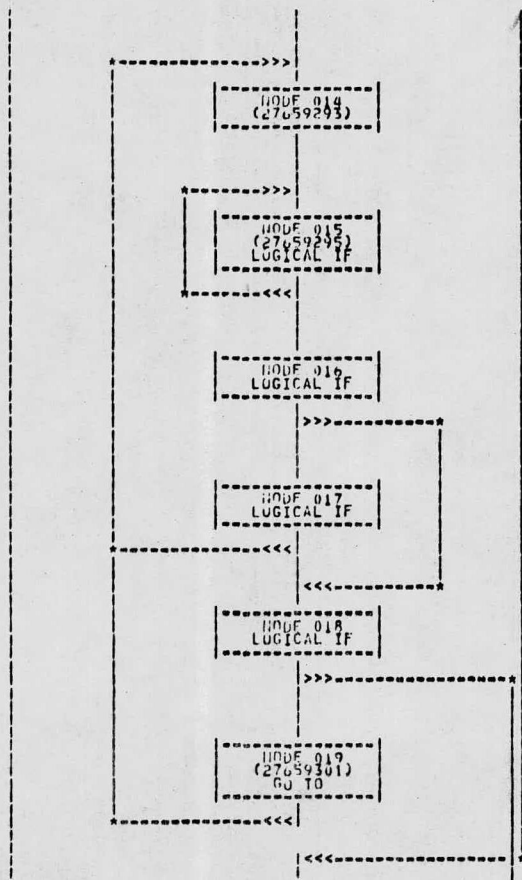
>>>>
NODE 010
(52093993)
LOGICAL IF
<<<<

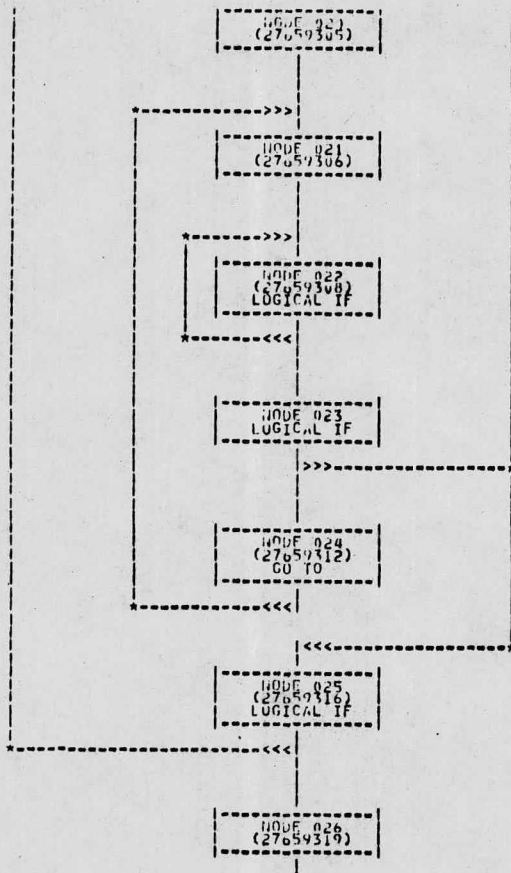
NODE 011
(19931000)

>>>>
NODE 012
LOGICAL IF

>>>>
NODE 013
(27059292)







NODE 027
(50509403)
LOGICAL IF

NODE 028
(50509404)

NODE 029
(07690003)

NODE 030
(99095501)
LOGICAL IF

NODE 031
(07690002)
LOGICAL IF

NODE 032
(99095502)

HOPE 033
(99095503)

>>>

HOPE 034
(99095505)
LOGICAL IF

<<<

HOPE 035
(99095507)
LOGICAL IF

<<<

HOPE 036
(99095509)

>>>

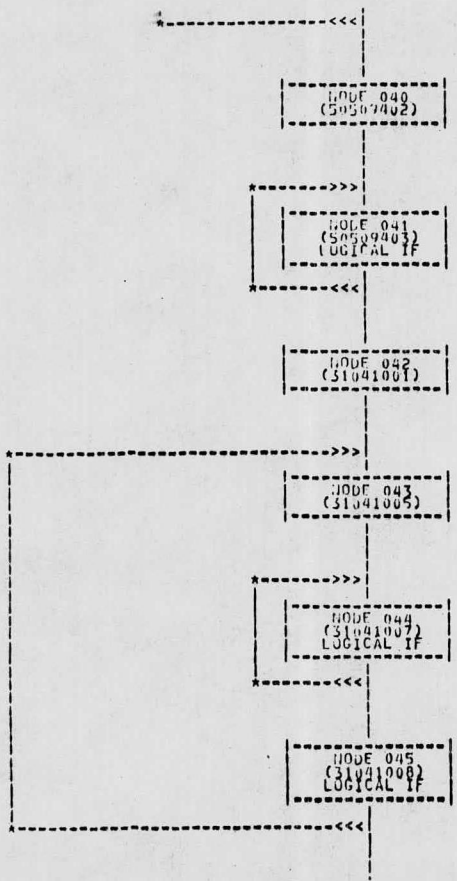
HOPE 037
(99095510)

>>>

HOPE 038
(99095512)
LOGICAL IF

<<<

HOPE 039
(99095514)
LOGICAL IF



1
WDF 046
(31041010)
STOP

SEGMENT 002 IS 0197 LONG

MATRICES DE DIFERENCIALES DE LA CALIDAD DEL AGUA SEGUN LA D.B.O. Y S.D. RESPECTIVAMENTE EN (MG./L.)
 NOTA: LOS VALORES NEGATIVOS SE TOMARAN COMO CERO

5.0000	-5.0000	-125.0000	-15.0000	0.0000	5.0000
200.0000	190.0000	70.0000	180.0000	195.0000	200.0000
400.0000	370.0000	270.0000	380.0000	395.0000	400.0000
0.0000	10.0000	130.0000	20.0000	5.0000	

0.0000	-300.0000	0.0000	-1500.0000	-1000.0000	500.0000
400.0000	180.0000	400.0000	-1100.0000	-600.0000	500.0000
0.0000	-300.0000	0.0000	-1500.0000	-1000.0000	500.0000
500.0000	800.0000	500.0000	2000.0000	1500.0000	

MATRIZ DE COSTOS RELATIVOS UNITARIOS DE TRATAMIENTO Y TRANSPORTACION EN (\$ REL.)

1.2000	0.4500	0.0000	0.0000	0.0000	50.0000
2.5000	0.6500	0.2500	0.4500	0.2500	1.0000
3.0000	0.8000	0.3000	0.4500	0.3000	39.0000
1.5000	45.0000	16.0000	20.0000	4.5000	87.0000

MATRIZ DE ASIGNACION OPTIMA DE RECURSOS DE AGUA A LOS SECTORES EN (L/SEG.)

1.5000	45.0000	3.5000	0.0000	0.0000	50.0000
0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	1.0000
0.0000	0.0000	11.5000	20.0000	4.5000	39.0000
1.5000	45.0000	16.0000	20.0000	4.5000	87.0000

MATRIZ DE COSTOS RELATIVOS TOTALES DEBIDOS A LAS AGUA TRATADAS Y TRANSPORTADAS DE CADA SECTOR RESPECTIVO EN (\$ REL. L/SEG.)

1.6000	20.2500	0.0000	0.0000	0.0000	22.0500
0.0000	0.0000	0.7500	0.0000	0.0000	0.2500
0.0000	0.0000	3.4500	9.0000	1.3500	13.8000
1.8000	20.2500	3.7000	9.0000	1.3500	

EL COSTO RELATIVO TOTAL MINIMO EN (\$ REL. L/SEG.) ES: 36.100

FORMAT SEGMENT IS 0087 LONG
START OF SEGMENT 007
SEGMENT 007 IS 000C LONG

NO ERRORS DETECTED. NUMBER OF CARDS = 209.
COMPIATION TIME = 37 SECONDS ELAPSED. 9.00 SECONDS PROCESSING.
02 STACK SIZE = 6 WORDS. FILESIZE = 140 WORDS. ESTIMATED CORE STORAGE REQUIREMENT = 1232 WORDS.
TOTAL PROGRAM CODE = 447 WORDS. ARRAY STORAGE = 580 WORDS.
NUMBER OF PROGRAM SEGMENTS = 7. NUMBER OF DISK SEGMENTS = 51.
PROGRAM CODE FILE = (EC89)SYMPLEX ON PACK, COMPILER COMPILED ON 08/27/76

7. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos del presente estudio indican que actualmente en términos generales, la calidad del agua en el delta del río Balsas es aceptable. Sin embargo, tomando en consideración la fuente de contaminación que representa el desarrollo urbano e industrial es, necesario aplicar tratamiento secundario a la descarga municipal, para mantener condiciones aceptables en la corriente receptora.

La eficiencia de remoción obtenida puede servir como base para la planeación de un sistema de tratamiento tomando en consideración que el cálculo se hizo en base a la proyección de población y desarrollo industrial presentado en los capítulos 4 y 5.

La distribución óptima del agua obtenida en el capítulo seis da la información necesaria para un análisis preliminar de alternativas de proyecto, requiriéndose complementar en el modelo la información respecto a costos de transporte de agua.

REFERENCIAS

1. CCIECA, Informe de la Comisión conferida en oficio 4.6.4/75096 con fecha de 24 al 28 de octubre, 1975.
2. Programación matemática mixta
Instituto de Ingeniería, UNAM, contrato No SP 75-34/4.
3. APHA, AWWA, WPCF, Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, 13 th ed. 1971.
4. H.W, McKee and J.E. Wolf, "Water quality criteria. Sacramento Calif, 2a. ed, 1963.
5. Diario Oficial, "Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación del Agua", 29 marzo 1973.
6. SRH, Reglamento para la Prevención y Control de las Aguas, 1973.
7. G.A. Hibjan, XI Congreso de Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria, Quito, Ecuador, 1968.
8. G. M, Fair, J. C. Geyer, D. A. Okun, "Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales, Vol II, Limusa 1973.

9. L.Metcalf,H.Eddy, Inc. Wastewater Engineering; Colection treatment disposal. McGraw-Hill, 1972.
10. Datos proporcionados por Siderúrgica Lázaro Cárdenas Las Truchas, S.A, Abril 9 1976.
11. Dinámica de la población en la región de la desembocadura del río Balsas. Fideicomiso en el Banco de Obras y Servicios Públicos, S.A, mayo de 1976, Ciudad Lázaro Cárdenas, Mich.
12. La Industria Siderúrgica Nacional y el proyecto Siderúrgico Lázaro Cárdenas, Las Truchas. México 1972.
13. W. W. Eckenfelder, Jr., "Water Quality Engineering for Practicing Engineers". Cahners books, 1970.
14. Proceeding of the Industrial Waste Conference, Vol 1, pág 439, 1960.
15. N.Nemerow,"Liquid waste of Industry Theories Practices Treatment", Addison Wesley Publishing Company, 1971.
16. D. M. Marske and L.B. Polkowski, "Evaluation of methodo for estimating bioquemical demand parameters". Water Pullution Control Federation, Journal JWPCF., Vol. 44, No 10 (1972).

17. Engineering Methodology for River and Stream. Rearea
tion. U.S.

Environmental Protection Agency. Water Pollution
Control Research Series.

BIBLIOGRAFIA

1. L. G. Rich "Environmental Systems Engineering
International Student Edition 1973.
2. E. T. Chanlett Environmental Protection
International Student Edition 1973.
3. Manual para el uso del Programa Simplex
J. Sánchez G.
Instituto de Ingeniería 1977.
4. E. Nordell, "Water treatment for Industrial and
other uses".
New York, Reinholds Publishing Corporation., 1951.
5. W.W. Enckenfelder, "Water Pollution Control".
Jenkins Publishing Company. Austin and New York. 1970.
6. F.J. Jauffred, A. Moreno. Métodos de Optimización
Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A.
México 1976.

APENDICE

TABLA 1

NORMAS MEXICANAS DE CALIDAD PARA AGUA POTABLE*

"Se considera agua potable a toda aquella cuya ingestión no cause efectos nocivos a la salud, para lo cual deberá llenar los requisitos siguientes:

I. Caracteres físicos:

De preferencia, la turbiedad del agua no excederá del número 10 (diez) de la escala de sílice, y su color del número 20 (veinte) de la escala de platino cobalto. El agua será inodora y de sabor y temperatura agradables.

De no poderse cumplir con los requisitos anteriores, se admitirán aquellos caracteres físicos que sean tolerables para los usuarios, siempre que no sean resultado de condiciones objetables desde los puntos de vista bacteriológico y químico.

II. Caracteres químicos:

Un pH de 6.0 a 8.0 para aguas naturales no tratadas.

Para aguas tratadas o sometidas a su proceso químico, se aplicarán las normas especiales de la fracción IV.

Un contenido por millón de elementos iónicos y substancias que a continuación se expresan:

Nitrógeno (N) amoniacal, hasta	0.50
Nitrógeno (N) proteico, hasta	0.10
Nitrógeno (N) de nitritos (con análisis bacteriológico aceptable), hasta	0.05
Nitrógeno (N) de nitrato, hasta	5.00
Oxígeno (O), consumido en medio ácido, hasta	3.00
Oxígeno (O) consumido en medio alcalino, hasta	3.00
Sólidos totales de preferencia hasta 500, pero tolerándose hasta	1000
Alcalinidad total, expresada en CaCO ₃ , hasta	400
Dureza total, expresada en CaCO ₃ , hasta	300
Dureza permanente o de no carbonatos, expresada en CaCO ₃ , en aguas naturales de preferencia hasta	150
Cloruros expresados en Cl, hasta	250

Sulfatos, expresados en SO ₄ , hasta	250
Magnesio, expresado en Mg, hasta	125
Zinc, expresado en Zn, hasta	15.00
Cobre, expresado en Cu, hasta	3.00
Fluoruros, expresados en F, hasta	1.50
Fierro y manganeso, expresado en Fe y Mn, hasta	0.30
Plomo, expresado en Pb, hasta	0.10
Arsénico, expresado en As, hasta	0.05
Selenio, expresado en Se, hasta	0.05
Cromo, exavalente, expresado en Cr, hasta	0.05
Compuestos fenólicos, expresados en fenol, hasta	0.001
Cloro libre, en aguas cloradas, no menos de	0.20
Cloro libre, en aguas sobre cloradas, no menos de 0.20 ni más de	1.00

III. Caracteres bacteriológicos:

El agua estará libre de gérmenes patógenos procedentes de contaminación fecal humana.

Se considera que una agua está libre de esos gérmenes cuando la investigación bacteriológica dé como resultado final:

- a) Menos de veinte (20) organismos de los grupos coli y coliforme por litro de muestra, definiéndose como organismo de los grupos coli y coliforme todos los bacilos no esporógenos, Gram negativos, que fermenten el caldo lactado con formación de gas.
- b) Menos de doscientos (200) colonias bacterianas por centímetro cúbico

- c) Ausencia de colonias bacterianas licuantes de gelatina, cromógenas o fétidas, en la siembra, de un centímetro cúbico de muestra, en gelatina incubada a 20° por 48 horas.

IV. Las aguas tratadas químicamente para clarificación o ablandamiento, satisfarán los tres requisitos siguientes:

- a) La alcalinidad a la fenolftaleína calculada como CaCO₃, será menor de 15 partes por millón, más 0.4 veces la alcalinidad total, con un pH inferior a 10.6.
- b) La alcalinidad de carbonatos normales será menor de 120 partes por millón, para lo cual la alcalinidad total, en función de pH estará limitada según la escala siguiente:

Valor del pH	Alcalinidad total en CaCO ₃
8.0 a 9.6	400
9.7	340
9.8	300
9.9	260
10.0	230
10.1	210
10.2	190
10.3	180
10.4	170
10.5 a 10.6	160

- c) La alcalinidad total no excederá a la dureza total en más de 35 mg por litro o partes por millón, ambos calculados como CaCO₃.

*Normas de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, publicadas en el Diario Oficial del 2 de julio de 1953.

TABLA 2. CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES
MUNICIPALES

CARACTERISTICA	TIPO	CONCENTRACION
ACIDOS VOLATILES	FORMICO, ACETICO, PROPIONICO BUTIRICO Y VALERICO	85-20 mg/l
ACIDOS SOLUBLES NO VOLATILES.	GLUTARICO, GLICOLICO, LACTICO CITRICO, BENZOICO Y FENILACTICO	CUALQUIER ACIDO 0.1-1.0 mg/l
ACIDOS GRASOS ALTOS	PALMITICO, ESTEARICO Y OLEICO	$\frac{2}{3}$ DEL CONTENIDO DE ACIDOS GRASOS
PROTEINAS Y AMINOACIDOS	MAS DE 20 TIPOS	45-50% DEL NITROGENO TOTAL
CARBOHIDRATOS	GLUCOSA, SACAROSA, LACTOSA ALGO DE GALACTOSA Y FRUCTOSA	

TABLA 3. CARACTERISTICAS MEDIAS DE AGUAS
RESIDUALES MUNICIPALES

CARACTERISTICA	MAXIMO	MEDIA	MINIMO
pH	7.5	7.2	6.8
SOLIDOS SEDIMENTABLES, ml/l	6.1	3.3	1.8
SOLIDOS TOTALES, mg/l	640	453	322
SOLIDOS TOTALES VOLATILES mg/l	388	217	118
SOLIDOS SUSPENDIDOS, mg/l	258	145	83
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES, mg/l	208	120	62
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO, mg/l	436	288	159
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO, mg/l	276	147	75
CLORUROS, mg/l	45	35	25

TABLA 4. GUIA SUGESTIVA PARA LA CLASIFICACION DE AGUAS DE RIEGO POR SALINIDAD.

Respuesta del cultivo	Sólidos totales disueltos en mg/l	Conductibilidad eléctrica mmhos/cm
Agua que no ocasiona efectos perjudiciales notablemente.	5 500	0.75
Agua que puede ser perjudicial en cultivos sensibles.	500-1,000	0.75-1.50
Agua que puede tener efectos adversos sobre varias cosechas y que requiere cuidado en las prácticas de manejo del suelo	1000-2,000	1.5 -3.00
Agua que puede ser usada para plantas tolerantes a las sales con cuidadosas prácticas de manejo y sobre suelos permeables	2000-5,000	3.00-7.50

TABLA 5

NORMAS DE CALIDAD DE AGUA PARA USO INDUSTRIAL

Industria	Textil	Pulpa y papel	Procesos químicos	Petroleo	Alimentos	Cemento
Dureza mg/l	25	100	250-900	350	250	7
pH	2.5-10.5	6-100	6.2-8.7	6-9	6.5-8.5	7
Calcio mg/l	-	20	60-100	75	100	-
Cloruros	-	200-1000	500	300	250	250
Manganeso	0.01-0.05	0.05-0.10	0.10-0.2	-	0.20	0.50
Fierro	0.01-0.30	0.10-0.30	0.10-0.3	1	0.20	25
Color	5	10-30	20	*	5	*
Alcalinidad	-	-	125-200	-	250	400
Sólidos sus- pendidos	5	10	5-30	10	10	500

* No interfiere en los procesos.

METODOS DE ANALISIS Y PRESERVACION DE LAS MUESTRAS

TABLA 6

En la siguiente tabla se resumen los métodos y preservación usada. (ref 3)

PARAMETRO	METODO	PRESERVACION
Oxígeno disuelto (OD)	<i>Winkler</i> modificado (Azida de sodio)	2 ml. $Mn SO_4$ + 2 ml. sol alcali-yoduro nitruro, agitación, refrigeración
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	Incubación de 5 días con determinación diaria de abatimiento.	Refrigeración
Demanda química de oxígeno (DQO)	Reflujo con dicromato de potasio	H_2SO_4 A pH 3-4
Dureza total y calcio	Titulación con EDTA	
Cloruros	Argentométrico	
Nitrógeno - NH_3 y N total	Destilación con <i>Kjeldahl</i> neslerización	8 ml H_2SO_4 x litro y refrigeración
Nitratos	A. fenol disulfónico	8 ml H_2SO_4 x litro y refrigeración
2° muestreo	Brucina	8 ml H_2SO_4 x litro y
Ortofosfatos	Cloruro estanoso	refrigeración
Sólidos en sus formas	Gravimétrico	
Bacteriológico	Tubos múltiples de fermentación y filtro de membrana.	refrigeración

CLASIFICACION DE LAS AGUAS DE LOS CUERPOS RECEPTORES SUPERFICIALES EN FUNCION DE SUS USOS Y CARACTERISTICAS DE CALIDAD*

Clase	Usos	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
		pH	Temperatura (°C)	O.D. (mg/l)	Bacterias Coliformes NMP (Organismos/100 ml)	Aceites y Grasas (mg/l)	Sólidos Disueltos (mg/l)	Turbiedad (U.T.J.)	Color (Escala Platino Cobalto)	Olor y Sabor	Nutrientes: Nitrogeno Fósforo	Materia Flotante	Substancias Tóxicas
				Limite Mínimo	Limite Máximo	Limite Máximo	Limite Máximo	Limite Máximo	Limite Máximo	Limite Máximo	Limite Máximo		
DA	Abastecimiento para sistemas de agua potable e industria alimenticia con desinfección únicamente. Recreación (contacto primario) y libre para los usos DI, DII y DIII	6.5 a 8.5	C.N. más 2.5 (a)	4.0	200 fecales (b)	0.76	No mayor de 1000	10	20	Ausentes	(c)	Ausente	(d)
DI	Abastecimiento de agua potable con tratamiento convencional (coagulación, sedimentación, filtración y desinfección) e industrial.	6.0 a 9.0	C.N. más 2.5 (a)	4.0	1000 fecales (e)	1.0	No mayor de 1000	C.N.	(f)	(g)	(c)	Ausente	(d)
DII	Agua adecuada para uso recreativo, conservación de flora, fauna y usos industriales.	6.0 a 9.0	C.N. más 2.5 (a)	4.0	10,000 coliformes totales como promedio mensual; ningún valor mayor de 20,000 (h)	Ausencia de película visible.	No mayor de 2000	C.N.	C.N.	C.N.	(c)	Ausente	(d)
DIII	Agua para uso agrícola e industrial.	6.0 a 9.0	C.N. más 2.5 (a)	3.2	1000 (j) y libre para los demás cultivos.	Ausencia de película visible.	(i)	C.N.	C.N. más 10		(c)	Ausente	(d)
DIV	Agua para uso industrial (excepto procesamiento de alimentos).	5.0 a 9.5		3.2									(d)

pH = Potencial hidrógeno
 O.D. = Oxígeno disuelto
 N.M.P. = Número más probable

U.T.J. = Unidades de turbiedad Jackson
 mg/l = miligramos por litro

C.N. = Condiciones naturales
 °C = Grados centígrados

TABLA 8

Fecha de muestreo 1° de mayo de 1963

ESTACION	I			II			III			IV			V			VI			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
PROFUNDIDAD	1.00	1.00	1.00	1.25	0.25	0.25	2.00	1.25	0.25	2.00	0.37	0.50	1.00	0.50	0.75	3.00	3.00	1.75	
HORA	14:00	14:00	14:00	14:40	14:40	14:40	15:25	15:25	15:25	15:50	15:50	15:50	16:20	16:20	16:20	16:20	16:20	16:20	
pH	7.50	7.70	7.70	7.80	7.70	7.50	7.80	7.60	8.00	7.60	7.50	7.70	7.6	7.7	7.8	7.6	7.0	7.0	
TEMPERATURA °C	28.00	27.50	28.00	29.00	28.00	28.00	30.00	30.00	32.00	28.00	29.00	30.00	28	28	29	29	29	29	
O.D, en mg/l	6.40	6.00	6.20	7.00	7.00	7.00	9.60	9.80	9.60	10.00	9.60	10.00	8.0	9.2	9.2	5.0	4.6	5.2	
DEFICIT O ₂ , en mg/l	1.50	1.90	1.70	1.80	1.90	1.90	-2.00	-2.20	-2.20	-2.10	-1.80	-2.40	-0.1	-1.3	-2.4	1.2	1.7	1.1	
SATURACION O ₂ , %	81.01	75.9	78.5	89.74	86.60	88.60	126.31	128.94	128.94	126.59	123.07	131.57	101.2	116.3	117.9	80.0	72.7	82.0	
DBO ₅ , en mg/l	1.084	0.465	1.084	0.240	0.465	0.722	0.722	0.465	0.240	0.742	0.722	0.463	1.40	1.40	1.30	0.24	0.72	0.96	
DQO, en mg/l	4.50	5.20	3.49	3.49	3.49	6.98	3.49	6.98	0.98	10.47	10.48	6.98	3.6	3.6	3.6	15.0	15.0	14.4	
CLORUROS, en mg/l	54.67	59.64	64.61	64.61	64.61	54.67	38.76	54.61	54.67	54.67	54.67	54.67	79.52	79.52	69.58	19229	17196	17196.70	
DUREZA TOTAL, en mg/l	250	260	280	270	280	280	270	260	270	290	280	290	300	290	300	7000	6700	6300	
CALCIO, en mg/l	20	18	20	18	20	20	20	20	16	18	18	20	28	26	26	320	300	300	
Nitro- geno	TOTAL, en mg/l	-	-	0.266	0.312	-	0.397	-	0.482	0.532	0.400	-	0.466	0.550	-	0.648	0.884	1.227	1.523
	AMONIACAL, en mg/l	0.206	--	0.206	0.280	0.206	0.180	0.300	0.186	0.206	0.140	0.280	0.240	0.206	0.180	0.350	0.350	0.467	0.648
	NITRATOS, en mg/l	-	-	0.618	0.766	0.856	0.534	0.800	-	0.216	0.933	0.534	0.333	0.500	0.900	-	0.633	0.866	0.600
ORTOFOSFATOS, en mg/l	-	0.19	0.23	0.29	0.36	0.42	0.33	0.33	0.30	0.30	0.36	0.30	-	-	0.55	0.22	0.27	0.27	
S O L I D O S Filtr- Muestr- cidos	TOTALES, en mg/l	296	512	489	672	456	400	380	272	320	592	464	528	880	744	440	35480	39896	35800
	FIJOS, en mg/l	188	304	236	396	320	340	328	236	276	480	356	396	532	240	140	30780	31228	31564
	VOLATILES, en mg/l	108	208	248	276	136	60	52	36	44	112	108	132	348	524	300	4700	8668	4236
	SUSP. TOTALES, mg/l	140	100	280	72	72	40	172	32	60	68	60	108	72	64	80	92	24	30
	SUSP. FIJOS, mg/l	104	60	184	32	56	32	136	16	40	44	40	68	64	48	60	28	12	16
	SUSP. VOLATILES "	40	40	96	40	16	8.0	36	16	20	24	20	40	8	16	20	64	12	64
	TOTALES, en mg/l	156	412	204	600	384	360	208	240	260	524	404	420	808	700	360	35388	39872	35720
	FIJOS, en mg/l	164	244	52	364	264	308	192	220	236	436	316	448	464	176	92	30180	31216	31548
	VOLATILES, en mg/l	68	168	152	236	126	52.0	16	20	24	88	88	92	340	512	280	4636	8604	4172
COLIF. FECALES, NMP/100ml	93	20	93	11000	15	90	2100	230	90	2800	700	400	-	110	-	-	110	-	

TABLA 9

Fecha de Muestreo

16 de julio de 1976

ESTACION	I'			I			II			III			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
EJE													
PROFUNDIDAD M	0,50	1,70	4,0	0,50	0,75	0,75	0,75	0,30	0,50	1,25	1,25	0,5	
HORA	11.45	11.45	11.45	11.15	11.15	11.15	13.10	13.10	13.10	13.50	13.50	13.50	
pH	7.60	7.50	7.40	7.40	7.40	7.30	7.50	7.60	7.30	7.30	7.60	7.40	
TEMPERATURA	30	30	29	29	30	30	32	32	31	32	32	32	
OD, en mg/l	3.70	3.90	3.70	6.50	7.10	6.50	8.20	7.10	7.10	10.20	8.80	12.90	
DEFICIT O, en mg/l	3.80	3.70	4.10	1.30	0.50	1.10	-0.80	0.30	0.40	-2.80	-1.40	-5.5	
SATURACION O, %	48.6	51.3	47.4	83.3	93.4	85.5	110.8	95.9	94.6	137.8	118.9	174.3	
DBO ₅ , en mg/l	1.30	1.20	0.60	1.05	0.30	1.05	0.75	1.30	0.82	0.60	1.20	1.45	
DBO ₁ , en mg/l	2.05	2.05	1.05	2.05	1.05	2.05	1.05	2.05	1.05	1.05	2.05	2.05	
DQO, en mg/l	8.36	9.50	4.94	5.32	4.37	5.70	15.96	19.38	18.25	8.74	6.84	12.54	
CLORUROS, en mg/l	40.32	40.32	32.42	56.43	52.42	40.32	52.42	48.39	52.42	52.40	52.40	52.40	
DUREZA TOTAL, en mg/l	435	462	450	300	410	300	310	330	310	280	300	350	
CALCIO, en mg/l	84	88	84	88	84	80	82	90	80	80	82	78	
Nitro geno	AMONIACAL, en mg/l	0.18	0.28	0.14	0.10	0.35	0.03	0.11	0.12	0.07	0.30	0.16	0.11
	NITRATOS, en mg/l	0.06	0.25	0.22	0.30	0.05	0.17	0.09	0.016	0.03	0.016	0.008	0.00
ORTOFOSFATOS, en mg/l	0.9	1.2	0.9	0.7	0.7	1.2	1.4	0.9	0.7	0.4	3.3	0.4	
COLIFORMES TOTALES, No de org/100 ml	240	150	80	460	220	310	430	200	220	1500	700	NC	
COLIFORMES FECALES, No de org/100 ml	10	28	18	24	23	8	200	34	1	56	10	10	
Sólidos	TOTALES, en mg/l	380	414	428	459	440	386	466	480	472	490	446	496
	FIJOS, en mg/l	348	386	324	223	249	226	284	344	412	414	384	426
	VOLATILES, en mg/l	32	28	104	236	110	130	182	136	60	76	62	70
	SUSPENDIDOS TOTALES, en mg/l	80	60	115	120	110	98	85	92	100	115	115	90
	FILTRABLES TOTALES, en mg/l	300	354	313	339	330	288	381	388	372	375	331	406

TABLA 9 (CONTINUACION)

Fecha de muestreo

16 de julio de 1976

ESTACION	IV			V			VI			VII			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
EJE													
PROFUNDIDAD M	2.25	0.50	0.50	1.50	1.50	1.20	3.50	3.50	3.00	0.70	3.00	4.00	
HORA	14:15	14:15	14:15	14:30	14:30	14:30	15:10	15:10	15:10	13:15	13:15	13:15	
pH	7.60	7.80	7.60	7.50	7.60	7.30	7.40	7.50	7.20	7.40	7.50	7.50	
TEMPERATURA	31	31	32	31	31	31	30	30	31	32	32	32	
OD, en mg/l	7.60	7.80	7.60	7.50	7.00	7.30	7.40	7.50	7.20	6.50	6.90	7.10	
DEFICIT O ₂ , en mg/l	0.10	-0.30	-0.20	0.00	-0.10	0.20	0.20	0.10	0.30	0.90	0.50	0.30	
SATURACION O ₂ , %	98.7	104.0	102.7	100.0	101.3	97.3	97.3	98.6	96.0	87.8	93.2	94.6	
DBO ₅ , en mg/l	0.96	0.90	0.90	1.45	1.35	1.50	0.90	1.05	1.20	1.55	1.35	0.45	
DBO ₄ , en mg/l	1.05	1.05	1.05	3.05	3.05	3.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	1.05	
DBO ₀ , en mg/l	13.30	8.36	15.20	11.40	11.02	12.16	26.22	29.64	22.09	13.30	15.96	11.40	
CLORUROS, en mg/l	48.39	52.42	52.42	60.49	64.50	60.49	2419	2056	1290	45.30	48.30	100.90	
AMONIAZOS TOTALES, en mg/l	360	280	280	360	310	310	1328	1104	1056	390	360	320	
CALCIO, en mg/l	120	80	84	80	76	80	260	200	300	60	56	56	
Nitro geno	AMONIAZOS, en mg/l	0.140	0	0.060	0.140	0.20	0.26	0.213	0.333	0.300	0.373	0.16	0.380
	NITRATOS, en mg/l	0.083	0	0	0.083	0.0666	0.0833	0.066	0.0416	0	0.033	0.0583	0.1
ORTOFOSFATOS, en mg/l	0.4	0.7	0.9	0.4	2.2	0.8	0.4	1.4	0.7	0	0	0	
COLIFORMES TOTALES, No de org/100 ml	2.4x10 ⁵	NC	NC	9300	NC	NC	1.1x10 ⁵	NC	NC	150	89	73	
COLIFORMES FECALES, No de org/100 ml	160	8	31	600	50	60	NC	NC	NC	14	7	9	
SOLIDOS	TOTALES, en mg/l	444	516	474	476	488	446	5886	5728	3484	514	664	756
	FIJOS, en mg/l	384	406	366	261	258	146	5426	5228	3226	372	536	588
	VOLATILES, en mg/l	60	110	108	215	230	300	460	500	580	142	128	168
	SUSPENDIDOS												
	TOTALES, en mg/l	68	108	61	57	60	62	252	270	179	62	50	40
	FILTRABLES												
TOTALES, en mg/l	376	409	413	419	428	384	5634	5458	3305	452	614	715	

TABLA 10

Fecha de muestreo 18 de julio de 1976

Descarga Parámetro	D-1			D-2				D-3			
	(1)* 12:15	(2)* 12:15	(3)* 12:15	6:00	12:00	18:00	24:00	6:00	12:00	18:00	24:00
HOPA											
pH	7.50	8.00	7.50	6.50	6.50	6.60	5.20	6.40	6.50	6.00	6.30
TEMPERATURA °C	34	34	35	28	28	30	29	29	28	31	30
O.D. en mg/l	15.30	11.80	12.90	0	0	0	0	0	0	0	0
SATURACION	212.5	163.8	181.69	0	0	0	0	0	0	0	0
DBO ₅ en mg/l	24.00	30.00	30.30	49.40	70.20	69.00	50.00	80.00	340.00	120.00	100.00
DBO _u en mg/l	48	52	54	115	97	122	92	120	459	155	121
DOO en mg/l	27.85	43.70	35.20	47.76	191.04	159.20	79.60	119.40	736.20	549.0	210.9d
CLORUROS en mg/l	40.32	44.35	48.38	48.38	68.53	52.42	48.38	80.64	258.04	104.8	100.95
DUREZA TOTAL en mg/l	1162	2709	1002	1402	1122	1202	3851	1322	1402	1362	1442
CALCIO en mg/l	440	380	440	1280	840	840	840	680	880	720	840
ORTOFOSFATOS en mg/l	0.9	2.5	0.4	6.87	45.0	23.3	8.37	31.5	70	61	42
P. TOTALES TOTALES mg/l	410	332	356	676	942	918	814	898	1824	1558	1102
P. TOTALES FIJOS mg/l	296	236	268	558	798	704	694	630	1190	1006	696
P. TOTALES VOLATILES	115	96	88	118	144	214	120	268	634	552	406
S. SUSPENDIDOS T. mg/l	117	90	60	100	150	160	130	260	410	320	176
S. FILTRABLES T. mg/l	293	242	296	576	792	758	684	638	1414	1238	926
COLIFORMES FECALES mg/l	300	100	100	14 x 10 ⁷	NC	22x10 ⁸	NC	NC	NC	NC	76x10 ¹¹
COLI. TOTALES, NMP/100ml	6667	4000	6667	16x10 ⁹	NC	28x10 ¹²	NC	NC	NC	NC	15x10 ¹³

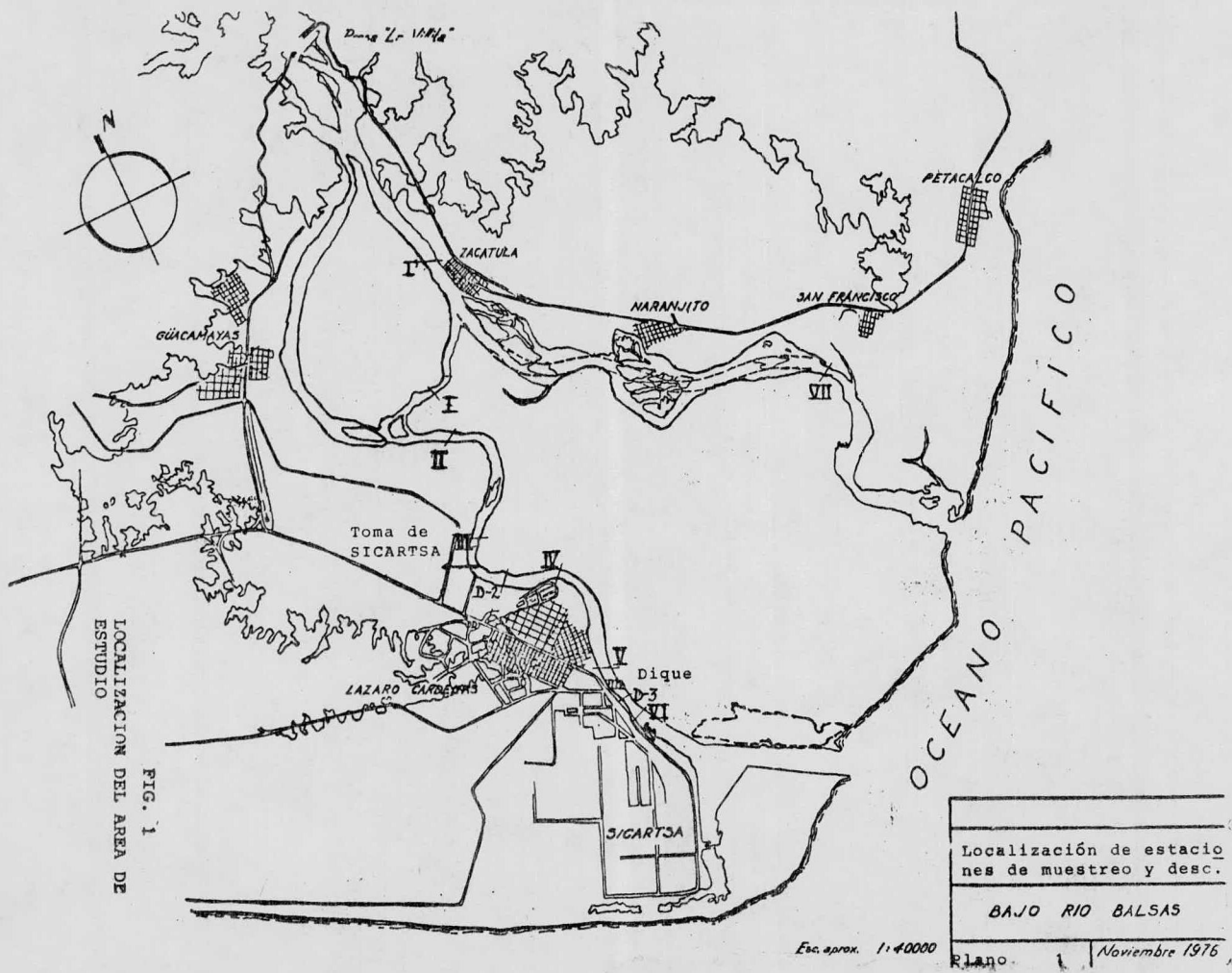
N.C. No contables

* El número entre paréntesis corresponde al eje

TABLA 11

Estudio demográfico de la región de la desembocadura del Río Balsas.

	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1990	1995	2000
Región de la Desembocadura del Río Balsas	124 926	150 051	166 826	184 559	203 319	220 042	242 617	259 792	278 397	298 755	372 279	464 684	560 429
Municipio de Lázaro Cárdenas, Mich.	99 669	123 385	138 122	153 624	169 939	183 982	203 619	217 567	231 627	249 089	313 291	394 626	477 025
Ciudad Lázaro Cárdenas	38 793	59 460	69 401	79 690	90 339	98 214	111 159	117 773	124 862	132 628	170 891	220 189	267 904
Las Guacamayas	25 343	26 185	27 808	29 532	31 363	33 308	35 373	37 566	39 895	42 368	54 591	70 339	85 581
La Mira	8 272	9 182	10 192	11 313	12 557	13 939	15 472	17 174	19 063	21 160	25 132	29 849	35 452
Playa Azul	9 842	10 168	11 286	12 527	13 905	15 434	17 132	19 016	21 108	23 430	27 828	33 050	39 346
El Habillal	2 069	2 296	2 548	2 829	3 140	3 486	3 860	4 295	4 767	5 292	6 285	7 465	8 866
El Bordonal	1 004	1 115	1 238	1 374	1 525	1 693	1 874	2 085	2 315	2 569	3 051	3 624	4 304
Buenos Aires	915	1 015	1 127	1 251	1 388	1 541	1 707	1 899	2 108	2 340	2 779	3 301	3 921
Acalpican de Morelos	834	926	1 028	1 141	1 266	1 406	1 557	1 732	1 922	2 134	2 535	3 010	3 575
La Orilla	746	772	799	827	856	886	917	949	982	1 016	1 016	1 016	1 016
Otras localidades	11 851	12 266	12 695	13 140	13 600	14 075	14 568	15 078	15 605	16 152	19 183	22 783	27 060



Localización de estaciones de muestreo y desc.

BAJO RIO BALSAS

Plano 1 | Noviembre 1976

FIGURA 2

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA

