



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

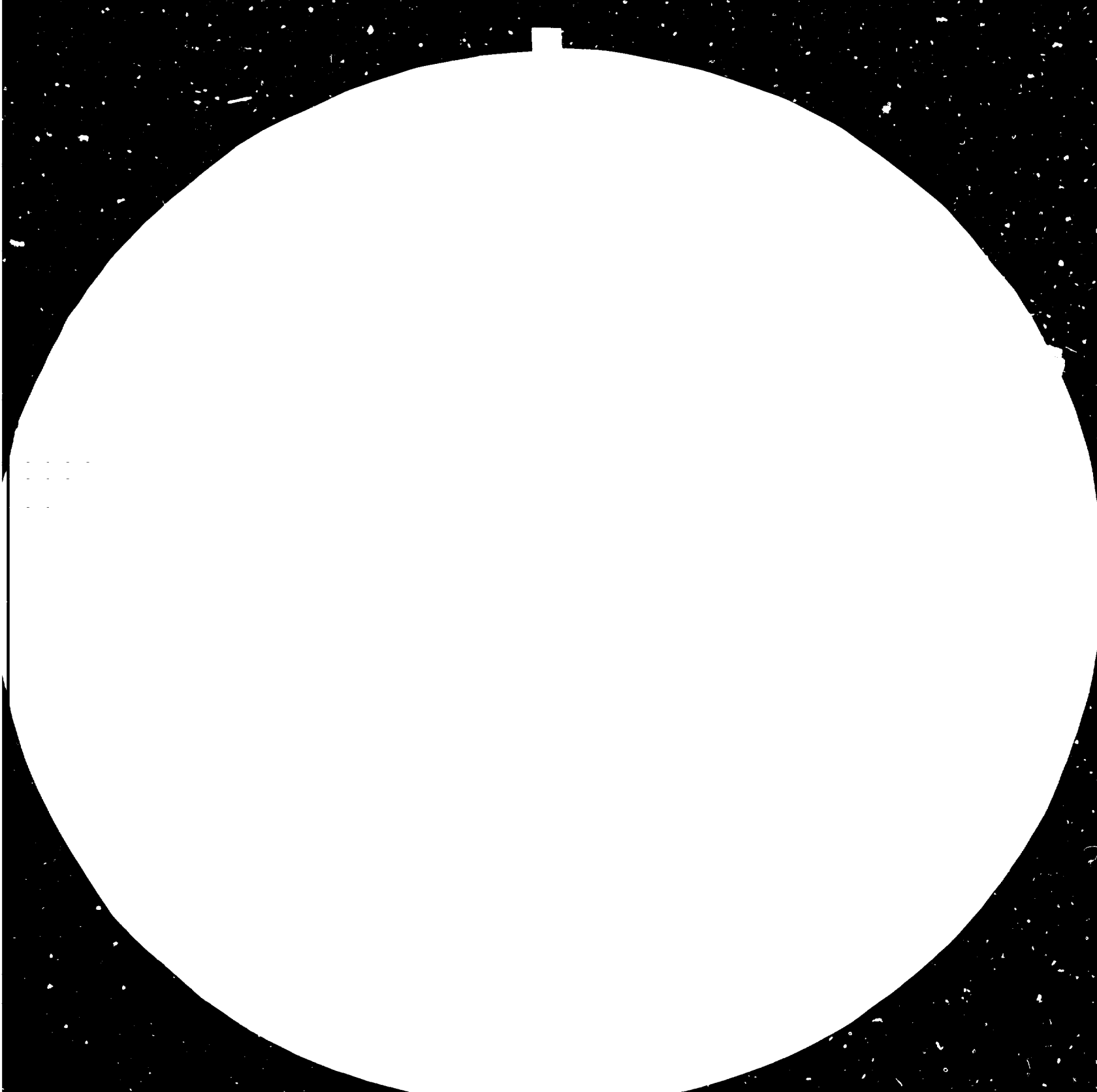
FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org





MICROSCOPY RESOLUTION TEST CHART

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS

GAITHERSBURG, MARYLAND 20899

RESTRINGIDO

13279

DP/ID/SER.A/486
13 diciembre 1983
Español

ASISTENCIA Y ENTRENAMIENTO EN EL PROCESAMIENTO
DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL PARQUE INDUSTRIAL DE SANTA CRUZ

SI/BOL/81/802

BOLIVIA.

*Informe Técnico: Análisis del Control de la Contaminación
de las Aguas Residuales del Parque Industrial.

Preparado para el Gobierno de Bolivia por la
Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo
Industrial, como organismo de ejecución del Programa de
las Naciones Unidas para el Desarrollo

Basado en el labor de Ignacio Monfort Die,
Experto en control de la contaminación industrial

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
Viena

* El presente documento no ha pasado por los servicios de edición
de la Secretaría de la ONUDI.

7.83-65224

NOTAS EXPLICATORIAS

COT	:	Carbón orgánico total
D.Q.O.	:	Demanda Química de oxígeno
D.B.O.	:	Demanda Bioquímica de oxígeno
L/seg.	:	Litros por segundo
mm	:	Milímetros
ha.	:	Hectárea
T/día	:	Tonelada por día
l/día	:	Litros por día
m ³ /d	:	Metros cúbicos por día
mg/l	:	Miligramos por litro
ml/l	:	Mililitros por litro
g/cm ³ .	:	Gramos por centímetro cúbico
p.p.m.	:	Partes por millón (1ppm= 1 mg/l)
Kg/mes	:	Kilogramos por mes
m ³ /mes	:	Metros cúbicos por mes
Kg/día	:	Kilogramos por día
°C	:	Grado Centígrado
H.sol/día	:	Horas de sol al día
mm/día	:	Milímetros por día
Cal/cm ² .dia	:	Calorias por centímetros cuadrado por día
mb.	:	Milibares
CORDECRUZ	:	Corporación Regional de Desarrollo Santa - Cruz.
SAGUAPAC	:	Cooperativa de Servicios Públicos Santa -- Cruz Ltda.
E.U.A.	:	Estados Unidos de América
EPA	:	Agencia de Protección del Medio Ambiente - de E.U.A.
BID	:	Banco Interamericano de Desarrollo

Abstracto

En el Proyecto SI/BOL/81/802 sobre el Análisis de la Contaminación producida por los vertidos del Parque Industrial de Cordecruz, se inspeccionaron las fábricas del mismo más representativas por la contaminación producida, estudiándose los procesos de fabricación y sus vertidos.

Se realizó una campaña de toma de muestras, seguida de análisis y ensayos de tratabilidad en un laboratorio mortado para el caso donde se definieron las características de estas aguas, la posibilidad de pretratamiento en bases individuales y conjuntas, y se determinaron los parámetros básicos para el rediseño de la planta de tratamiento actual del Parque consistente en lagunas de oxidación.

Se comprobó por ser la mayoría de los vertidos orgánicos biodegradables que este sistema de tratamiento era el óptimo para el área de Santa Cruz por la disponibilidad de terreno y la climatología idónea, recomendándose el pretratamiento de los residuos de algunas industrias antes de su vertido al colector general del Parque Industrial

LISTA DEL CONTENIDO DEL INFORME

<u>CAPITULO</u>		<u>PAGINA</u>
	Notas explicatorias	2
	Abstracto	3
	Lista del contenido	4
	I N T R O D U C C I O N	7
I	RECOMENDACIONES	9
II	MONITOREO DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL PARQUE INDUSTRIAL.	11
	A. Parámetro a ser medidos	11
	B. Muestreo	18
	C. Análisis de laboratorio	23
III	FUENTES ACTUALES Y POTENCIALES DE CONTAMINACION.	31
	A. Estudio de los procesos y vertidos fabriles.	31
	B. Contaminación potencial	58
	C. Límites de concentraciones de vertidos industriales.	61
IV	TRATAMIENTO CONJUNTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL PARQUE INDUSTRIAL.	69
	A. Elección del sistema de tratamiento	69
	B. Características de las aguas residuales conjuntas.	72
	C. Interpretación de las características de los residuos.	78
	D. Pretratabilidad de las aguas residuales.	83
	E. Interpretación de los ensayos de pretratamiento.	84
V	DISEÑO DE LAS LAGUNAS DE OXIDACION	87
	A. Consideraciones de diseño	87
	B. Climatología	89
	C. Cálculo de la planta de tratamiento	92
	D. Funcionamiento de las lagunas de oxidación actuales.	98
	E. Mantenimiento y control de las Lagunas de Oxidación	101

<u>CAPITULO</u>		<u>PAGINA</u>
VI	CONCLUSIONES	103
	ANEXOS	
	Anexo I Bibliografía	104
	Anexo II Personas encontradas durante la misión.	106
	TABLAS	
	Tabla Nº 1 Parámetros significativos de las aguas residuales por clases de industrias.	12
	Tabla Nº 2 Volumen de muestras requeridas para la determinación de vacíos constituyentes de las aguas industriales.	20
	Tabla Nº 3 Recomendaciones para muestreo y conservación de muestras.	21
	Tabla Nº 4 Determinaciones que se pueden realizar en el laboratorio del Parque Industrial.	26
	Tabla Nº 5 Compuestos químicos utilizados en procesos de coagulación.	30
	Tabla Nº 6 Residuos tóxicos o peligrosos por industrias y/o sectores industriales.	65
	Tabla Nº 7 Variación de las características de los residuos según días de la semana.	77
	Tabla Nº 8 Características de los residuos decantados.	85
	Tabla Nº 9 Características de las aguas residuales precipitadas con cal.	86
	Tabla Nº 10 Características climatológicas medias del área de Santa Cruz (1983)	90
	Tabla Nº 11 Características climatológicas medias del área de Santa Cruz 1943-1979.	91

CAPITULO

PAGINA

FIGURAS

Figuras Nº 1	Etapas del Parque Industrial	8
Figura Nº 2	Gráficos de la variación diaria de caudales	73
Figura Nº 3	Croquis general de la Planta de Tratamiento.	99

INTRODUCCION

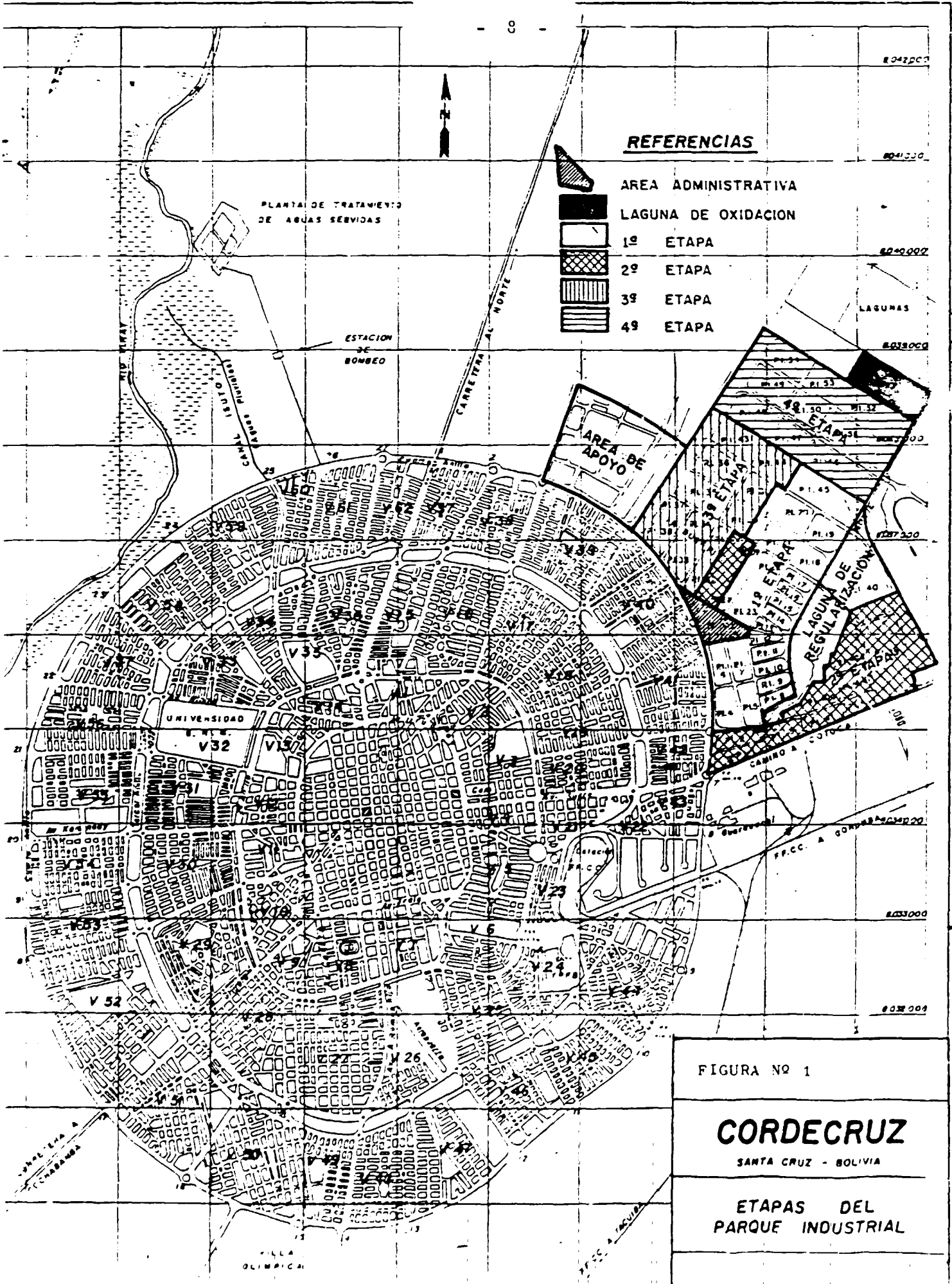
En 1981 el Gobierno de Bolivia por medio de la Corporación Regional de Desarrollo de Santa Cruz, CORDECRUZ, requirió la asistencia y el asesoramiento a UNDP-UNIDO, con el fin de poner en funcionamiento un laboratorio para análisis de las aguas residuales de su Parque Industrial y la Planta de Tratamiento de dichas aguas, dado que no se había realizado ningún proyecto de este tipo en el país y no hay técnicos especializados en este tema por no existir esta rama de estudios en las Universidades. La petición de asistencia fué aprobado en 1982. La Planta de Tratamiento entro en carga en 1983 con el fin de que pudieran ser estudiadas en este estado por el Asesor a enviar por UNIDO.

Tanto el Laboratorio, como la Planta de Tratamiento fueron realizados con un crédito del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), en un monto del 50% del costo total de los mismos, aportando directamente Cordecruz el otro 50% y construyendo la Planta bajo su supervisión.

La Asesoría realizada consistió en el montaje del laboratorio, monitoreo de las fábricas del Parque Industrial, análisis y ensayos de laboratorio e interpretación de los resultados, con obtención de parámetros de diseño. Durante todas estas actividades realizadas fueron entrenados en técnicas de laboratorio y diseño, técnicos de Cordecruz y Sagapac, especialmente de esta última dado que en un futuro la responsabilidad de todo el abastecimiento de agua e infraestructura sanitaria del área de Santa Cruz será competencia de esta Cooperativa.

El Parque Industrial de Cordecruz, tiene una superficie total de 1000 ha, dividida en 4 etapas para su desarrollo, de 250, 200, 250 y 300 ha. Actualmente se está consolidando la 1ra. Etapa de 250 ha. (174 ha. netas). En la Figura Nº 1 se puede ver la situación del Parque respecto a la ciudad de Santa Cruz y la división en etapas del mismo.

La Primera Etapa posee las siguientes infraestructuras: Servicios de Energía Eléctrica,, Sistema de Aguas Potables no cloradas provenientes de captación subterránea, sistema de protección contra incendios, sistema de alcantarillado separativo, pluvial y de residuales (sanitario e industriales), acceso ferrocarrilero, vías de acceso internas y externas y sistema de distribución de gas natural.



REFERENCIAS

- AREA ADMINISTRATIVA
- LAGUNA DE OXIDACION
- 1º ETAPA
- 2º ETAPA
- 3º ETAPA
- 4º ETAPA

FIGURA Nº 1

CORDECruz

SANTA CRUZ - BOLIVIA

ETAPAS DEL PARQUE INDUSTRIAL

I. R E C O M E N D A C I O N E S

1. Control de las captaciones de aguas subterráneas realizadas por medio de pozos particulares perforados en algunas industrias, cuando en la realidad disponen de la red de agua de abastecimiento del Parque Industrial.
2. Medición real de todos los caudales de abastecimiento y de los vertidos de las industrias del Parque Industrial
3. Pretratamiento o medidas a realizar señaladas en el Informe en cuanto a los vertidos individuales de las fábricas del Parque Industrial.
4. Conexión de todos los vertidos contaminantes a la red de residuales del Parque Industrial
5. Evitar los vertidos de residuos a la red de pluviales y las aguas de lluvia a la red de residuales.
6. Poner en funcionamiento los aforadores Parshall por medio de un sistema automático y continuo de medida de caudales.
7. Limpieza, dragado y revestimiento de las lagunas actuales de oxidación con el fin de que alcancen su capacidad óptima y se eviten las infiltraciones.
8. Monitoreo continuo de las aguas residuales de entrada y salida a las lagunas de oxidación con el fin de verificar su buen funcionamiento.
9. Monitoreo periódico de los vertidos residuales individuales de las industrias del Parque con el fin de verificar la eficiencia de los pretratamientos o medidas tomadas.
- 10 Creación en el Parque Industrial de un vertedero controlado de residuos sólidos.

11. Construcción de un depósito estanco para los residuos tóxicos del Parque Industrial.
12. Formación de una biblioteca técnica con al menos los libros señalados en el Anexo II.
13. Formación continua de los técnicos entrenados durante el proyecto, con el fin de completar su formación en el campo de la ingeniería ambiental por medio de asistencia a cursos, seminarios, congresos organizados en otros países o ayuda técnica de especialistas en la materia por organismos internacionales.

Los técnicos formados, podrían crear una especialidad en Ingeniería Ambiental en las Universidades.

14. Realización de Estudios Preliminares de Impacto Ambiental, para las nuevas industrias que se instalen en el Parque Industrial y que por su magnitud se prevea vayan a crear grandes problemas de contaminación, con el fin de tomar las medidas correctoras oportunas.

II. MONITOREO DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL PARQUE INDUSTRIAL

A. Parámetros a ser medidos

Identificación de los vertidos

Con el fin de abaratar los costes de los análisis de los residuos individuales y conjuntos de las fábricas del Parque Industrial reduciendo el Nº de los mismos era necesario conocer con la mayor aproximación posible su composición en cuanto a los compuestos que formarán dicho vertido.

Para esto se reconocieron y se realizaron prácticamente la totalidad de las fábricas contaminantes, una serie de encuestas en las que se recogieron los siguientes datos fundamentales.

- Nº de trabajadores
- Nº de turnos
- Días a la semana de trabajo
- Períodos en que la industria no trabaja
- Producción
- Consumo de agua y procedencia
- Tratamiento del agua de abastecimiento
- Línea de procesos de fabricación
- Vertidos: tipo, caudal, punto de vertido
- Productos químicos utilizados en los procesos que se vierten con las aguas residuales
- Sistemas de recogida de los vertidos
- Pretratamiento de los vertidos
- Posibilidad de ampliación o modificación de procesos de la fábrica.

En el Capítulo III del presente Informe se presentan y analizan dichos datos.

Parámetros significativos de las aguas residuales por clases de industrias en general

Dado que el Parque Industrial va a estar en crecimiento continuo, damos en la Tabla Nº 1 los parámetros más significativos a ser medidos en las aguas-residuales por tipos de industrias con posibilidad de ser implantadas en el Parque. Hay que tener presente que estos parámetros se indican de una manera general y que será el estudio de los procesos in situ de cada fábrica lo que definirá entre los parámetros dados, los que se deberán medir. Es obvio, que la razón de esto, viene como resultado de los diferentes tipos de procesos, productos químicos y materias primas diferentes que intervienen en los mismos, es decir que para la obtención de un mismo producto, fábricas con diferentes tipos de procesos verterán residuos con características diferentes.

En la Tabla Nº 1, cada tipo de industria está dividida en dos grupos. En el Grupo I se indican los parámetros más significativos que se darán más a menudo en los efluentes. En el Grupo 2 se indican algunos parámetros adicionales que se pueden dar en los efluentes en bases individuales.

TABLA Nº 1

PARAMETROS SIGNIFICATIVOS DE LAS AGUAS RESIDUALES POR
CLASES DE INDUSTRIAS

GRUPO I	GRUPO II
• Industria de bebidas	
DBO ₅	Nitrógeno
pH	Fósforo
Sólidos Suspendidos	Temperatura
Sólidos Sedimentables	Sólidos disueltos totales
Coliformes totales	Color
Aceites y Grasas	Turbiedad
Materias tóxicas	Espumas

TABLA Nº 1

(Continuación)

<u>GRUPO I</u>	<u>GRUPO II</u>
• Industria de enlatado y conservación de frutas y vegetales	
DBO ₅	Color
DQO	Coliformes fecales
pH	Fósforo, total
Sólidos suspendidos	Temperatura
	Carbón orgánico total (COT)
	Sólidos disueltos totales
• Industria de piensos compuestos para alimento de ganado estabulado	
DBO ₅	Coliformes fecales
DQO	Nitrógeno
Sólidos totales	Fosfatos
pH	Carbón Orgánico total (COT)
• Industria lechera	
DBO ₅	Cloruros
DQO	Color
pH	Nitrógeno
Sólidos suspendidos	Temperatura
	COT
	Turbiedad
• Industria de molienda de granos	
DBO ₅	DQO
Sólidos Suspendidos	pH
Temperatura	COT
	Sólidos disueltos totales

TABLA Nº 1

GRUPO I	(continuación)	GRUPO II
. Industria Química inorgánica, alcalis y cloro		
Acidez/alcalinidad		DBO ₅
Sólidos totales		DQO
Sólidos suspendidos totales		Oxígeno disuelto total
Sólidos disueltos totales		Bencenos clorados y aromáticos plinucleares
Cloruros		Fenol
Sulfatos		Fluoruros
		Silicatos
		Fósforo total
		Cianuros
		Mercurio
		Cromo
		Plomo
		Titanio
		Hierro
		Aluminio
		Boro
		Arsénico
		Temperatura
. Industria de curtido y acabado de pieles		
DBO ₅		Alcalinidad
DQO		Color
Cromo, total		Dureza
Grasa		Nitrógeno
pH		Cloruro sódico
Sólidos suspendidos		Temperatura
Sólidos totales		Toxicidad
. Industria de productos cárnicos		
DBO ₅		Amonio
pH		Turbiedad
Sólidos suspendidos		Sólidos disueltos totales

TABLA Nº 1

(Continuación)

<u>GRUPO I</u>	<u>GRUPO II</u>
Sólidos sedimentables	Fosfatos
Aceites y grasas	Color
Coliformes totales	
Materias tóxicas	
. Industria de terminados de metales	
DQO	
Aceites y grasas	
Metales pesados	
Sólidos suspendidos	
Cianuros	
. Industria de química orgánica	
DBO ₅	COT
DQO	Cloruros orgánicos
pH	Fósforo total
Sólidos suspendidos totales	Metales pesados
Sólidos disueltos totales	Fenol
Aceite libre flotante	Cianuros
	Nitrógeno total
	Otros contaminantes
. Industria de materiales plásticos y sintéticos	
DBO	Sólidos disueltos totales
DQO	Sulfatos
pH	Fósforo
Sólidos suspendidos totales	Nitratos
Aceites y grasas	Nitrógeno orgánico

TABLA Nº 1

(Continuación)

<u>GRUPO I</u>	<u>GRUPO II</u>
Fenoles	Amoniaco
	Cianuros
	Aditivos tóxicos y materias ben ceno clorados y aromáticos poli
	nucleares
	Cinc
	Mercaptanos
. Industria de productos textiles fabricados	
DBO ₅	Metales pesados
COD	Color
pH	Aceites y grasas
Sólidos suspendidos	Sólidos disueltos totales
Cromo	Sulfitos
Sulfuros	Temperatura
Alcalinidad	Materias tóxicas
. Industria del Acero	
Aceite y grasa	
pH	
Cloruros	
Sulfatos	
Amonio	
Cianuros	
Fenoles	
Sólidos Suspendidos	
Hierro	
Estaño	
Temperatura	
Cromo	
Zinc	

TABLA Nº 1

(Continuación)

<u>GRUPO I</u>	<u>GRUPO II</u>
. Industria del vidrio plano	
DQO	DBO ₅
pH	Cromatos
Fósforo	Cinc
Sulfato	Cobre
Sólidos Suspendidos	Cromo
Temperatura	Hierro
	Estaño
	Plata
	Nitratos
	Resinas sintéticas
	Sólidos disueltos totales
. Industrias del cemento, hormigón y Cal	
DBO	Alcalinidad
pH	Cromatos
Sólidos suspendidos	Fosfatos
Temperatura	Cinc
	Sulfitos
	Sólidos disueltos totales
. Industria del Asbesto	
DBO ₅	Cromatos
DQO	Fosfatos
pH	Cinc
Sólidos suspendidos	Sulfitos
	Sólidos disueltos totales

B. MUESTREO

Toma de muestras de las aguas residuales

Realizadas las encuestas y reconocidas "in situ" las fábricas se determinaron los puntos de vertido en donde se debían de tomar las muestras para su análisis, de aquellas fábricas que eran significativamente contaminantes, puntos que se indican en el capítulo III.

Las muestras que se tomaron fueron muestras simples que eran suficientemente representativas dado que en los procesos de las fábricas estudiadas, los efluentes tenían características relativamente constantes que hacía innecesaria una muestra compuesta o provenían de vaciados intermitentes de tanques de procesos contaminados que con la muestra simple era suficiente para obtener las características del residuo evacuado por tongadas.

Respecto a las aguas residuales conjuntas, las muestras se tomaron en el Canal Parshall y a la salida del pozo de bombeo de las aguas residuales de la Planta de Tratamiento (Ver Capítulo IV). En el medidor Parshall se tomaron muestras simples con el fin de determinar características de los residuos compuestos que la muestra compuesta no aclara, tal como la variación del pH a lo largo del tiempo.

El Canal Parshall es un lugar ideal para la toma de muestras, ya que allí las aguas están bien mezcladas. La muestra se tomó en el centro del Canal, donde la velocidad es más alta y la posibilidad de que hayan sedimentado sólidos es mínima, situando la boca del contenedor de la toma unos centímetros bajo la superficie del agua con el fin de evitar un exceso de material flotante.

Como para realizar las muestras compuestas es necesario conocer el caudal relativo a las muestras individuales para la mezcla proporcional de estas, no se pudieron realizar en el Canal Parshall, a pesar de ser el lugar idóneo, por no funcionar el medidor del mismo.

Todas las muestras fueron tomadas manualmente pues aparte de no existir mues

treador automático, la sencillez del muestreo no requería del mismo.

Manejo de las muestras

Se tomaron las siguientes medidas para el manejo de muestra:

- En los puntos de muestreo donde flotaban aceites y grasas, para estimar el volumen total de los mismos se tomó el caudal residual en un contenedor y se midió el espesor de la capa formada. pudiendo entonces obtenerse el volumen de aceites y grasas.
- Los volúmenes de muestras tomadas fueron suficientes para realizar todos los análisis necesarios, más una cantidad adicional por si era necesario repetirlos dos o más veces. Además normalmente se tomaron 7 litros más, con el fin de realizar ensayos de sedimentación en el Cono Imhoff y ensayos de coagulación-floculación-sedimentación o de precipitación con cal por medio del JAR test.

En la Tabla N^o 2 se dan los volúmenes necesarios de la muestra para la mayoría de los análisis. El valor más bajo es para aguas residuales concentradas. El volumen mínimo de una muestra simple debe estar entre 1 y 2 litros.

- Para las muestras compuestas se mezclaron los volúmenes enteros de las muestras individuales proporcionales al caudal residual y se utilizó parte de esta mezcla para los análisis.
- Las muestras que no pudieron ser analizadas inmediatamente fueron almacenadas de manera que se aseguró que las características a ser analizadas no habían sido alteradas. En la Tabla N^o 3 se indican los métodos de conservación así como las cantidades a conservar, el tiempo máximo de almacenamiento de las muestras y el material del que debe ser el recipiente que contiene a las mismas.
- Los contenedores de las muestras y los aparatos de muestreo fueron limpiados y descontaminados cada vez que se realizaba una toma de muestras. Antes de tomar la muestra, el contenedor se introducía varias veces en el agua residual.

DE VARIOS CONSTITUYENTES DE LAS AGUAS INDUSTRIALES

ENSAYOS FISICOS	Volumen de muestra, ml.	Cationes	
Calor y calorímetro	100 a 500	Aluminio, Al ⁺⁺⁺	100 a 1.000
Conductividad eléctrica	100	Amonio, NH ₄ ⁺	
Corrosividad	Muestra en corriente	Antimonio, Sb ⁺⁺⁺ a Sb ⁺⁺⁺⁺	500
Densidad	100	Arsénico, As ⁺⁺⁺ a As ⁺⁺⁺⁺	100 a 1.000
pH, electrométrico	100	Bario, Ba ⁺⁺	100 a 1.000
Radiactividad	100 a 1000	Cadmio, Cd ⁺⁺	100 a 1.000
Temperatura	Muestra en corriente	Calcio, Ca ⁺⁺	100 a 1.000
Toxicidad	1.000 a 20.000	Cromo, Cr ⁺⁺⁺ a Cr ⁺⁺⁺⁺	100 a 1.000
Turbidez	100 a 1000	Cobre, Cu ⁺⁺	200 a 4.000
		Hierro, Fe ⁺⁺ y Fe ⁺⁺⁺	100 a 1.000
		Estroncio, Sr ⁺⁺	100 a 1.000
		Estado, Sn y Sn ⁺⁺⁺	100 a 1.000
		Magnesio, Mg ⁺⁺	100 a 1.000
		Manganeso, Mn a Mn ⁺⁺⁺⁺	100 a 1.000
		Mercurio, Hg y Hg ⁺⁺	100 a 1.000
		Niquel, Ni ⁺⁺	100 a 1.000
		Plata, Ag ⁺	100 a 1.000
		Plomo, Pb ⁺⁺	100 a 4.000
		Potasio, K ⁺	100 a 1.000
		Sodio, Na ⁺	100 a 1.000
		Zinc, Zn ⁺⁺	100 a 1.000
		Aniones	
		Bicarbonato, HCO ₃ ⁻	100 a 200
		Bromuro, Br ⁻	100
		Carbonato, CO ₃ ⁻	100 a 200
		Cloruro, Cl ⁻	25 a 100
		Cianuro, Cn ⁻	25 a 100
		Fluoruro, Fl ⁻	200
		Fosfato, orto, PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ⁻ , H ₂ PO ₄ ⁻	50 a 100
		Hidroxido, OH ⁻	50 a 100
		Ioduro, I ⁻	100
		Nitrato, NO ₃ ⁻	10 a 100
		Nitrito, NO ₂ ⁻	50 a 100
		Sulfato, SO ₄ ⁻ , HSO ₄ ⁻	100 a 1.000
		Sulfuro, S ⁻ , HS ⁻	100 a 500
		Sulfito, SO ₃ ⁻ , HSO ₃ ⁻	50 a 100
ENSAYOS QUIMICOS			
Gases disueltos			
Amoniaco, NH ₃	500		
Cloro, Cl ₂ libre	200		
Dióxido de azufre, SO ₂ libre	100		
Hidrogeno, H ₂	1.000		
Oxígeno, O ₂	500 a 1.000		
Sulfuro de hidrogeno, H ₂ S	500		
Dióxido de carbono, CO ₂ libre	200		
Miscelaneos			
Acidez y Alcalinidad	100		
Amias Volátiles	500 a 1.000		
Bacterias, hierro	500		
Bacterias, reducción sulfato	100		
Necesidad de cloro	2.000 a 4.000		
Cl ₂ Total residual (incluyendo O Cl ₂ , HOCL, NH ₂ Cl, NHCl ₂ y libre)	200		
CO ₂ total (incluyendo CO ₃ ⁻ , HCO ₃ ⁻ y libre)	200		
DBO	100 a 500		
DQO (dicromato)	50 a 100		
Detergentes	100 a 200		
Dureza	50 a 100		
Compuestos fenolicos	800 a 4.000		
Hidracina	50 a 100		
Micro-organismo	100 a 200		
Materia Aceitosa	3.000 a 5.000		
Nitrogeno Organico	500 a 1.000		
pH, calorimétrica	10 a 20		
Polifosfatos	100 a 200		
Silica	50 a 1.000		
Sólidos disueltos	100 a 20.000		
Sólidos suspendidos	50 a 1.000		
Tanina y lignina	100 a 200		
Materia extraíble con cloroformo	1.000		

TABLA Nº 2

RECOMENDACIONES PARA MUESTREO Y CONSERVACION
DE MUESTRAS SEGUN LA MEDIDA A REALIZAN

M E D I D A	VOLUMEN REQUERIDO (ml)	RECIPIENTE	CONSERVACION	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO
ACEITE Y GRASA	1.000	V. SOLO	FRIO 4°C	24 HRS.
ACIDEZ	100	P.V.(1)	FRIO 4°C	24 HRS.
ALCALINIDAD	100	P.V	FRIO 4°C	24 HRS.
ARSENICO	100	P.V	HNO ₃ a pH < 2	6 MESES
DBO	1.000	P.V	FRIO 4°C	6 HRS. (2)
BROMURO	100	P.V	FRIO 4°C	24 HRS.
CARBON ORGANICO	25	P.V	FRIO 4°C	6 HRS. (2)
CLORURO	50	P.V	NO REQUIERE	7 DIAS
CLORO REQUERIDO	50	P.V	FRIO 4°C	24 HRS.
COLOP	50	P.V	FRIO 4°C	24 HRS.
CONDUCTANCIA ESPECIFICA	100	P.V	FRIO 4°C	24 HRS. (3)
CIANUROS	500	P.V	FRIO 4°C-NaOH a pH 12	24 HRS.
DQO	50	P.V	H ₂ SO ₄ a pH < 2	7 DIAS
DUREZA	100	P.V	FRIO 4°C	7 DIAS
FENOLES	500	V SOLO	FRIO 4°C-H ₃ PO ₄ a pH < 4	
FLUORUROS	300	P.V	1.0 g CuSO ₄ /l FRIO 4°C	7 DIAS
FOSFORO				
- ORTOFOSFATO, DISUELTO	50	P.V	FILTRO IN SITU-FRIO 4°C	24 HRS.
- HIDROLIZABLE	50	P.V	FRIO 4°C-H ₂ SO ₄ a pH < 2	24 HRS.
- TOTAL	50	P.V	FRIO 4°C	24 HRS.
- TOTAL DISUELTO	50	P.V	FILTRO IN SITU, FRIO 4°C	24 HRS.
IODURO	100	P.V	FRIO 4°C	24 HRS.
MATERIA SEDIMENTABLES	1.000	P.V	NO REQUIERE	24 HRS.
NBAS	250	P.V	FRIO 4°C	24 HRS.
METALES				
- DISUELTOS	200	P.V	FILTRO IN SITU HNO ₃ a pH < 2	6 MESES
- SUSPENDIDOS			FILTRO IN SITU	6 MESES
- TOTALES	100		HNO ₃ a pH < 2	6 MESES
MERCURIO				
- DISUELTOS	100	P.V	FILTRO HNO ₃ a pH < 2	30 DIAS (Vidrio)
- TOTAL	100	P.V	HNO ₃ a pH < 2	30 DIAS (Vidrio)
NITROGENO				
- AMONIO	400	P.V	FRIO 4°C H ₂ SO ₄ a pH < 2	24 HRS.
- KJELDAHL	500	P.V	idem	24 HRS.
- NITRATO	100	P.V	idem	24 HRS.
- NITRITO	50	P.V	FRIO 4°C	24 HRS.
NTA	50	P.V	FRIO 4°C	24 HRS.
OXIGENO DISUELTO				
- ELECTRODO	300	V SOLO	Det. IN SITU	NO ALMACENAR
- WINKLER	300	V SOLO	FIJADO IN SITU	NO ALMACENAR
pH	25	P.V	FRIO 4°C - Det. IN SITU	6 HRS. (2)
RESIDUOS				
- FILTRABLE	100	P.V	FRIO 4°C	7 DIAS
- NO FILTRABLE	100	P.V	FRIO 4°C	7 DIAS
- TOTALES	100	P.V	FRIO 4°C	7 DIAS
- VOLATILES	100	P.V	FRIO 4°C	7 DIAS
SELENIO	50	P.V	HNO ₃ a pH < 2	6 MESES
SILICE	50	P SOLO	FRIO 4°C	7 DIAS
SULFATOS	50	P.V	FRIO 4°C	7 DIAS
SULFUROS	50	P.V	2 ml Acetato Zinc	24 HRS.
SULFITOS	50	P.V	FRIO 4°C	24 HRS.
TEMPERATURA	1.000	P.V	Det. IN SITU	NO ALMACENAR
TURBIDEZ	100	P.V	FRIO 4°C	7 DIAS
UMINAL DE ORO	200	V SOLO	FRIO 4°C	24 HRS.

1) Plastico o Vidrio

2) Si la muestra no puede ser llevada al laboratorio en menos de 6 horas y el tiempo de almacenamiento excede el límite, en el informe final hay que hacer constar el tiempo de almacenamiento

3) Si la muestra está estabilizada por enfriamiento, debe calentarse a 25°C. para prepararla

. Cada muestra fue etiquetada para su identificación, señalándose en la misma :

Localización de la muestra tomada

Fecha y hora de toma

Indicación de si era simple o compuesta con información de hora y volumen.

Anotación de datos tomados "in situ" Temperatura, pH, oxígeno disuelto, apariencia.

Caudales

Los caudales residuales de las fábricas tuvieron que ser calculados de una manera aproximada y con bases teóricas, dado que no existen en ninguna de las fábricas medidores de caudales de ningún tipo. Sólo en algunas fábricas en las que los efluentes eran bajos se pudieron aproximar calculando el tiempo de llenado de recipientes aforados.

Dadas las formas de los canales de recogidas de efluentes de las fábricas, el medidor más práctico de caudales sería el de tipo vertedero Cipolletti o los vertederos triangulares o rectangulares.

Afortunadamente, como las muestras simples tomadas de las fábricas eran suficientemente representativas no se hacia necesario para el muestreo conocer los caudales exactos, como hubiera sido necesario caso de necesitar tomar nuestras compuestas.

Respecto a los caudales residuales conjuntos, para las muestras simples no requería medir los mismos y para los compuestas ya se ha dicho que no pudieron tomarse en el aforador Parshall por no estar en condiciones de medir. Además el único medidor que hay es de tipo de medida de la elevación del nivel de agua en el canal, consistente en una regla graduada que da las diferentes alturas del efluente en el canal, pero este medidor en realidad no es el correspondiente al canal Parshall, pues no es necesario realizar la construcción del mismo para medir manualmente la diferencia de niveles.

Este tipo de medidor es el más barato que existe pero quizás el menos deseable ^{de} método de medida. La principal desventaja de este método es que el caudal

no puede ser medido en bases continuas al no poder ser conectado el mismo a un sistema de control.

Por tanto habría que instalar en el Parshall un medidor tipo barquilla, flotador o burbuja que son los tres tipos para medir caudales continuamente en aforadores Parshall.

Se decidió entonces tomar las muestras compuestas en el único sitio donde se podían medir los caudales, que era a la salida del bombeo del efluente ya que se conocía que las bombas, trabajaban con un caudal de 110 l/seg. Como el bombeo se realizaba intermitentemente, cuando se tomaban muestras compuestas se bombeaba durante 10 minutos cada vez, tomando en cada bombeo una muestra de 300 ml. cada 2 minutos. Es decir 5 muestras por bombeo, con el fin de que aunque las aguas se habían homogeneizado en el pozo de bombeo, se detectara cualquier variación posible.

C. Análisis de Laboratorio

Equipos y material del Laboratorio del Parque Industrial

Los equipos y el material de laboratorio para la realización de análisis y ensayos de las aguas residuales del Parque Industrial fueron adquiridos a finales de 1981 a las firmas Hatch y Fisher de E.U.A., con un crédito otorgado a CORDECRUZ por el Banco Interamericano de Desarrollo (B.I.D.)

Todos los aparatos, cristalería, reactivos, etc. permanecieron empacados hasta el pasado mes de septiembre de 1983, mes en el que se instaló y se puso en funcionamiento el laboratorio, ajustando, estandarizando, etc. los diferentes equipos.

La puesta en marcha del laboratorio demoró casi un mes debido a los cambios que había que realizar en las diferentes conexiones eléctricas, revisión de los equipos y reactivos y remodelación del local. Se pusieron de manifiesto ciertos inconvenientes en los equipos como la diferente frecuencia a la que trabajan algunos y sobre todo al diferente voltaje que obligó a instalar transformadores individuales. Al no tener todos los aparatos con diferente voltaje su propio transformador, sino que los que hay se adaptan al aparato-

que se ha de utilizar, existe el peligro potencial de que a pesar de las advertencias señaladas claramente del diferente voltaje (trabajan a 125 V - mientras que la corriente en Santa Cruz es 220 V.) un descuido u olvido , sobre todo por si trabaja en el laboratorio personal que no sea el habitual, - puede quemar los equipos. Es conveniente, pues, que cada aparato tenga su propio transformador.

El laboratorio consta de los materiales siguientes :

Aparatos

- Incutrol
- Aparato para DBO_5 , método manométrico
- Esterilizador - Secador'
- Autoclave
- Aparato para baño maría a temperatura constante
- Medidor por electrodo de oxígeno disuelto y temperatura de laboratorio
- Medidor por electrodo de oxígeno disuelto y temperatura de campo
- Medidor por electrodo de pH y potencial Redox, laboratorio
- Medidor por electrodo de pH y potencial Redox, campo
- Balanza granataria
- Balanza analítica
- Microscopio simple
- Microscopio compuesto
- Muflas (2)
- Horno
- Espectrofotómetro
- Incubadora bacteriológica
- Incubadora de tubos múltiples bacteriológica
- Centrífuga
- Bomba de vacío
- Destilador de agua
- Agitadores magnéticos (3)
- Planchas eléctricas calientes (2)
- Aparato de 6 agitadores para JAR test.

Cristalería

- Frascos para muestras de agua
- Frascos y botellas diversas de polietileno
- Frascos tapón de vidrio esmerilado para DBO. (300 ml.)
- Buratas (10 y 25 ml.)
- Buretas automáticas (25 ml.)
- Matraces aforados (50, 100, 200, 250, 500 ml.)
- Probetas graduadas (25, 50, 100, 500 y 1.000 ml.)
- Pipetas volumétricas (1 y 50 ml.)
- Pipetas graduadas (1 y 10 ml.)
- Pipetas gotero graduadas (0,5 y 1 ml.)
- Tubos Nessler
- Vasos de precipitado (50, 100, 250, 500 y 1.000 ml.)
- Matraces Erlenmeyer boca ancha (50, 125, 250, 500 y 1000 ml.)
- Quitasatos para filtración (500 ml.)
- Tubos cónicos de plástico (15 ml.)
- Tubos conectores (de diversas formas)
- Condensadores de reflujo
- Matraces boca normal, cuello esmerilado (125 ml.)
- Embudos separadores
- Desecadores
- Conos Imhoff

Reactivos ; compuestos químicos

En el laboratorio hay 120 compuestos químicos entre soluciones químicas a diferente normalidad, soluciones amortiguadoras, soluciones estandar, catalizadores, inhibidores, caldo de cultivo bacteriano, etc. Algunos de ellos es -
tán en el límite de caducidad, por lo que habrá que comprobar su actividad -
antes de su utilización.

Varios

- Soportes para matraces, buretas, tubos, etc.
- Termómetros de cristal
- Cajas Petri
- Filtros de membrana
- Embudos para filtrado, normales y magnéticos

- Capsulas de porcelana
- Bulbos de seguridad para pipetas
- Brochas para limpieza

Determinaciones analíticas que se pueden realizar en el laboratorio actual

El laboratorio es muy completo, existiendo en algunos casos aparatos con duplicidad de funciones de los que se podían haber prescindido. No obstante - dada la cantidad de ensayos a realizar, cumplen un papel de ahorro de tiempo.

Al laboratorio habría que añadirle un conductivímetro y algunos reactivos - necesarios para la realización de algunas determinaciones que por ahora no - son necesarias realizar.

Las determinaciones que se pueden realizar en el laboratorio con el material de que se dispone (a falta de algunos reactivos específicos que se deberán - adquirir en el momento que se vayan a necesitar) están señaladas en la Tabla N^o 4

Estos métodos señalados no son los únicos por los que se pueden realizar estas determinaciones. Han sido señalados por la rapidez y precisión de los - mismos y por disponer de los aparatos adecuados. Los ensayos se realizarán - según las indicaciones de la APHA Standard Methods, que coinciden con los métodos de la EPA y según los métodos Hatch, indicados en el manual general de análisis de esta casa comercial, dado que el 90% del material es de dicha casa.

TABLA N^o 4

DETERMINACIONES QUE SE PUEDEN REALIZAR EN EL LABORATORIO DEL
PARQUE INDUSTRIAL

- . Acidez Alcalinidad Método Volumétrico
- . Acidos Volátiles : Método titulométrico y método de destilación preliminar.
- . Aluminio^N : Método del Aluminon
- . Bacterias, coli
formas totales : Método de filtro de membrana

- . Bacterias, coliformes totales, : Método de fermentación en tubos múlti
totales y fecales ples.
- . Bacterias. Coliformes fecales : Método de filtro de membrana
- . Bacterias. Estreptococos fecales : Método de filtro de membrana
- . Bario^x : Método turbidimétrico (ver)
- . Boro^x : Método Carmine
- . Bromuro^x : Método Rojo fenol
- . Cadmio^x : Método Ditizona
- . Calcio : Método volumétrico
- . Dioxido de Carbono : Método volumétrico
- . Cianuro^x : Método colorimétrico utilizando ácido
barbiturico
- . Cloruro : Método volumétrico
- . Clorolibre^x : Método DPD (N-N dietil-p- fenilnodia-
mina)
- . Cloro total : Método Iodométrico volumétrico y métod
do DPD (N-N-dietil-p- fenilnodiamina)
- . Cromo exavalente^x : Método utilizando 1,5 difenil carbohi
dracina
- . Cromo total^x : Método oxidación alcalina con hipobro
mito
- . Cobre : Método de la Neocuproina
- . Color real : Método espectrofotométrico
- . Acido Cianúrico^x : Métod turbidimétrico
- . Fluoruros^x : Métodos SPANDS.
- . Dureza : Método volumétrico
- . Iodo^x : Método DPD (N-N dietil-p- fenilnodia-
mina)
- . Hierro total^x : Método 1,10 - Fenantrolina
- . Plomo : Método ditizona
- . Manganeso^x : Método persulfato
- . Níquel^x : Método heptoxima
- . Nitrógeno amoniacal y albuminoi- : Destilación preliminar y método Nessler
des

x Utilizando el espectrofotómetro

- . Nitrógeno, Nitrato^x : Método de reducción al Cadmio
- . Nitrógeno, Nitrito^x : Método de desnitrificación
- . Aceites y grasas : Método gravimétrico utilizando extracción por freón.
- . DBO : Método manométrico
- . DQO : Método al dicromato (reflujo) y método reactor de digestión.
- . Oxígeno disuelto. : Método de Winkler modificado y método del electrodo.
- . pH. : Método del electrodo
- . Fenoles : Método de destilación preliminar y método 4- aminoantipirina
- . Fósforo, ácido hidrolizable : Hidrólisis ácida preliminar por fosfatos condensados.
- . Fósforo, orgánico y ácido hidrolizable. : Oxidación persulfato.
- . Fósforo, reactivo : Método del ácido ascorbico para orto - fosfato.
- . Resíduos, no filtrables, volátiles, total filtrable : Método gravimétrico.
- . Resíduos, materia sedimentable : Método volumétrico directo (Cono Imhoff)
- . Selenio. : Método del Molibdosilicato
Método destilación preliminar
- . Sulfuro : Método de titulación iodométrica "Método azul de metileno"
- . Sulfato : Método turbidimétrico
- . Sulfito : Método de titulación con ioduro-iodato
- . Surfactantes ; Método cristal violeta
- . Tanino y lignina : Método tirosina
- . Turbidez : Método turbidímetro Jackson de bujía
- . Zinc^x : Método de la Ditizona y Método del Zin
con

x Utilizando el espectofotométrico

Determinaciones analíticas realizadas

Las determinaciones que se realizaron entre las muestras tomadas en las industrias y el conjunto de las aguas residuales de las mismas fueron : temperatura

pH, oxígeno disuelto, alcalinidad, cloruro, dureza, turbiedad, DBO_5 , DQO, sólidos suspendidos y materiales sedimentables y análisis bacteriológicos.

Muchos ensayos fueron repetidos por interferencias surgidas en las muestras (cloruros para la DQO, etc.) por cortes de energía eléctrica (DBO_5) o rotura del aparato o porque las concentraciones de las muestras no conocidas en un principio requerían de diluciones mayores a las realizadas.

Para la realización de las DBO_5 , determinadas por el método manométrico, las muestras se llevaron a pH 7.2 y se inseminaron con aguas residuales sanitarias de la ciudad de Santa Cruz, decantadas de 24 a 36 horas, con el fin de aportar más nutrientes a las aguas residuales industriales y obtener una DBO_5 más real. También se realizaron ensayos de coagulación y precipitación en el aparato de "JAR test" con pH diferentes y dosificaciones diferentes. En la Tabla Nº 5 se dan los coagulantes más comunes y las condiciones en que actúan mejor.

Los resultados de los análisis y ensayos están indicados en los capítulos - III y IV.

COMPUESTOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN PROCESOS DE COAGULACION

<u>COMPUESTO</u>	<u>FORMULA</u>	<u>FORMA COMERCIAL</u>	<u>FORMAS DISPONIBLES</u>	<u>MATERIA RECOMENDABLE PARA SU MANEJO</u>	<u>NOTAS</u>
<u>Coagulantes</u>					
- Sulfato aluminico	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$	17 % Al_2O_3	Polvo, gránulos	Hierro, silicona, caucho	Sistema de coagulación y sedimentación antes de filtrado a presión para eliminar aceite y materia suspendida.
- Aluminato sódico	$Na_2Al_2O_4$	55 % Al_2O_3	Cristales	Hierro, Acero, Caucho plásticos.	Usualmente analizo con carbonato sódico para ablandamiento.
- Aluminato de amonio	$Al_2(SO_4)_3 \cdot (NH_4)_2$	11 % Al_2O_3	Polvo	Caucho, silicona, Hierro	Sistema de coagulación; no es muy usada.
- Aluminato potasio	$Al_2(SO_4)_3 \cdot K_2SO_4$	11 % Al_2O_3	Polvo	-----	Sistema de coagulación; no es muy usada.
- Sulfato férrico hidratado	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 7HO$	55 % Fe_2SO_4	Cristales y gránulos	Madera	Recomendable como coagulante, sólo si el Ph está entre 8.5 y 11.0
- Sulfato férrico hidratado clorado	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 7H_2O + HCl_2$	48 % Fe_2SO_4	-----	-----	El sulfato férrico y el cloro se añaden por separado.
- Sulfato férrico	$Fe_2(SO_4)_3$	90 % $Fe_2(SO_4)_3$	Polvo y gránulos	Caucho, acero, inox, y plásticos.	Coagulación; efectiva sobre el amplio rango de pH de 4 a 11.
- Cloruro férrico hidratado	$Fe_2Cl_6 \cdot 6H_2O$	60 % Fe_2Cl_6	Cristales	Caucho y cristal	Coagulación efectiva sobre el amplio rango de pH de 4 a 11.
- Oxido magnésico	MgO	95 % MgO	Polvo	Hierro, acero	Esencialmente insoluble; añadido en forma de papilla o lechada.
<u>Añedidos a Coagulantes</u>					
- Bentonita	-----	-----	Polvo	Hierro, acero	Esencialmente insoluble se añade en forma de lechada.
- Silicato sódico	$Na_2Si_2O_5 \cdot 9H_2O$	40 Be (solución)	Solución	Hierro, acero, caucho	-----
<u>Ajustadores de pH</u>					
- Cal hidratada	$Ca(OH)_2$	93 % $Ca(OH)_2$	Polvo	-----	Ajustes de pH, ablandamiento.
- Carbonato sódico	Na_2CO_3	99 % Na_2CO_3	Polvo	-----	Ajustes de pH y ablandamiento.
- Sosa cáustica	$NaOH$	98 % $NaOH$	Escamas, sólidos solución	-----	Ajustes pH, ablandamiento, sistema de eliminación de aceites.
- Acido sulfúrico	H_2SO_4	100 % H_2SO_4	Líquido	-----	Ajustes de pH.

Existen otros compuestos para ayudar a la coagulación como sílica, carbón activado, arcilla, etil celulosa, etc. de los que no se dispone mucha información.

TABLA Nº 5

III. FUENTES ACTUALES Y PONTENCIALES DE CONTAMINACION

A. Estudio de los procesos y vertidos fabriles

De las fábricas instaladas en las 250 ha. que comprenden la 1ª Etapa de desarrollo del Parque Industrial, sólo hay en funcionamiento 94, ya que el resto han sido cerradas o abandonadas hace años por diferentes motivos, sin embargo hay expectativas de apertura en un futuro inmediato (5 años) de algunas - de las que están cerradas y la instalación de otras nuevas.

Una vez realizada la inspección y monitoreo de las fábricas del Parque, según se indicó en el Capítulo II, pasamos a describir las fábricas por actividades y a analizar las características de sus vertidos así como la posibilidad o necesidad de pretratamiento antes de su vertido al colector general de aguas residuales.

Industria alimenticia

Consta de las siguientes fábricas :

Sociedad Aceitera del Oriente (S.A.O.)

Industrias Oleaginosas Ltda. (IOL)

Molinera Rio Grande

Frigorífico Santa Cruz

De estas cuatro Industrias, sólo las dos primeras son contaminantes, ya que las otras dos no producen más efluentes que aguas de refrigeración y vertidos sanitarios por los trabajadores

Industrias Oleaginosas Ltda. (IOL)

Sociedad Aceitera del Oriente (S.A.O.)

. Productos Fabricados

Fabrican aceite de soya y harinas de la misma semilla para alimento de ganado, como subproducto de la fabricación de aceites. Ocasionalmente extraen aceite de maní, cartamano y girasol, cuando esta materia prima está disponible.

• Período de trabajo

El período de trabajo está en función de la materia prima disponible a conseguir localmente. Generalmente la campaña abarca desde finales de abril a noviembre. De finales de noviembre a marzo las fábricas están paradas.

• Vertidos sanitarios

Las aguas sanitarias de IOL vierten a pozos ciegos, aunque próximamente van a conectar con la red de residuales del Parque Industrial.

Las de S.A.O. vierten a una fosa septica y el rebose pasa al colector general de residuales. En un futuro conectarán directamente a la red del Parque.

Producción media

	Semilla de Soya Procesada (T/día)	Litros de Aceite Producción (l/día)	Harina producida (T/día)
I O L	60	11.000	38
S A O	160	30.000	115

• Consumo de agua medio

	<u>Procedencia</u>	<u>Consumo (m3/día)</u>
I O L	Red del Parque	100
	Pozo Propio	Construcción futura
S A O	Red del Parque	270
	Pozo Propio	30

Del agua de abastecimiento SAO trata 90 m3/d. para las calderas por medio de intercambio ionico, desaereación y añadidos químicos inhibidores de espumas.

IOL no trata actualmente sus aguas para calderas, pero lo hará en un futuro próximo por medio de un intercambio de iones y desaereación.

Parte del agua la emplean como reposición a los circuitos de refrigeración - por pérdidas por evaporación y venteo. IOL repone 40 m³/día y SAO 120 m³/día. El enfriamiento del agua del proceso de extracción se realiza por Torres de refrigeración.

. Vertidos industriales

Aparte de las purgas de las calderas y la regeneración de las resinas de los intercambiadores que son despreciables, se vierten los siguientes :

- Aguas del proceso de extracción : Son aguas limpias, sin contaminantes, ya que no se le agregan ningún compuesto químico, ni entran en contacto directo con las semillas. A veces las aguas arrastran un poco del hexano (solvente) pero se evapora, dado que estos vertidos salen con una temperatura de 60 - 70° C.

IOL vierte aproximadamente 15 m³/día y SAO 40 m³/día, no estando estos últimos vertidos conectados a la red de residuales, vertiéndose directamente a terrenos libres.

Aguas del Proceso de Refino : Aguas residuales contaminadas por el arrastre de materias jabonosas (y un poco de aceites) formadas en la reacción de saponificación con Na OH para quitar el acidez del aceite bruto, para su comercialización. En ambas fábricas, estas aguas residuales pasan por un decantador de varias etapas antes de su vertido definitivo, donde se recogen por flotación y sedimentación, parte de la materia jabonosa (borras) que son vendidas a Cambagras, industria fabricante de jabones.

Los vertidos estimados en este proceso son de 50 m³/día en SAO y 15 m³/día en IOL. Los vertidos de SAO no están conectados a la red general de residuales del Parque pero en un futuro inmediato lo harán.

. Muestreo y análisis

Los dos puntos de muestreo se localizaron a la salida de los procesos de extracción y refino.

Del área de extracción solo se midieron en temperatura y pH dado que eran aguas limpias.

Del área de refino se tomaron muestras simples, dado que las características de los efluentes son constantes, variando solo con los rendimientos de las máquinas de refino (centrífugas) y las condiciones de los decantadores existentes antes del vertido definitivo.

Las características de los residuos de la fase de refino según los días de muestreo fueron las siguientes :

	IOL	IOL	SAO
	27-10-83	31-10-83	19-10-83
pH	6.3	9.6	11
Turbiedad (Unidades Jackson)	4.000	2.500	1.500
Temperatura °C	34	40	30
Color Aparente	Blanco	Blanco	Blanco
D Q O (mg/l.)	7.225	3.299	5.063
D B O ₅ (mg/l.)	5.920	2.870	4.202
Sólidos totales (mg/l)	-	2.059	-
Sólidos disueltos (mg/l)	-	1.440	-
Sólidos en suspensión (mg/l)	-	619	-
Fijos (mg/l.)	-	2	-
Volátiles (mg/l)	-	617	-

Como se desprende de estos resultados, la DBO₅ es variable en un amplio rango. Esto es debido, por una parte al funcionamiento inadecuado de los decantadores que una vez cargados de sólidos tardan tiempo en limpiarse y por otra parte al funcionamiento de las máquinas de refino, pues depende éste de funcionamiento de las centrífugas. La variación del pH es debido a la dosificación en exceso o defecto del Na OH para la eliminación del ácido de los aceites. Las aguas están cargadas fuertemente de materia orgánica que es muy biodegradable. Así mismo la turbidez es muy alta.

Como se vió los caudales de vertido no son elevados.

Se realizaron ensayos de decantación en el Cono Imhoff y no se apreció materia sedimentable significativa. Sin embargo se observó materia flotante - de grasas vegetales (Borras)

Realizados ensayos de precipitación con lechada de cal compuesta con 20 gr. de Ca(OH)_2 por litro de agua con dosificaciones de 25, 30, 40, 45 y 50 ml/l. las dosificaciones óptimas y las características de las aguas decantadas - fueron :

	IOL	IOL	IOL
	27-10-83	31-10-83	19-10-83
Dosificación óptima (ml/l)	35	35	40
pH	11.5	10.4	11.7
Turbiedad (Unid. Jackson)	900	2.00	1100
Precipitado	120	50	0
DQO (mg/l)	1.728	1.417	-
DBO (mg/l)	-	1.200	-
Sólidos totales (mg/l)	-	1.148	-
Sólidos disueltos (mg/l)	-	718	-
Sólidos suspendidos (mg/l)	-	430	-

Las dosificaciones expresadas fueron las óptimas dado que aumentando los - parámetros no disminuían significativamente.

Con estas dosificaciones se disminuye bastante la DBO_5 y mejora en gran - parte la turbidez y los sólidos. Tiene el inconveniente del alto pH al que queda el decantado y la cantidad de precipitado, aunque esto último dado - los pequeños volúmenes de vertidos diarios no sería un problema. Por otra parte, caso de realizarse este pretratamiento, hay muchas tierras en el - área de Santa Cruz con carácter ácido que pueden admitir los fangos alcali nos que se formarían.

. Acciones a tomar

Es indudable la alta carga orgánica de estas aguas sin embargo no parece - necesario actualmente realizar el pretratamiento con cal y sólo habría que considerarlo en el caso de que la planta de tratamiento con sus posibles - ampliaciones futuras llegara a saturarse.

Pero sí es necesario realizar la máxima separación de sólidos (jabones, aceites, etc.) por sedimentación y flotación rediseñando unos nuevos decantadores que tengan la capacidad suficiente para la eliminación óptima de estos elementos, limpiándolos continuamente.

Actualmente son evidentes las obstrucciones que producen por acumulación de borras, aceites, etc. en los colectores de la fábrica que recogen estas aguas y las llevan a los colectores generales del Parque Industrial, creando en estos el mismo problema.

Por otra parte los residuos que sacan de los decantadores son almacenados en terrenos de la fábrica y quemados intermitentemente creando humos y malos olores. Estos residuos junto con otros del Parque Industrial deberían llevarse a un vertedero controlado que se construyera al efecto.

Por último hay que señalar que existen otros vertidos, que se realizan sólo al final de la campaña de fabricación anual y que provienen de la limpieza de los tanques de almacenamiento, produciendo durante unos 15 días vertidos concentradísimos en materia orgánica y son aceites fermentados en agua. Durante esos días que este año han coincidido entre el 4 y el 18 de noviembre, la DBO_5 y la DQO de las aguas residuales conjuntas del Parque aumentan muchísimo como se puede ver en los análisis indicados en el capítulo IV. Estos vertidos habría que controlarlos, al menos vertiéndolos en un período más amplio para evitar estas fuertes cargas puntuales, aunque lo ideal sería que pasaran antes del vertido por una separación por flotación y decantación, dadas las características de los residuos.

Industria laminadora de madera

Consta de las siguientes fábricas, todas ellas contaminantes

SUTO LTDA.

CIMAL

TONAN BOLIVIANA

• Productos fabricados

Aunque aparte de la laminación de la madera, algunas de estas industrias -

fabrican muebles o paneles de conglomerados, solo se producen aguas residuales contaminadas en el proceso de ablandamiento de las troncas de madera para su laminación, laminas que se emplean para el chapado de muebles, etc.

. Períodos de trabajo

Las tres industrias trabajan todo el año. En Suto trabajan 88 personas al día en un turno, 5 días a la semana. En Tonan trabajan 96 personas al día en un turno, 7 días a la semana. En Cimal trabajan 7 días a la semana, en tres turnos por día, con 400 trabajadores al día durante 8 meses y 200 trabajadores al día durante los cuatro meses restantes.

. Vertidos sanitarios

Excepto Cimal, que vierte sus aguas sanitarias a pozos ciegos, Suto y Tonan vierten sus aguas a la red general del Parque. Cimal no tiene intención de conectar estas aguas residuales a la red del Parque, alegando la lejanía de la misma a sus puntos de vertido.

. Producción media

Es muy variable, dependiendo de la demanda, no pudiendo darse una cifra media de la misma.

. Consumo de agua medio

	Procedencia	Consumo (m ³ /día)
	Red del Parque	Consumo humano sólo
S U T O	Pozos propios (2)	195
	Red del Parque	85
C I M A L	Pozo propio	20
	Almacenamiento lluvia	Para riego, etc.
T O N A N	Red del Parque	10

Tanto Suto como Cimal tratan parte del agua de abastecimiento para su -
ablandamiento para las calderas por medio de intercambiadores iónicos, cu-
yas resinas se regeneran con sal. Además se añaden polifosfatos, desaereadores, etc.

. Vertidos Industriales

A parte de las purgas de las calderas y la regeneración de las resinas de-
los intercambiadores, las únicas aguas residuales industriales, se produ-
cen en la cocción de las troncas de madera con agua caliente o agua caliente
y vapor para su ablandamiento y así poder laminarlas fácilmente. Dependiendo
del tipo de madera de cocción se efectúa entre 50-65°C. (Roble, Caoba,
Bibosí, Cedro) o a 100-110°C. como el Morado. El tiempo de cocción varía
de 1 a 7 días dependiendo de las maderas, reutilizándose muchas veces-
el agua de la cocción de unas maderas para cocer otras. La cocción se realiza
en tanques que varían de tamaño y número según las fábricas.

Cuando se ha terminado la cocción, se descargan las aguas residuales a los
colectores generales del Parque. Estas aguas tienen como características-
inmediatas su alta temperatura y su fuerte coloración negramarrón oscuro,
debido a los taninos, resinas, lignina, polisacaridos, fibrillas de celulosa
de restos de corteza, etc. que contienen estas aguas.

Cimal tiene 12 tanques o piscinas de cocción que pueden producir 20 m³ por
tanque de aguas residuales, aunque utilizan continuamente sólo 6 tanques.

Suto tiene 10 tanques de cocción que pueden producir 4,5 m³ de residuos -
cada uno.

Tonan tiene 5 tanques de cocción que pueden producir 3 m³ de residuos cada
uno.

En todas estas fábricas no suelen haber coincidencia de vertidos de varios
tanques dentro de cada una, dado que los tanques se vacían para laminar las
troncas ablandadas y las máquinas laminadoras son limitadas.

. Muestreo y análisis

Los análisis realizados a estos residuos se centraron en los vertidos más-contaminantes, que son las de cocción del Morado a 110°C. de donde se tomaron muestras simples y tuvieron las siguientes características:

	TONAN	SUTO	CIMAL
	12-10-83	21-10-83	31-10-83
Temperatura °C. (Vertido)	100	100	100
pH	5,6	6,9	8,0
Color aparente	Negro	Negro	Negro
Turbiedad (Unid. Jackson)	220	550	1.000
Materia Sedimentable (mg/l)	14	6	3
DBO ₅ (mg/l)	-	551	551
DQO (mg/l)	-	1.392	2.356
Sólidos totales (mg/l)	-	-	2.349
Sólidos disueltos (mg/l)	-	-	2.038
Sólidos suspendidos (mg/l)	-	-	311
Fijos (mg/l)	-	-	28
Volátiles (mg/l)	-	-	238

Las altas temperatura y el color son las principales características de estos residuos. La diferencia en la DQO de las muestras depende de los días de cocción y el arrastre de fibras de celulosa de los restos de corteza de las troncas. Estos materiales dan DQO. pues son oxidados químicamente con el Dicromato potásico en los ensayos. Sin embargo no dan DBO, por lo que no aumenta esta.

Estas aguas dan una coloración al conjunto de las residuales del Parque al mezclarse con ellas.

La sedimentación natural no mejora apreciablemente sus características.

Los ensayos de precipitación con cal (lechada de 20 gr de Ca (OH)₂ por litro de agua) con dosificaciones de 10, 15, 20, 25, 30 y 35 ml/l dieron los siguientes resultados óptimos :

	TONAN	SUTO	CIMAL
	12-10-83	21-10-83	31-10-83
Dosificación óptima (ml/l)	15	30	25
pH decantado	11	11.3	11.2
Color aparente	Marrón	Marrón	Marrón
Turbiedad (Unid. Jackson)	0	102	130
DBC ₅ (mg/l)	-	-	551
DQO (mg/l.)	-	835	1.471

Es decir que dependiendo de la cargada que estén las aguas por la cocción con una dosificación de 30 ml/l equivalentes a 0,6 Kg de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ por m^3 de agua residual se consigue una considerable disminución de la turbidez y DQO pero aumenta el pH y se mantiene la DBO_5

• Acciones a tomar

La precipitación con cal mejora la turbiedad, el color aparente, los sólidos y la DQO, pero no así la DBO_5

Por tanto este pretratamiento sólo se realizaría en caso de sobresaturación de la planta de tratamiento, con el fin de mejorar su efectividad al disminuir el color y la turbiedad que aportan estas aguas.

En cambio, uno de los principales problemas de estos residuos es que sus vertidos se realizan por descargas puntuales creando sobrecargas momentáneas en algunas de las características del conjunto de las aguas residuales. Sería pues conveniente que los residuos descargados pasaran primeramente por un tanque de control de caudal, desde el que se verterían las aguas durante las 24 horas del día con un caudal constante. Por otro lado este tanque serviría para bajar la temperatura de las aguas y decantar la materia sedimentable naturalmente, con lo que los vertidos mejorarían.

Otro de los problemas de estas aguas es el contenido de tanino que pueden combinarse con el hierro vertido por las purgas de las calderas que hay en las diferentes fábricas del Parque, formando fierro-tánatos base de las tintas azulnegras.

Industria Química

Consta de las siguientes fábricas :

Plasco
Industrias Químicas Bristol Ltda.
Química Industrial Santa Cruz
Líquid Carbonic de Bolivia
Carbogas
Cambagras

Aparte de los vertidos sanitarios, las tres primeras industrias no tienen ver tidos industriales significativos, pues los productos fabricados, se obtienen por mezcla de materias primas con dosificaciones determinadas y no producen - vertidos. Los únicos vertidos se producen por regeneración con Cl H y NaOH - de las resinas de los intercambiadores de iones para ablandamiento del agua - de abastecimiento, del lavado de suelos y equipos que arrastrarán cantidades - mínimas de materias primas químicas de composición de los productos y óxidos - de hierro de las purgas de las calderas. El resto son aguas de refrigeración de equipos.

- Líquid Carbonic y Carbogas

Productos fabricados

Fabrican O_2 y además Líquid Carbonic CO_2 y N_2 y aire líquido en muy pequeñas cantidades.

. Períodos de trabajo

Trabajan todo el año, 6 días a la semana

Líquid Carbonic cuenta con 12 personas repartidas en 3 turnos de trabajo y Carbogas 5 personas en 1 sólo turno.

. Consumo de agua medio

El consumo de agua medio mensual entre las dos industrias se cifra en 320 m³. El agua de abastecimiento procede de la red del Parque.

Ablandan parte del agua abastecida ^{por} intercambio iónico por resinas, regene-

rándolas 2 veces por semana con un vertido de aproximadamente 5 m³/semana - entre ambas.

. Vertidos

Del proceso de fabricación de CO₂ los vertidos son aguas limpias con algo de aceite, procedentes de pérdidas de los mismos en los compresores.

Del proceso de fabricación de CO₂, sólo se vierten alrededor de 300 l. por semana de permanganato potásico gastado.

. Acciones a tomar

Los vertidos son muy bajos y no afectan al conjunto de las aguas.

- Cambagras

. Productos fabricados

Fabrican jabones, sebos, talcos, velas de parafina, insecticidas y detergentes.

. Períodos de trabajo

Trabajan todo el año, 7 días a la semana, en un turno de trabajo con 30 trabajadores al día excepto sábados y domingos que trabajan solo 4 personas.

. Consumo de agua medio

Se abastecen de pozo propio y nunca han aforado la cantidad de agua gastadada.

Parte del agua de abastecimiento se ablanda por medio de intercambiador iónico para la caldera, regenerando las mismas con sal, vertiendo 1000 l. por semana de salmuera. En la caldera se añaden productos químicos para desgasificar además de polifosfatos y antiespumantes. Aparte de las purgas de la caldera se limpia la misma cada 6 meses, vertiendo su contenido al colector de residuales del Parque.

. Vertidos industriales

Aparte de los vertidos de la regeneración de resinas y de las purgas de las calderas, los procesos que producen vertidos contaminantes son los de fabricación de jabones, dado que los de sebos no producen vertidos líquidos, la fabricación de velas sólo agua de refrigeración y los talcos e insecticidas y detergentes, se fabrican por mezclado de productos primarios no generando por tanto residuo alguno.

Los jabones se obtienen de dos procesos, que son prácticamente idénticos, excepto que la materia prima en uno son grasas vegetales (Borras) y en el otro son grasas animales (Sebos)

Las grasas una vez fundidas en los tanques de fundición, pasan a otros tanques donde se les añade sosa caustica (Na OH) en solución para efectuar la reacción de Saponificación. Posteriormente en los mismos tanques se añade sal (Cl Na) en salmuera para "cortar" el jabón. La saponificación se realiza a 120°C. Una vez formado el jabón, se extrae de los tanques y se le añade silicato sódico (disuelto en autoclave a presión) con el fin de ablandar el jabón.

Los tanques del proceso de saponificación de grasas vegetales (borras) se vacian a razón de uno diario, con un volumen de vertido de 40 m³.

Los tanques del proceso de saponificación de grasas animales (sebos) se vacian a razón de uno cada dos días, con un volumen de vertido de 40 m³.

. Muestreo y análisis

Las muestras simples se tomaron a la salida de los tanques de saponificación (una para grasas vegetales y otra para grasas animales), en diferentes días componiéndose una muestra media del vertido semanal, consistente en 1 volumen del procesado de sebos y 2 volúmenes del procesado de borras.

Los resultados de los análisis de las muestras simples y compuestas realizados con diluciones muy altas (1:100) para evitar las interferencias de los cloruros en la DQO y por las altas concentraciones de los mismos para determinar DBO_5 , cloruros, alcalinidad, etc. fueron los siguientes:

	Muestra Simple		Muestra Simple		Muestra compuesta.	
	Día 9-11-83		Día 16-11-83		Día 16-11-83	
	Borras	Sebos	Borras	Sebos	Borras +	Sebo
Temperatura °C	100	100	100	100	=	
pH	12.4	12.3	13	12.6	-	
Color aparente	Marrón	Amarillo	Marrón	Amarillo	-	
Olor	Desagradable		Desagradable		Desagradable	
Turbiedad (unid. Jackson)	168	60	430	50	-	
Alcalinidad como CO_3Ca (mg/l)	45.000	41.000	59.000	46.000	-	
Alcalinidad a la fenoftaleina (mg/l)	40.000	59.000	44.000	29.000	-	
Cloruros (mg/l)	14.550	11.850	15.550	31.850	-	
DQO (mg/l)	17.400	31.549	-	-	41.808	
DBO_5 (mg/l)	-	-	-	-	28.350	
Sólidos totales (mg/l)	-	-	-	-	241.994	
Sólidos disueltos	-	-	-	-	231.803	
Sólidos suspendidos (mg/l)	-	-	-	-	10.191	
Fijos (mg/l)	-	-	-	-	2.209	
Volátiles (mg/l)	-	-	-	-	7.982	

Sólo se han expresado de las muestra compuesta la DBO_5 , la DQO y los sólidos dado que los otros datos son sumas proporcionales a los volúmenes mezclados de las muestras simples del día 16, no obteniéndose en cambio para los muestras simples de este día la DBO_5 , la DQO y los sólidos.

Como se puede apreciar estos residuos son altamente tóxicos debido a la causticidad de los mismos por el gran contenido de sosa cáustica de Na OH (Alcalinidad a la fenoftaleina). Además de los altos pH y temperaturas de vertido, tienen una DBO_5 , una DQO y sólidos elevadísimos -

debido a la concentración de los mismos en materia orgánica (jabones y grasas). Así mismo la concentración de cloruros es muy grande y el color hasta en diluciones elevadas (1:50) es muy significativo.

En definitiva estos residuos son muy contaminantes y muy fuertes, variando sus características según la dosificación de los compuestos empleados y de la efectividad del proceso. Realizadas pruebas de sedimentación en el Cono Imhoff no se apreció decantación en 1 hora para los residuos normales.

Los ensayos de precipitación con cal no dieron buenos resultados y para la neutralización de estos vertidos se necesitaron grandes cantidades de ácido sulfúrico despidiendo además malos olores.

. Acciones a tomar

Es evidente la elevada contaminación que arrastran estos vertidos, teniendo muy mal pretratamiento antes de su vertido al colector de residuales.

Sin embargo gran parte de la contaminación se debe a la cantidad de sosa caustica que tienen los mismos, lo que se podría evitar o bien recirculando estas lejías para introducirlas de nuevo en el proceso de saponificación o bien ajustando la dosificación óptima en la realización de este proceso. Lo mismo sucede con la solución de sal que se añade al proceso.

Por otra parte, se ha comprobado que el proceso de saponificación continúa en los residuos vertidos y además cuando se abren los tanques para el vertido del líquido residual arrastran con ellos gran cantidad de jabones y grasas sobre todo al final de los mismos.

Dado que estos vertidos se realizaban por vaciado de tanques durante un tiempo limitado, crean grandes problemas en el conjunto de los vertidos, elevando su pH grandemente

Sería necesario por tanto que los efluentes de descarga de los tanques, aparte de haberse realizado la dosificación de sosa caustica y sal óptimas para el proceso o la recirculación de los mismos al proceso de saponificación pasen por un tanque antes de su vertido, de manera que se descarguen desde éste, de una manera continua con caudales bajos durante las 24 horas del día. En este tanque además se podrán enfriar los residuos y separar los jabones y grasas, etc. que arrastran y los nuevos jabones que se forman por la continuación en los mismos de la saponificación. De esta manera se reduciría enormemente la contaminación y además los efluentes residuales se verterían repartidos a lo largo del día, evitando el choque que producen actualmente estos vertidos puntuales. Del proceso de borras se producen glicerinas que también se podrían separar en el tanque de ecualización-separación. Finalmente los vertidos esporádicos producidos por el lavado del área de descarga de la materia prima (desechos animales) que contienen grasas, sangre, etc. también deberían pasar por el tanque de regulación mencionado.

Industria del papel

Consta de las siguientes industrias :

Empresa Cruceña de Papel (KUPEL)

Manufacturera de Papel Ltda. (MADEPA)

De estas dos industrias, sólo Kupel produce vertidos contaminantes significativos ya que Madepa realiza sólo cortado de papel ya fabricado y fabricando, cuadernos, sobres, etc. Trabajan sólo 5 días a la semana y 5 personas por día, teniendo como efluentes a parte de los sanitarios, los procedentes de lavados de suelos, limpieza de rodillos de impresión de cuadernos etc. que arrastra algunas tintas que son a base de lanolina y grasa Off-set y un poco de gasolina y jabón que emplean en la limpieza de los mismos.

- Empresa Cruceña de Papel (Kupel)

. Productos fabricados

fabrican papel higiénico de tres colores diferentes (rojo, verde y amarillo) a partir del reciclado de papel de desecho. También fabrican, con una producción mínima papeles planos.

. Períodos de trabajo

Trabajan durante todo el año, excepto 15 días en noviembre o diciembre - y 15 días en Mayo-junio, en los que se realiza la limpieza y mantenimiento de la maquinaria.

El número de trabajadores es de 69 repartidos en tres turnos durante 6 días por semana.

Este año el período de limpieza y mantenimiento se realizó del 1 al 15 de noviembre por lo que los caudales totales residuales del Parque Industrial se ven grandemente disminuidos según se verá en el Capítulo IV.

. Vertidos sanitarios

Vierten directamente a la red de residuales del Parque

. Producción

La producción media diaria es de 6 t. de papel higiénico con una producción de 14 t/día, durante 10 días al año.

. Consumo de agua medio

Pozo propio	360 m ³ /día en continuo
Red del Parque	15 m ³ /día a plena capacidad cuando trabaja normalmente

Este caudal es de aportación al circuito de recirculación de las aguas. Cuando trabaja a baja velocidad consume de 200 a 250 m³/día, ya que no recircula el agua. Esto ocurrió por ejemplo los primeros días de octubre, en los que los caudales totales residuales del Parque aumentaron -

mucho, como se señala en el Capítulo IV.

A ^{una} parte del agua de abastecimiento, se le añaden productos antiincrustantes y anticorrosivos (glenzol polimero), para la caldera. Proximamente se realizará un ablandamiento del agua para calderas por medio de electrodiálisis.

. Vertidos industriales

A parte de las purgas de las calderas, los vertidos residuales provienen en su mayor parte de los filtros extractores de agua en los rodillos de formación de las bandas de papel, antes de su entrada a un secador del mismo.

Estos vertidos coloreados, contienen fibras de papel y colorantes aminados orgánicos disueltos. Cuando trabaja a baja velocidad aumenta mucho la cantidad de fibras de celulosa contenida en los vertidos. El caudal normal residual es de 260 m³/día y cuando trabaja a baja velocidad es de 430 m³/día.

De la primera parte del proceso, que es la trituración del papel de reciclado, en el que se le añade cloro y más tarde los colorantes, no hay vertidos contínuos, debido a que las aguas se recirculan y muy ocasionalmente se vierten.

Otros vertidos significativos, por su contenido más que por sus volúmenes, son los debidos a la limpieza de máquinas que se realiza dos o tres veces por día durante 15 minutos, empleándose cada vez, 20 l. de queroseno, 5 l. de xileno, 1 Kg. de Na OH y 300 gr. de detergente. Aparte de la contaminación que produce el queroseno, el xileno es un producto tóxico.

Suponiendo que la fábrica trabaje normalmente y que el xileno se diluye en el caudal residual, la concentración del mismo en el efluente total con un vertido de 15 l/día de xileno sería :

Densidad del xileno	0,88 g/cm ³ = 800 g/l
Caudal residual normal	260 m ³ /día
Caudal de xileno	15 l/día

$$\text{Concentración de xileno al día} = \frac{15 \text{ l/día} \times 880.000 \text{ mg/l}}{260.000 \text{ l/día mg/l}} = 51 \text{ mg/l}$$

Esta concentración no es tóxica ya o peligrosa, ya que la medida de protección se puede tomar con un rango de dilución de 75 ppm. Además habrá que contar con la nueva dilución que se produce con el resto de las aguas del Parque Industrial.

Los efectos biológicos del xileno son los siguientes :

Algas : *Chorella vulgaris*. 55 mg/l y después de un día de incubación se observa reducción celular del 50%.

Artrópodos : *Daphnia magna*, Tolerancia límite media (24 horas) 100 - 1000 mg/l.

Peces : *Carassius auratus*, concentración letal que determina la muerte del 50% de los mismos LD₅₀ (24 horas) es de 13 mg/l.

Mamíferos : Rata, 4 y 4,8 mg/Kg. diarios durante 5 meses y medio, varia ción ocasional en hemoglobina, eritrocitos y leucocitos, 48 mg/kg. durante 5 meses y medio, linfonemias.

Hombres : Severos efectos tóxicos, 1.000 ppm.

. Muestreo y análisis

La muestra simple se tomó el día 16-11-83 de la arqueta de salida de las aguas del proceso de absorción del agua del papel fabricado antes de su secado, que en definitiva son los efluentes vertidos continuamente. La fábrica trabajaba en la toma de muestras normalmente, debiendo de tenerse en cuenta que cuando trabaja a baja velocidad las concentraciones de algunas de las características de las aguas como la DQO aumentarían debido al vertido mayor de fibras de celulosa. Los análisis dieron los siguientes resultados :

Temperatura °C.	31
pH	7,9
Turbiedad (Unidades Jackson)	285
Cloruros (mg/l.)	55
Alcalinidad total, como CO ₃ Ca (mg/l.)	180
Alcalinidad a la fenoftaleina (mg/l.)	0
Materia Sedimentable (ml/l.)	40
DQO (mg/l.)	326
DBO ₅ (mg/l)	86
Sólidos Totales (mg/l.)	565
Sólidos Disueltos (mg/l)	282
Sólidos suspendidos (mg/l)	283
Fijos (mg/l)	37
Volátiles (mg/l.)	246

Como se puede observar la DBO₅ es muy baja debido a que la mayor parte - del contenido de los efluentes son fibras de celulosa, que son las que dan la DQO. Los efluentes decantan naturalmente muy bien y rápidamente.

Los resultados del análisis del agua decantada 1 hora en el Cono Imhoff fueron :

Turbiedad (Unidades Jackson)	90
DQO (mg/l)	141
Sólidos totales (mg/l)	278
Sólidos suspendidos (mg/l)	61
Fijos	7
Volátiles	54

Como se ve, disminuyen favorablemente los parámetros con una decantación natural.

. Acciones a tomar

Aunque estos efluentes no son muy contaminantes, debido a la no degradación biológica de la celulosa es conveniente decantarlos en un tanque de

sedimentación dado que decantan muy bien y además se pueden recuperar las fibras de celulosa. Por otra parte cuando trabaja a baja velocidad, el contenido en fibras de celulosa aumenta mucho. Es conveniente recuperar - las para evitar una carga de materia no biodegradable en el sistema de tratamiento biológico.

Sería además conveniente no utilizar el xileno para limpieza de la maqui - naria o llegado el caso segregar estos residuos llevándolos a un tanque - general de recogida de vertidos tóxicos.

Por último hay que señalar que parte de los vertidos de la fábrica no - vierten al colector general de residuales del Parque Industrial por fal - ta de capacidad del colector parcial de esa área que conecta con el gene - ral, por lo que se ha conectado los vertidos al colector de pluviales - también, cosa que debe modificarse de inmediato.

Industria Textil

Consta de las siguientes industrias

Fancotex

Textiles Gloria

Inaltex

Textiles Industriales de Santa Cruz

Hilanderías Santa Cruz

De estas 5 industrias, actualmente sólo Textiles Industriales tiene vertido significantes, ya que Fancotex sólo realiza confección de ropa ; Textiles Gloria realiza tintados de fibras en muy pequeñas cantidades con vertidos - insignificantes que vierten en un pozo que tienen en la fábrica; Inaltex vierte 2 m³/día de agua con sosa cáustica, del blanqueo y quitado de grasas de las fibras e Hilanderías Santa Cruz no realiza nada más que hilaturas, siendo los vertidos de la fábrica sólo sanitarios de las 360 personas que - trabajan repartidas en tres turnos 6 días por semana durante todo el año, más de los comedores, duchas, etc.

Además Textiles Gloria e Inaltex realizan ablandamiento de las aguas, para las calderas y vierten residuos procedentes de la regeneración de resinas y de las purgas de las calderas.

- Textiles Industriales Santa Cruz

. Características generales

Trabajan 60 personas por día, 5 días por semana durante todo el año.

Producción de 1000 Kg/mes de hilo tintado

Consumo de agua de 150 m³/mes de pozo propio y 75 m³/mes de la red del Parque.

Realizan ablandamiento de aguas por intercambio iónico con resinas.

. Vertidos, muestreo y análisis

Los vertidos industriales son los provenientes de los tanques de tintado con colorantes orgánicos y ácido fórmico, lugar donde se tomó una muestra simple, dadas las características similares de los diferentes tintados. El caudal vertido se puede calcular en unos 7 m³/día.

Las aguas de lluvia se recogen en el colector de residuales. Los análisis de los vertidos industriales dieron las siguientes características :

Color aparente	Variable según color de tintado
Temperatura °C.	100 °C.
pH	4
Turbiedad (Unidades Jackson)	85
DQO (mg/l.)	500

En el Cono Imhoff no decantaron nada en 1 hora

. Acciones a tomar

Los vertidos son muy ácidos y aunque es pequeño el volumen del mismo y se neutralizarían con las aguas residuales generalmente alcalinas del resto de las fábricas del Parque, interesaría que pasaran a un tanque de retención para su enfriamiento y posterior vertido uniforme a lo largo del día, en lugar de las descargas momentáneas actuales.

Industria metal-mecánica

Consta de las siguientes industrias

Funtain

Madesa

Industrias electrometal

Corimexo

Dada la pequeña magnitud de las industrias, exponemos de una manera general sus características principales :

Funtain realiza fundiciones de metal en pequeños hornos eléctricos y taladro de algunas piezas. No realiza vertidos, excepto los sanitarios (5 personas /día) y los de limpieza de la fábrica.

Madesa mecaniza palas de diferentes formas y los únicos vertidos que realiza son los sanitarios (21 personas/día) y los de ablandamiento por cocción de los mangos de madera de las palas para darles forma en la agarradera. El volumen producido de este último es muy pequeño y tiene las mismas características que las fábricas laminadoras de madera.

Industrias electrometal y Corimexo realizan recubrimientos de piezas metálicas con cobre níquel, cobre y cinc, pero los vertidos de los baños electro-líticos no se vierten sino que se utilizan continuamente reponiendo en las cubas el agua y los materiales necesarios. De vez en cuando los sedimentos se extraen y se llevan a un vertedero de basuras. Esto debe evitarse de cualquier manera, dado que las basuras crean contaminación tóxica cuando llueve por lixiviado de las mismas. Estos residuos aunque no son grandes

son muy tóxicos y concentrados y pueden además llegar a infiltrarse a estratos subterráneos vulnerando acuíferos. Los residuos deben llevarse - por tanto a un tanque general de residuos tóxicos del Parque Industrial.

Otros vertidos, aunque muy diluidos de estas fábricas son los procedentes del lavado de las piezas tratadas en los baños electrolíticos. Sin embargo son vertidos mínimos dado que las mismas aguas se utilizan para el lavado de todas las piezas excepto reponiéndose continuamente una cantidad de agua que produce un vertido por rebose de los tanques de lavado.

Industria cerámica y materiales de construcción

Consta de las siguientes industrias :

Cerámica Camba
Pelopincho
Emacons
Famocal
Mosamar
Marmolera Tuma Hnos.

De estas 5 industrias, Marmolera Tuma Hnos. es la más representativa. Cerámica Camba no produce más vertidos que los sanitarios. En épocas de lluvia hay arrastres de arcillas de las áreas donde están almacenadas y vierten al alcantarillado de pluviales. Pelopincho, Emacons, Famocal y Mosamar fabrican mosaicos teniendo como vertidos, el agua con sólidos suspendidos procedentes del pulido de los mismos cuya superficie está compuesta de cemento blanco, ocres de diferentes colores, mármoles, etc. según el tipo de mosaico. Además los mosaicos se sumergen en agua para su fraguado total vertiéndose el agua una vez cumplida esta misión. Estos vertidos son prácticamente limpios pues los sólidos suspendidos que se contienen al principio se decantan y son extraídos manualmente y llevados a un vertedero existente dentro de las mismas fábricas.

- Marmolera Tuma Hnos.

. Características generales

Fabrican mosaico corriente, granítico y mármol manufacturado. Trabajan todo el año, 5 días y medio a la semana, 60 personas por día en un sólo turno de trabajo.

El consumo de agua lo desconocen debido a que parte del abastecimiento proviene de un pozo propio, que generalmente utilizan cuando hay poca presión en la red del Parque Industrial. El resto del agua de abastecimiento proviene de esta red.

. Vertidos

Además de los sanitarios, se vierten efluentes del proceso de fabricación de mosaicos, con las mismas características de las otras fábricas de este producto y del proceso de cortado y pulido de marmol que tienen características similares. Los vertidos salen por canal abierto hasta los colectores de residuales del Parque Industrial sedimentando en el trayecto parte de los sólidos que son extraídos periódicamente para evitar obstrucciones. Estos sedimentos se echan también al vertedero de la fábrica.

No se realizaron análisis dado que en los procesos no interviene nada más que el agua y puesto que el pulido se realiza con pulidoras de carburo y diamante. Las aguas contienen carbonato cálcico principalmente y el caudal total residual es de aproximadamente 1.200 m³/mes.

. Acciones a tomar

Los efluentes deben pasar por un decantador para el sedimentado de las partículas inorgánicas en suspensión, para evitar un aporte de materia no biodegradable a la planta de tratamiento y para evitar sedimentaciones en los colectores del Parque Industrial que pueden crear obstrucciones.

nes. El agua decantada puede ser recirculada para los procesos, con el ahorro evidente en consumo de la misma.

Los sedimentos no deben ser vertidos en vertederos de las propias industrias ya que no están controlados y cuando llueve las aguas arrastran gran cantidad de estos sólidos que van a parar a los canales abiertos de residuales y que además aunque hay conexiones al sistema de pluviales no hay colectores de recogidas de aguas de lluvia en el área de la industria por lo que las escorrentías fluyen en su mayor parte hacia esos canales de residuales.

Industrias enbotelladoras de bebidas

Consta de las siguientes industrias

- Mendocina
- Cotoca
- Empresa boliviana de bebidas y alimentos (EBBA)
- Refrescos Internacionales
- Productos Real Ltda.

Se inspeccionaron las tres primeras fábricas, dado que las dos últimas eran de mucha menor entidad. En todas estas fábricas los vertidos provienen de la regeneración de las resinas con sal, de los intercambiadores iónicos para ablandamiento del agua y del lavado y enjuague de las botellas para su posterior llenado con refrescos gaseosos. En el caso de EBBA además se embotellan jugos de frutas naturales pero tanto en el caso de las bebidas gaseosas como en el de jugos de frutas, el producto se obtiene por mezclado de las materias que los componen, no fabricándose estas (jarabes o pulpas de frutas) en estas fábricas.

Los vertidos sanitarios provienen de las 90, 30 y 35 personas que trabajan diariamente durante todo el año, en Mendocina, Cotoca y Ebba respectivamente.

El consumo de agua medio es de 1400, 500 y 2000 m³/mes variando mucho con las épocas del año, por la mayor o menor demanda de los productos.

Al haberse detectado en las últimas semanas en los exámenes bacteriológicos realizados, presencia de colis, las aguas se están clorando actualmente ya que el abastecimiento es de la red del Parque Industrial y no se cloran sus aguas.

La producción es muy variable, pues dado que las fábricas están generalmente sobredimensionadas para la demanda actual del mercado, hay días que no trabajan porque en días anteriores han trabajado a un rendimiento superior a lo que el mercado puede absorber. Una media para Ebba es de 128.000 litros por mes y para Cotoca 18.000 litros por día.

El enjuague de las botellas se realiza con sosa cáustica diluida al 3% con el agua a 55 - 70°C. Después se lavan con agua sólo.

Los vertidos contiene pues Na OH, materia orgánica y diferentes materias que se encuentran en el interior de las botellas, todo ellos muy diluido Sin embargo los vertidos son abundantes y ayudan a la dilución del conjunto de las aguas residuales del Parque Industrial.

Industrias restantes

El resto de las industrias instaladas en el Parque Industrial está formado por los siguientes tipos :

Carpinterías (42 fábricas de madera para construcción, muebles, etc.)
Plásticos (7 fábricas de láminas, bolsas, envases, etc. de polietileno, tuberías y losetas plásticas)

En las primeras solo se producen vertidos sanitarios, mientras que en las segundas aparte de los sanitarios hay vertidos de aguas de enfriamiento de las máquinas , no recicladas. Además están los vertidos producidos por el lavado de los suelos de estas fábricas.

En definitiva son prácticamente no contaminantes.

B. Contaminación Potencial

Dentro de la contaminación distinguiremos entre la que se creará como consecuencia de la implantación de nuevas industrias en un futuro más o menos largo y la que se creará de una manera más inmediata por ampliación de fábricas con los mismos procesos o con otros procesos para obtener nuevos productos.

El primer caso está contemplado en el capítulo II en la Tabla Nº 1.

En el segundo caso sólo dos fábricas del Parque Industrial van a ampliar sus procesos:

- Industria Oleaginosas que va a aumentar su producción al doble el año 1984- con lo que sus caudales residuales con las mismas características que las actuales, se doblarán
- Hilanderías Santa Cruz que a partir de 1984 parte de su producción, pasará por un proceso de blanqueado y parte de esta pasará por un proceso de teñido.

El blanqueado y el teñido se realizarán con pretratamiento o post-tratamiento.

Los tintes serán a base de colorantes directos (50%) y colorantes reactivos especiales (50%).

La capacidad de producción entre blanqueo y teñido será de 30 t/mes.

Los caudales previstos de vertido para esta capacidad es de 70 l/Kg., es decir 2.100 m³/mes.

Aunque no tienen decidido el proceso a seguir ni los compuestos químicos a emplear en el mismo, indicamos a continuación las aguas residuales posibles teniendo en cuenta que la materia prima es el algodón.

Operación	Productos Empleados	Características del efluente
Desaprestado	Enzimas Acidos Sulfúrico Alcohol polivinílico Carboximetilcelulosa Resinas acrílicas	DBO alta con productos em- pleados más almidón hidro- lizado o los restos del - apresto que se haya emplea- do.
Descrudado	Sosa Jabón y tensoactivos anió- nicos. Carbonato sódico Acido sulfúrico	Alta DBO, efluentes fuerte- mente alcalinos, carbona- to sódico, detergentes y jabones empleados.
Blanqueo	Hipoclorito sódico Clorito Sódico Peróxido de hidrógeno	DBO MODERADA: PH alcalino con hipoclorito sódico, - peróxido de hidrógeno.
Mecanizado	Sosa Humectantes (de base fenó- lico y ésteres sulfúri- cos de alcoholes alifáti- cos. Colorantes asoicos inso- lubles y directos Acido clorhídrico Nitrito sódico Hidróxido sódico Carbonato sódico Acido acético Cloruro sódico Sulfato de cobre Carbonato sódico Acido fórmico o acético Igualadores Jabones y tensioactivos Catrónicos Colorantes asoicos inso- lubles y directos Acido clorhídrico Nitrito sódico Hidróxido sódico Carbonato sódico Acido acético Cloruro sódico Humectantes Jabón y tensioactivos Colorantes sulfurosos Sulfuro sódico Carbonato sódico Cloruro sódico Detergentes amónicos	DBO baja, pH alcalino, pre- sencia de fenoles posi- ble si los humectantes -- utilizados son de base fe- nólica. Efluente coloreado con -- alteraciones del pH, pre- sentan DBO, detergentes. Efluentes coloreado con - alteraciones de pH, presen- tan DBO, jabones y deter- gentes. Efluente coloreado con al- teraciones de pH, presen- tan DBO, sulfuros y deter- gentes.

Operación	Productos Empleados	Características del - efluente
	<p>Colorantes antraquinónicos</p> <p>Hidróxido sódico Trisulfato sódico Sulfato sódico Nitrito sódico Acido sulfúrico Igualadores Humectantes Jabones y detergentes</p>	<p>Efluentes coloreados con DBO y detergentes.</p>
	<p>Colorantes reactivos</p> <p>Sulfato sódico Hidróxido sódico Carbonato sódico Bicarbonato sódico Fosfato sódico Fosfato ácido sódico Humectantes Jabón y tensoactivos amoniacos</p>	<p>Efluente coloreado con <u>al</u>teración del pH, DBO presente y detergentes</p>
<p>Tintura (poliacrilonitrilo, y poliéster - modificado)</p>	<p>Colorantes básicos Colorantes dispersos Alcohol Acido acético Acetato sódico Sulfato sódico</p>	<p>Efluentes coloreados con temperatura elevada. Alta DBO.</p>
	<p>Retardadores (aminas terciarias y compuestos de amonio cuaternario de cadena alifática o aromática) Dispersantes.</p>	
<p>Tintura (poliamida)</p>	<p>Colorantes ácidos Colorantes prematalizados Acido acético Igualadores amónicos y catiónicos.</p>	<p>Efluentes coloreados, alta DBO.</p>

C. Límites de concentraciones de vertidos industriales

Límites de vertidos a cauces receptores

En diferentes estudios generales realizados por empresas privadas sobre el Parque Industrial, se ha tratado el tema de los límites de los vertidos cauces receptores según la legislación vigente en diferentes países con el fin de tener una guía preliminar sobre los límites a ser impuestos. Por esto no entraremos de nuevo en detallar las legislaciones de otros países, máxime teniendo en cuenta que aunque actualmente no existe en Bolivia una ley específica de aguas, están estudiando desde hace tiempo la ley sobre contaminación de las aguas incluí da dentro del medio ambiente en general. El organismo encargado de este tema es el Comité Interinstitucional para el Medio Ambiente (CIMA) en el que están-integrados entre otros delegados de las Naciones Unidas.

Límites de vertidos de las fábricas del Parque Industrial

Dado que la planta de tratamiento de las aguas residuales conjuntas del Parque Industrial es biológica, deberán prohibirse los vertidos de todos los residuos-tóxicos y peligrosos que afecten al sistema biológico o que supere concentra-ciones letales para vegetales, animales y seres humanos, etc. que pueden no interferir grandemente en el proceso biológico pero que al no ser degradados en el mismo pasan a las aguas de los cauces receptores causando daños a veces - irreversibles. Todos estos residuos deberán ser almacenados aparte en tanques receptores creados para el caso y tratados aparte.

Aparte de los residuos tóxicos y peligrosos en general, es conveniente segregar los vertidos de industrias que producen efluentes inorgánicos dado que no se - pueden degradar biológicamente. Sin embargo, si estos efluentes han sido pretratados (neutralizados, etc.) y no son tóxicos ni peligrosos, pueden contribuir - a diluir las cargas de DBO de los efluentes orgánicos de las industrias del - Parque.

A continuación se da un compendio de la lista de substancia o materias tóxicas- o peligrosas utilizados por la O.T.A.V. La Agencia de Protección del Medio - Ambiente de EUA (EPA) y del Ministerio de Industria y Energía de España.

Aceite de Alquitrán	(1)(3)	Cobre clorotetraol	(2)
Acetato de Plomo (II)	(1)(3)	Cromato potásico (VI)	(1)(2)
Acetato de Cadmio	(2)	Cromato de Zinc (VI)	(1)
Acetoarsenito de cobre	(2)	Cromato de plomo (VI)	(1)(2)
Acetilo de plata	(2)	Cromato de amonio	(2)
Acetilo de cobre	(2)	Decaborano	(2)
Acido crómico	(1)	Diborano	(2)
Acido bencenosulfúrico	(1)	Dibromoetano	(1)(2)
Acido fluosilícico	(1)	Dicloroetano	(1)
Acido muriático	(1)	Dicloropropano	(1)
Acido Cítrico	(1)	Dieltrin	(2)
Acido Oxálico	(1)	Dicromato de potasio (VI)	(1)(2)
Acido Sulfúrico	(1)	Dicromato sódico deshidratado (VI)	(1)(2)
Acido hidroclicóric	(1)	Dicromato de amonio	(1)(2)
Acido clorhídric	(1)	Dinitrofenol	(1)(2)
Acido pícric	(2)	Dinitrocresoles	(2)
Acrilonitrilo	(1)	Di-isocianato de tolueno	(1)
Acroleina	(1)(2)	Difenilmetano-4-4-disocianato	(1)
Aleaciones de Cd	(2)	DDT	(2)
Aldrin	(2)	Epicloridina	(1)
Anhídrido ftálico	(1)	Endrin	(2)
Anhídrido acético	(1)	Estireno	(1)
Antimonio	(1)	Estearato de cadmio	(1)
Arsenato de calcio	(1)(2)(3)	Eter de diclorodi-isopropilo	(1)
Arsenato de Na, Hg, Pb, Ca	(2)(3)	Fenol	(1)(3)
Asbestos	(1)(3)	Formaldehido (37-50% solución)	(1)
Azidas de Pb	(2)	Formaldehido	(1)
Azidas de Ag	(2)	Fosfato cálcico	(2)
Benzeno	(1)	Fosfogeno	(1)(2)
Benzoquinona	(1)	Fluoruro de amonio	(1)(2)
Berilio	(1)	Fluoruro de hidrógeno	(1)(2)
Bifloruro de amonio	(1)	Fluoruro de berilio	(1)(2)(3)
Bifloruro sódico	(1)	Fluoruro de calcio	(1)(2)(3)
Bifloruro potásico	(1)	Fluoruro de potasio	(1)(2)(3)
Bromuro de metilo	(2)	Fluoruro de sodio	(1)(2)(3)
Cadmio	(1)(3)	Fulminato de oro	(2)
Carcinógenos	(2)	Hexaborano	(2)
Carbonato de cadmio	(1)	Hidróxido potásico	(1)
Carbonato de plomo	(1)	Hidróxido sódico	(1)
Carbolineum	(1)	Hidróxido de berilio	(1)
Cianuros de cadmio Na, K, Cu	(1)(2)(3)	Hidróxido cromo (III)	(1)
Cianuro de plomo, Ni, Zn	(2)(3)	Hidrazinas	(2)
Cloro	(1)(2)	Hidruro de antimonio	(1)
Cloronotrobenzeno	(1)	Hidruro de arsénico	(1)
Cloropreno	(1)	Insecticidas	(3)
Cloroetano	(1)	Lindane	(2)
Clorhidrina de etileno	(1)	Mercurio	(1)(2)(3)
Cloruro de cadmio	(1)(2)	Metilfenol	(1)
Cloruro de berilio	(1)	Monóxido de plomo	(1)
Cloruro de Plomo (II)	(1)	Monofluoracetato de sodio	(2)
Cloruro de mercurio (II)	(1)	Metil paration	(2)
Cloruro de propileno	(1)	Nitrato de cadmio	(1)(2)
Cloruro de hidrógeno	(1)	Nitrato de plata	(2)
Cloruro de metilo	(1)(2)	Nitrato de plomo (II)	(1)
Cloduro de alilo	(1)	Nitrato de mercurio (II)	(1)
Cloruro de plata	(2)	Nitrobenzeno	(1)(2)
Clordame	(2)	Nitrotolueno	(1)
Cresol	(1)	Nitrocelulosa	(2)(3)

Nitroanilina	(2)(3)
Nitroglicerina	(2)(3)
Oxido de Plomo (II)	(2)(3)
Oxido de cromo (V)	(1)
Oxido de plomo rojo (II,IV)	(1)
Oxido de cadmio	(1)(2)(3)
Oxido de berilio	(1)
Pentaclorofenol	(1)(2)
Pentafluoruro de antimonio	(2)
Pentafluoruro de cloro	(2)
Pentafluoruro de bromo	(2)
Pentaborano	(2)
Plomo	(1)(3)
Plomo tetraetilo	(1)(3)
Plomo tetrametilo	(1)(3)
PCB	(2)(3)
Selenio	(1)(2)
Sulfato de plomo(II)	(1)
Sulfato de mercurio(II)	(1)(2)(3)
Sulfato de cadmio	(1)
Sustancias fitosanitarias	(3)
Talio	(2)(3)
Terpentilos policlorados	(3)
Tetracloruro de carbono	(1)
Tetraborano	(2)
Tricloroetano	(1)
Trifluoruro de antimonio	(2)
Trifluoruro de cloro	(2)
Trióxido arsénico	(1)(2)
Trióxido de antimonio	(1)
Tricloro etilamina	(2)
Tolueno	(1)
Xileno	(1)

-
1. Productos tóxicos según la O.T.A.N.
 2. Productos tóxicos según la E.P.A.
 3. Productos tóxicos según el Ministerio de Industria y Energía de España

En el Capítulo II se dió las características generales de los efluentes residuales según tipos de industrias. En la Tabla Nº 6 se dan los posibles residuos tóxicos o peligrosos por industrias y/o sectores industriales.

De todos esos residuos que aparecen en los vertidos líquidos según los tipos de industrias descritos, deben considerarse en cada caso las medidas de protección en cuanto a la concentración o las concentraciones máximas admisibles

Naturalmente, la toxicidad y peligrosidad de todos estos residuos varían entre ellos debiendo estudiar en cada caso (como se estudió el xileno en Kupel) los rangos de dilución y concentración máxima admisible en los vertidos finales.

Como la cantidad de productos es muy amplia y actualmente no se producen más que algunos en el Parque Industrial no entramos en señalar los límites de concentraciones máximas admisibles que por otra parte pueden encontrar en numerosas bibliografías disponibles en español.

TABLA Nº 6

- Abonos: Nitrato amónico, Mn, Nitratos, Fosfatos, SO_4K_2 , sulfato amónico.
- Abrasivos: Oxido de aluminio, Silicio.
- Acero: Fluoruro cálcico, Fluoruros, Nitrato potásico.
- Aleaciones: Co, Be, Mn, Sb, Ba, Sr, Ru.
- Alimentación (general): Acido benzoico, plata, alcohol butílico, ácido cítrico, alcohol etílico gelatina, glicerol, ácido láctico, ioduro potásico, ácido propionico, ácido tánico.
- Alquitrán, breas: Acetona, Cresoles, Indol, Mercaptanos, naftalina, pentano, piridina, tiofeno, xilenoles, metanoetilol.
- Azúcares: Acido acético, sulfuro de amonio, sulfuro sódico, sulfito sódico.
- Barnices: Acido abiótico, alcoholes amílico, butílico y etílico, anilina, -- ácido butílico, disulfuro de carbono, furfural, Mn, - Carbonato de Litio, sulfato de manganeso, KOH.
- Baterías eléctricas: Mn, cloruro de manganeso.
- Blanqueo ropa: Acidos grasos, bifluoruro de Na, Bi, Perborato de Na, fosfato - de Na.
- Caucho y productos: Acetaldehido, Anilina, Antimonio, Dietanolamina, Dietilamina, Dimetilamina, etilamina, naftol, ácido oxálico Selenio.
- Cemento: Bario, glicerol.
- Cerámica: Molibdato amónico, antimonio, Ba, Cd, Fluoruro cálcico, cloruro de Co, óxido férrico, lantano, carbonato de Litio, Mn, - Mb, nitrato de Ni, ácido oxálico, Ruterio, Silice, - Titanio, Zirconio.
- Cosmética: Boro, cloruro de zinc, alcohol etílico.
- Cuero: Nitrato de aluminio, Cromo, tricloruro de antimonio, ácido oxálico, - acetato de butilo.
- Curtición: Nitrato de aluminio, sulfato doble de Al y K, carbonato amónico, - cloruro de bario, hidróxido cálcico, sulfato de Cu, - dimetilamina, sulfato de hierro, formaldehido, ácido gálico, SH_2 , ácido láctico, sulfato de Mg, metilamina, carbonato potásico, quinona, resorcinol, borato de Na, fosfato de Na, sulfuro de Na, sulfuro ácido - de Na, trinitrofenol.
- Decapado: Cromo, nitrato potásico, sulfato de hierro.
- Desinfectantes: Boro, cloramina, cloro, sulfato de cobre, cloruro de Aluminio, disulfuro de carbono, fluoruros, cloruros de manganeso, cianuros de Hg y Na, xilenoles, cloruro de Zinc,

- Detergentes: Dimetilamina, fósforo, fosfatos, ácido fosfóricos.
- Destilación: Acido acético, cresoles, fenol, resinas.
- Eléctrico: Nitrato de aluminio, Ce, Cu, Mg, Mn, Cloruro de Mn, Hg, Mb, Mo, -
Se, Ti, Sn.
- Electrónico: Nitrato de Ba, Be, Cs, Ge, Mg, Rb, Zr.
- Explosivos: Nitrato amónico, picrato amónico, nitrato cálcico, Cr, sulfato de Mg, nitrato de Pb, clorato potásico, resorcinol, trinitobenceno, trinitofenol.
- Farmacéutico: Acido cítrico, dietilamina, alcohol etílico, etilamina, formaldehído, anhídrido maleico, quinina, quinaldeína, ácido salicílico, tiofeno, tricloroetileno.
- Fermentación: Acido cítrico, alcohol etílico, fluoruro potásico, sacarosa.
- Fertilizantes: sulfato de Mg, sulfato de Mn, Mo, Nitratos, sulfato de potasio urea.
- Film celuloide: Ptalato etílico
- Fotografía: Molibdato de Al, persulfato de amonio, sulfato de amonio, Ag, B, acetato de butilo, Cd, cloruro de Cd, nitrato de Cu, ácido gálico, hidroquinona, cloruro de paladio, nitrato de Pb, ioduro potásico, tiocianato de potasio, quinona, acetato de Na, bromuro de Na, citrato de Na, Nitrato de Na, fosfato de Na, Uranio, Vanadio, ácido cloraúrico, ácido cloroplatinico.
- Fungicidas, Herbicidas, Pesticidas: Boro, SO_4 , Cu, Sn, Furfural, compuestos orgánicos de Hg, Arsénico sódico, S, lodo, clorato sódico, trióxido de Arsénico, Fenol, hidrocarburos halogenados, Estricnina, cresoles.
- Galvanización: Cd, cloruro de cobre, sulfato amónico de níquel, cloruros.
- Grabado, estampación, impresión: Nitrato de Pb, KOH, ferrocianuro K, arseniato de Na.
- Hornos de Cok: Cianuros, fenol.
- Industria de Conservas: Sulfato doble de aluminio y potasio, sulfato férrico, hidróxido cálcico.
- Insecticidas: Alcohol benzílico, nitrato cobre, diclorobenceno, Sn, furfural, fluoruros, silicofluoruro de Mg, arseniato de Pb, xantogenato de potasio, Se, arseniato de Na, S.
- Jabones: Acido abiático, nitrobenzeno, carbonato potásico, hidróxido potásico perborato de Na, alcohol cetílico.

Lacas: Acido abiático, acetato de anilo, acetato de butilo, disulfuro de - -
carbono.

Litografía: Bicromato de amonio, sulfato de Pb, KOH.

Metalugía: Ba, fluoruro de Ba, Be, Cd, Co, cloruro fémico, óxido férrico, clo-
ruo ferroso, sulfato ferroso, Li, Mg, Mo, W, V, Zr.

Minas: Sulfato de Cd, Ce, Cresoles, cloruro fémico, sulfato ferroso, cloruro
mercurio, Pb, bifluoruro de K, cianuros Na, otros metales pesados.

Pasta y Papel: Acido abiático, cloruro de Al, sulfato doble Al y K, sulfato
cálcico, cloruros, Cr, ácido ciclohexano carboxílico, SH₂, compuestos
orgánicos de Hg. metano-etiol, ácido oxálico, jabones, aluminato de -
Na, bisulfito sódico, fofato sódico, sulfuro sódico, sulfuro ácido de
sodio, sulfito de sodio, tiosulfato de sodio, ácido tánico, tintes, ti-
tania, cloruro de zinc, cercaptano.

Perfumería: Benzaldehido, alcohol benzico, alcohol etílico, indol, naftol, -
ácido propiónico, alcoholes octálico.

Petróleo: Cloruros, dietanolamina, dietilamina, etileno, etilamina, alquitra-
nes, furfural, heptano, cloruro de Mg, naftaleno, metano, ácido naf-
tálico, petróleo, fenol, plomo, tetraetilo, fosfatos de Na.

Pinturas: Acetona, Sb, Ba, sulfuro de Ba, KOH, alcohol butílico, sulfato de
Ca. Se. C, alcohol etílico, óxido férrico, Mn, cloruro de Pb, óxido
de Pb, sulfato de Pb.

Pirotecnia: Bicromato de amonio, tiocianato de amonio, nitrato de Bario, ni-
trato de Cobre, cloruro de Litio, nitrato de Mg, cloruro estroncio, -
nitrato de estroncio.

Plásticos: Acido abiático, acetaldehido, acetamida, acetato de butilo, for-
maldehido, furfural, gelatina, azufre, urea, Zirconio.

Químico: Acetaldehido, acetamina, nitrato amónico, tiocianato amónico, sulfa-
to de anilina, benzaldehido, ácido benzoico, Bromo, sulfato de cadmio
fluoruro cálcico, nitrato cálcico, disulfuro de carbono, cloruro fé-
rrico, sulfuro de hidrógeno, cloruro de mercurio, alcohol metílico, -
naftalina, nitrofenol, fenol, loduro potásico, xantanato de potasio, -
acetato de Na, Sodio, carbonato de Na, Sulfuros, tricloroetileno, --
trimetilamina, trinitrofenol, Uranio.

Refrigerantes: Cloruro de metilo, cloruro de Sr.

Resinas: Acetato de amilo, disulfuro de carbono, dietilamina, formaldehido, - anhidrido maleico, metil-etil-cetona, alcohol octálico, vesorcinol, tiofeno, tricloroetano, urea.

Residuos metálicos: Acido abiáticos.

Tensoactivos: Dietanolamina

Textil: Acido acético, sulfato doble de Al y amonio, carbonatos de aminio, - cloruros de amonio y hierro, tiocianato de amonio y K, sulfatos de anilina, hierro, Mg, Zn, trifluoruro de antimonio, benceno, ácido - benzoico, Sb, B, Ce, glicerol, SH₂, ácido láctico, naftaleno, alcohol octálico.

Tintas: Cloruro de Cu, nitrato de Co, Cloruro de Cu, sulfato térrico, glice- rol, ácido gálico, Mn, cloruro de Ni, ácido tánico. KOH.

Tintes: Acetaldehido, acridena, cloruro de Al, sulfato doble de Al y K, per- sulfato de amonio, acetato amónico, acetato de amilo, anilina, tri- cloruro de Sb, trifluoruro de Sb, acetato de Ba, cloruro de Ba, ben- ceno, Br, cloruros de Cd, Cu, Fe, Mz, Zn, nitrato de Cu, Pb, Na, Zn etc.

Vidrio: Sb, fluoruro cálcico, Ce. Cr. Co, óxido férrico. F, Li, Mo, bifluoru- ro de K, Se, Silice, nitrato sodio, trinitrofenol, V, Zr,

Vinos: Acido acético, ácido tartárico.

IV. TRATAMIENTO CONJUNTO DE LAS AGUAS RESIDUALES
DEL PARQUE INDUSTRIAL

A. Elección del Sistema de Tratamiento

Consideraciones Generales

La elección del proceso de tratamiento de las aguas residuales del Parque Industrial, viene impuesta por la existencia de unas lagunas de estabilización y oxidación construídas en 1978 para el tratamiento conjunto de las aguas residuales y a las que se hicieron pasar las aguas residuales a finales de 1982. Sin embargo, este sistema de tratamiento, es el más idóneo para el área de Santa Cruz por los siguientes aspectos :

- . Disponibilidad de grandes áreas de terreno para su instalación y ampliación.
- . Climatología ideal (temperatura, vientos, radiación solar, etc.)
- . Características de las aguas a tratar.
- . Tecnología de bajo costo, aspecto fundamental en la economía del Parque Industrial.
- . Fácil mantenimiento y costos mínimos del mismo con poca necesidad de personal.

Además la realización de la Planta de Tratamiento conjunto de las aguas residuales del Parque en lugar de realizarlas individualmente, aparte del ahorro de capital inmovilizado para las industrias, tiene entre otras las siguientes ventajas:

- . Efectos sinérgicos de los diferentes vertidos, como pueden ser la neutralización por dilución o de aguas ácidas de un vertido con las alcalinas de otros, aguas oxidantes y reductoras, etc.
- . Biodegradar ciertos compuestos en la mezcla total, que no serían eliminados en los vertidos individuales.
- . Efecto de dilución general
- . Posibilidad de contar con personal más cualificado

- . Menores costes de mantenimiento
- . Posibilidad de escoger el asentamiento de la Planta en un área mayor
- . Evitación de problemas individuales con la Administración.

Descripción del proceso de tratamiento por lagunas de estabilización y oxidación,-

Fundamentalmente, las lagunas de oxidación dependen de las bacterias para estabilizar aeróbicamente los residuos vertidos a las mismas. Dependiendo del diseño de las lagunas y de las cargas de entrada es probable que cierta parte de la estabilización se consiga por medio anaeróbico. El abastecimiento de oxígeno para las bacterias se realiza por transferencia superficial desde el aire y por el metabolismo de las algas que crecen en las lagunas.

La producción de oxígeno por las algas, es un resultado de la síntesis del protoplasma celular. El oxígeno producido es utilizado por las bacterias para la síntesis del protoplasma bacteriano. El efecto neto de este proceso es la producción de materia orgánica en las lagunas de oxidación. Puede llegar a ocurrir que se produzcan más materias orgánicas de las que son estabilizadas. Por tanto es muy importante que la razón de degradación del protoplasma celular sea muy bajo comparado con la razón de degradación de materia orgánica para la síntesis del protoplasma celular. Esto permite producir en las lagunas de oxidación un efluente más estable que el influente. Además, muchos de los microorganismos se sedimentan en las lagunas y no se evacúan en el efluente.

La carga orgánica en las lagunas de oxidación está limitada por la capacidad de transferencia de oxígeno.

En general, lagunas poco profundas con considerable agitación superficial causada por la acción del viento, tendrán una más alta razón de transferencia de oxígeno.

Por el contrario lagunas pequeñas con poca área superficial expuesta, depurarán una relativamente baja carga orgánica por unidad del área superficial.

Aunque la tendencia actual es construir una s3la laguna, puede llegar a ser beneficioso el que sean varias lagunas, porque esto tiende a reducir cortocircuitos y permite la retenci3n de material flotante, etc. en la primera laguna. Adem3s las 3ltimas lagunas generalmente est3n mucho menos cargadas que las primeras, lo que puede hacer crecer una poblaci3n animal suficientemente grande durante los meses calurosos que eliminan muchas de las algas formadas en estos meses y as3 producir un efluente claro.

La temperatura juega un importante papel en la eficiencia de las lagunas de oxidaci3n, sobre todo si las lagunas est3n cargadas en el l3mite de su capacidad.

Cuando la temperatura decrece, la raz3n de actividad biol3gica decrece, las algas no producen mucho ox3geno y las bacterias no demandan mucho ox3geno.

Por otra parte hay que tener en cuenta que para lagunas con un tiempo de retenci3n limitado y bajo que da efluentes buenos en verano, en invierno decrecer3 la calidad del efluente, pero sin embargo como los caudales de los cauces receptores aumentan, pueden absorber este aumento de carga del efluente de salida de las lagunas perfectamente.

La turbiedad y las emulsiones actuan reduciendo la disponibilidad de luz para las algas. El metabolismo ser3 lento hasta que las bacterias reduzcan la turbiedad o rompan las emulsiones. Si las emulsiones fueran muy significativas, se necesitar3 alguna laguna o parte de ella trabajando en condiciones anaer3bicas, a pesar de que bajo estas condiciones se reduce el metabolismo bacteriano.

Las lagunas de oxidaci3n como m3todo de tratamiento conjunto de aguas residuales de diferente procedencia, producen un efluente tan bueno como cualquier otro proceso de tratamiento biol3gico de residuos.

Los rangos de peri3dos de retenci3n en lagunas de oxidaci3n var3 desde un poco m3s de 1 d3a hasta 90 d3as. Para la mayor3a de ellas, la reducci3n de materia org3nica es funci3n del peri3do de retenci3n y de la concentraci3n del influente.

De cualquier manera las lagunas de oxidación son inefectivas si el tiempo de almacenamiento es menor de 7 días. Las lagunas de oxidación se usan generalmente cuando el terreno es barato y el personal de operación es limitado. En el caso de que las cargas del influente aumentaran y no hubiera terreno disponible para ampliar las lagunas es posible aumentar la razón de estabilización con las mismas lagunas utilizando aereadores con el fin de incrementar la disponibilidad de oxígeno.

B. Características de las aguas residuales conjuntas

Caudales

Aunque como se ha dicho existe un aforador tipo Parshall a la entrada de la estación de bombeo, hasta el momento no se ha puesto en condiciones de medir ni instalar su medidor. Los caudales han sido medidos por medio de la estación de bombeo, contabilizando cada día el número de minutos bombeados y sabiendo que las bombas, que trabajan alternativamente, bombean a razón de 110 l/seg.

Las mediciones realizadas en el mes de octubre y parte de noviembre están representadas mediante un gráfico en la figura Nº 2

Como se puede observar, respecto al mes de octubre, los caudales más bajos corresponden a los domingos, días en que trabajan pocas fábricas y por tanto disminuyen, las aguas residuales tanto de procesos como sanitarias. Días como el 17 y 18 de octubre hubo corte en el suministro de energía y no se bombeó. Otros días normales de la semana con caudales bajos corresponden a descensos de producción en las fábricas por motivos diversos.

Los días de caudales punta que aparecen en el gráfico son debido a días en que llovió y aunque teóricamente, existe red reparativa en el Parque Industrial, es evidente que parte de la recogida de las aguas de lluvias están conectadas a la red de residuales. También ocurre que muchas fábricas como las de losetas, marmol, oleaginosas, etc. vierten sus aguas a canales abiertos dentro del recinto de la fábrica que llevan las aguas al colector de residuales. Entonces, cuando llueve aportan gran cantidad de agua de lluvia -

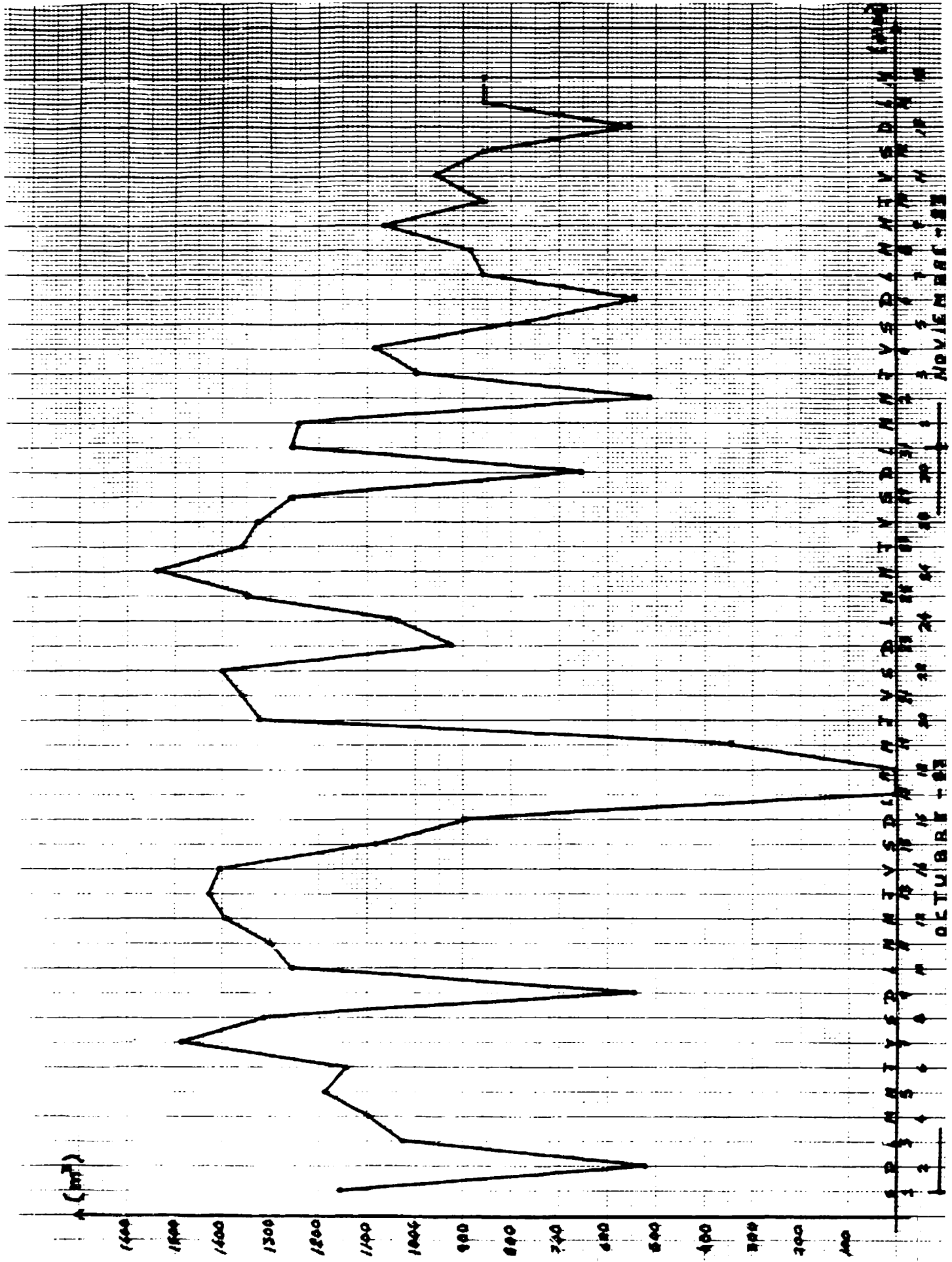


Figura No 2 Gráfico de la variación diaria de Caudales residuales

que además arrastra arena, piedras, etc. pues muchas de las fábricas tienen amontonados sus residuos sólidos dentro de sus recintos. Esto lleva por una parte a duplicar casi el caudal normal que debería llegar a la planta y por otra parte aporta arena, piedras, hojas, etc. que no son atrapadas por la rejilla gruesa, colocada antes del Canal Parshall y entran en el pozo de bombeo, creando graves problemas y desgastando por erosión las bombas.

Los días de noviembre señalados en el gráfico coinciden con días en los que por una parte, alguna fábrica embotelladora de refrescos no trabajó y por otra la fábrica de papel higiénico "RUPEL", estaba realizando la revisión y mantenimiento de sus equipos, por lo que dados los altos caudales de vertidos de estas fábricas, disminuyan grandemente los caudales totales en esos días.

También en noviembre los caudales más bajos corresponden a los domingos y al día 2 que fue festivo.

Prescindiendo de estos días de octubre y noviembre, los caudales generalmente varían entre 1.100 y 1.500 m³/día.

Parte de estos caudales son de procedencia sanitaria y la otra parte de procesos industriales. Teniendo en cuenta que la media actual de trabajadores del Parque Industrial es de aproximadamente 3.000 y que se calcula un caudal de vertido de 70 litros por persona y día debido a que muchas fábricas tienen comedores, duchas, etc. el caudal total residual estaría compuesto por:

Aguas Sanitarias	=	3.000 x 70 = 240.000 l/d	=	240 m ³ /d
Aguas residuales industriales.	=	De 890 a 1.190 m ³ /día		

Características de los residuos

Las aguas residuales conjuntas del Parque Industrial se analizaron tomando muestras simples y muestras compuestas.

Las muestras simples se tomaron durante varios días a intervalos de 1 hora con el fin de evaluar la variación de la temperatura, pH, turbidez, color

aparente y la materia sedimentable (1 hora en el Cono Imhoff.)

Así mismo se midió la turbidez del decantado del Cono Imhoff.

Los resultados fueron :

Temperatura.....	27 a 32°C.
pH.....	6,2 a 12.2
Turbiedad.....	125 a 2.000 Unidades Jackson
Color aparente.....	Variado y según horas fuertemente coloreadas
Materia sedimentable	7 a 80 ml/l.
Turbiedad decantada	70 a 600 Unidades Jackson

Las muestras compuestas se tomaron realizando bombeos de 10 minutos cada vez que se llenaba el pozo de bombeo y tomando una muestra de 300 ml. cada 3 minutos de bombeo, unos días y cada 2 minutos otros días (3 ó 5 muestras por bombeo respectivamente) se compusieron muestras de 8 horas (3 muestras compuestas de 8 horas cada día) y muestras compuestas de 24 horas.

Con los resultados de las 3 muestras compuestas de 8 horas (24 horas) y con la compuesta de 24 horas se obtuvieron las DBO de 24 horas para días diferentes.

No se realizaron los análisis de las muestras de 24 horas por medio de tres compuestas de 8 horas nada más que una vez, debido a que no se disponía más que de un aparato de DBO manométrico con 5 espacios y había que realizar muchos análisis.

Las características de las aguas residuales, 24 horas, variaron según se indica en la Tabla Nº 7

En dicha tabla no se encuentran incluídas las aguas residuales de los domingos ya que estas aguas a parte del bajo caudal aparecen muy poco contaminadas y con muy poca turbiedad, siendo la mayoría de ellas de procedencia de limpieza de las fábricas.

Se indican a continuación las características de las aguas residuales analizadas de las muestras de 8 horas por el interés que tienen al dar la variabilidad de concentraciones a lo largo de un día representativo.

1a. Muestra compuesta de 8 horas, tomadas de 2.00 a.m. a 10 a.m.

Tiempo de bombeo total 66 minutos, equivalente a un volumen de 436 m³.

pH 7.5
Turbiedad 180 Unidades Jackson
Temperatura media 28°C.
DBO₅ 435 mg/l.
DQO 2.309 mg/l.
Oxígeno disuelto 2.6 mg/l.

2a. Muestra compuesta de 8 horas, de 10.00 a.m. a 18.00 p.m.

Tiempo de bombeo total 80 minutos, equivalente a un volumen de 528 m³.

pH 6.9
Turbiedad 215 Unidades Jackson
Temperatura media 29°C.
DBO₅ 317 mg/l.
DQO 481 mg/l
Oxígeno disuelto 2.3 mg/l.

3a. Muestra de 8 horas, de 18.00 p.m. a 2.00 a.m.

Tiempo de bombeo total 70 minutos, equivalente a un volumen de 462 m³.

pH 7.3
Turbiedad 200 Unidades Jackson
Temperatura media 28°C.
DBO₅ 199 mg/l.
DQO 628 mg/l
Oxígeno disuelto 4.0 mg/l.

Para la muestra de 24 horas, se compuso una muestra de las 3 compuestas de

TABLA Nº 7
VARIACION DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS
SEGUN DIAS DE LA SEMANA

	VIERNES	MIERCOLES	LUNES	JUEVES	SABADO	MARTES
<u>D I A</u>	14-10-83	25-10-83	07-11-83	10-11-83	12-11-83	15-11-83
Q (m ³ /día)	1.492	1.426	924	924	995	858
pH	7.3	7.7	11.9	6.9	6.8	7.1
Turbidez (Unidades Jackson)	220	200	335	380	370	410
Cloruros como Cl. (mg/l)	-	-	295	250	55	280
Alcalinidad como CO ₃ (mg./l)	-	-	956	180	160	200
Alcalinidad a la Fenoftaleina	-	-	588	0	0	0
Dureza (mg/l)	-	-	74	142	150	190
Materia Sedimentable (ml/l)	23	15	17	16	8	2
Sólidos totales (mg/l)	-	700	3.015	1.408	1.340	1.224
Sólidos disueltos (mg/l)	-	606	2.397	730	644	789
Sólidos suspendidos (mg/l)	-	164	618	678	696	435
Fijos (mg/l)	-	61	154	67	47	45
Volátiles (mg/l)	-	103	464	611	649	390
D B O ₅ (kg/día)	231.3	442	1.282	1.095	1.135	
D B O ₅ (mg/l)	155	310	1.387	1.185	1.141	
D Q O (mg/l)	516	1.087	1.782	1.866	1.343	1.186
<u>D Q O</u>						
D B O ₅	3.3	3.5	1.3	1.6	1.2	

8 horas, con volúmenes proporcionales al tiempo de bombeo, con el fin de obtener la alcalinidad, cloruros, turbidez, materia sedimentable, sólidos y aceites y grasas, que no se habían obtenido en los compuestos de 8 horas.

La DBO_5 y la DQO se obtuvieron como resultado de las sumas proporcionales a los volúmenes de los mismos parámetros en las tres muestras compuestas de 8 horas, resultado que está expresado en la Table N^o 7, correspondiente al día 25-10-83

C. Interpretación de las características de los Resíduos

Con el fin de que no lleve a confusión la comparación de los datos sobre las características de los residuos de las muestras de 24 horas, es necesario señalar los siguientes aspectos.

- Los días 7, 10, 12 y 15 de noviembre se realizaron vertidos de limpieza de los tanques de almacenamiento de aceite de industrias oleaginosas, que solo se realizan 15 días al año y coincidió en estas fechas. Estos vertidos están altamente concentrados en materia orgánica, lo que aumenta anormalmente la DBO_5 de las muestras de esos días. Además estos vertidos en los 15 días de su duración no fueron constantes, por lo que a unos días ha afectado más que a otros.
- Los días 7 y 10 de noviembre no trabajaba la fábrica de papel, Kupel, así como alguna de las embotelladoras, por lo que al disminuir el caudal precisamente con estas aguas bajas en DBO aumentó la concentración de DBO_5 . Es conveniente por tanto referirse a los Kg. de DBO_5 vertidos por día, en lugar de la DBO_5 media, no olvidando que a estas cantidades había que restarle las aportaciones anormales antes señaladas para tener las cargas DBO_5 diarias comparativas.
- En general, al no ser los vertidos de CAMBAGRAS, CIMAL, TONAN y SUTO continuos, si no por vaciado de tanques, según los días que se realicen influirían más en su DBO que en los que no se vierten o vierten menos.

Turbiedad

Es bastante uniforme, aunque bastante elevada debido a los sólidos coloidales y suspendidos, existiendo una relación para cada tipo de agua residual, entre estos sólidos y la turbiedad.

Materia sedimentable

Tanto las muestras simples como las compuestas sedimentan por precipitación con rapidez y abundantemente. Estos datos serán fundamentales para prever la sedimentación como pretratamiento, antes del paso de los residuos al sistema biológico de las lagunas de estabilización.

Temperatura.

Como se deduce tanto de las muestras simples como compuestas, la temperatura del agua residual llegada de las lagunas es relativamente constante con una temperatura media de 29°C. Esta temperatura es el resultado de la mezcla de aguas residuales de procesos con altas temperaturas con el resto; es muy buena para el crecimiento de las bacterias mesofílicas, que tienen su crecimiento máximo a la temperatura de 37°C. La razón de reacción microbiana se dobla cada 10°C., decreciendo luego rápidamente a partir de los 40°C.

La temperatura al no oscilar ampliamente hace que se pueda operar el sistema biológico eficientemente. Hay que tener en cuenta por otra parte, que la temperatura del agua residual en las lagunas variará según la temperatura ambiente.

Sólidos suspendidos

Deben eliminarse del agua residual, antes de descargarla al cauce receptor. En caso de que no haya pretratamiento para eliminarlos antes del tratamiento biológico se incorporan al mismo reduciéndose a concentraciones de vertido aceptables, ya que son muy biodegradables en su mayor parte. Son muy volátiles debido al gran contenido orgánico de los residuos.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

La concentración es muy variable tanto a lo largo del día, como se aprecia en las muestras compuestas de 8 horas como diariamente, como lo señalan las muestras de 24 horas.

Los motivos ya se han señalado anteriormente y hay que insistir en que lo importante, dada la diversidad de caudales, es la carga diaria de DBO_5 en Kg. (descontando vertidos anormales).

Por otro lado, para un caudal medio de 1.400 m³/día aproximadamente el 15% de las aguas residuales son de origen sanitario, con lo que hay una aportación por parte de estas de Nitrógeno(Na) y Fósforo(P) al conjunto de las aguas a tratar. Esta aportación sería aproximadamente de 75 mg/l de N y 15 mg/l de P.

Para que la depuración biológica funcione optimamente la relación DBO_5 : N : P debe ser de 100 : 5 : 1. La aportación de estos elementos por las aguas sanitarias sería :

Nitrógeno :

$$210 \text{ m}^3 \times 75 \text{ mg/l} = 210 \text{ m}^3 \times 0.075 \text{ kg/m}^3 = 15.75 \text{ Kg.}$$

Fósforo

$$210 \text{ m}^3 \times 15 \text{ mg/l} = 210 \text{ m}^3 \times 0.015 \text{ kg/m}^3 = 3.15 \text{ Kg.}$$

Así por ejemplo, para la $DBO_5 = 310 \text{ mg/l}$ y un caudal medio de 1.400 m³/día, la DBO_5 por día sería :

$$1.400 \text{ m}^3 \times 310 \text{ mg/l} = 1.400 \text{ m}^3 \times 0.310 \text{ kg/m}^3 = 434 \text{ kg.}$$

La relación con la aportación en N y P de las aguas sanitarias sería :

$$DBO_5 : N : P \quad 100 : 3.63 : 0.72$$

que está próxima a la relación deseada. Habría que contar además con la aportación de N y P de las aguas residuales industriales como las purgas de las calderas (fosfatos), residuos de origen animal (N y P) etc.

Para los días con DBO_5 muy altas o muy bajas, la relación estará muy alejada de la deseada o la sobrepasará ampliamente respectivamente; sin embargo hay que pensar en la homogeneización de las aguas.

Demanda química de oxígeno (DQO)

El valor de la DQO, es mucho mayor generalmente que la DBO_5 ya que da la suma de los compuestos orgánicos oxidables biológicamente y los compuestos oxidables no biológicamente. El test se realiza mucho más rápidamente que la DBO_5 y con muchos menos problemas. Gran parte de la DQO medida en los análisis es debida a materia no oxidable (al menos en los 5 días del test de la DBO) y la aportan algunos de los residuos de la cocción de la madera (Cimal, Tonan, Suto), las fibras de celulosa que contienen las aguas residuales de la fábrica de papel higiéncio (KUPEL) y los residuos de la fabricación de jabones de Cambagras. Por eso los días que no hay vertidos de Kupel o de las fábricas de láminas de madera, la DQO disminuye relativamente a la DBO, bajando la relación entre ambas. Esto quiere decir que excepto esos residuos no biodegradables, los demás residuos orgánicos son muy biodegradables. Aunque no existe una relación universal entre la DQO y la DBO_5 , es posible relacionarlas para un tipo de residuos estudiados específicamente, como puede llegar a ser en las aguas del Parque Industrial caso de que se homogeneizaran y llegaran a las lagunas con calidad constante.

Esta correlación permite utilizar la DQO como medida para determinar la eficiencia del sistema biológico de tratamiento de los residuos, con la ventaja definitiva del tiempo empleado para realizarlo.

Sobre todo la DQO es un dato admisible y válido para la determinación de las características de los residuos de los procesos de cada fábrica.

pH

Para sistemas biológicos de tratamiento el pH óptimo debe estar comprendido entre 6.5 y 8.5

Las agua que van llegando a la planta tienen un rango de pH que varía de 6.3 a 12.2 .

Así mismo las muestras compuestas de 8 horas y las de 24 horas dan un pH también muy variable de 7.3 a 11.9.

Los pH altos son debidos a las aportaciones residuales de las lejías de Cambagras y a la vez la no coincidencia de otros vertidos ya explicados, que diluyen las aguas residuales totales.

Aunque la neutralización de las mismas empieza en el mismo pozo de bombeo en cualquier caso habrá que realizar la neutralización de las aguas 24 horas por mezclado de las mismas.

pH menores que 5.5 o mayores que 9.5 darán como resultado condiciones tóxicas, para el tratamiento biológico. Se ha comprobado la toxicidad de ciertos residuos cuando por avería en la estación de bombeo pasó el agua residual por el By-pass hacia el cauce receptor teniendo en ese momento un pH de 12.4 creando una gran mortandad de peces que habían salido con el efluente depurado de las lagunas. Se comprobó que esta agua procedía de la fabricación de jabones de Cambagras.

Por otra parte hay que tener presente que en las lagunas de oxidación el pH. puede subir hasta 10.5 durante el día como resultado de la fotosíntesis de las algas que asimilan el CO_2

Aceites y grasas

Son de origen animal y vegetal y sólo una muy pequeña parte proveniente de escapes de maquinaria o lavado de las mismas son de origen mineral, lo que hace que sean biodegradables.

La mayor parte proviene de Cambagras que no realiza ningún pretratamiento de sus diferentes procesos y de Industrias Oleaginosas por bajo rendimiento de sus decantadores de pretratamiento de sus vertidos. Además eventualmente, están los vertidos de limpieza de los tanques de almacenamiento de aceites. Aunque son biodegradables deben eliminarse la mayor parte posible antes de pasar al proceso biológico, ya que demasiada cantidad de ellas como ocurre actualmente es un problema, debido a que los microorganismos adsorben estos elementos más rápidamente de lo que pueden ser metabolizados, por un lado y

por otro formar una capa superficial que impide la transferencia de oxígeno de la atmósfera al agua residual en las lagunas.

En cualquier caso el tratamiento por lagunas de oxidación acepta mucha más cantidad de estos elementos que otros sistemas biológicos.

Alcalinidad

Es muy variable y alta en muchos casos debido especialmente a los vertidos de Cambagras. Sin embargo la capacidad de los sistemas de tratamiento biológicos a resistir los cambios debidos a las fluctuaciones del pH en el influente es atribuido al efecto amortiguador de la alcalinidad debida al bicarbonato y al carbonato en las unidades de tratamiento biológico. Una alta alcalinidad permite al sistema absorber alguna fluctuación del pH de las aguas residuales del influente sin daño a los microorganismos. En el caso de que existiera anteriormente a las lagunas una balsa de homogeneización-neutralización por mezcla de los efluentes, 24 horas, este efecto no se hacía necesario. La alcalinidad aportada por Cambagras es debida al Na OH.

Cloruros

Aunque los vertidos de Cambagras, son muy altos en cloruro, los rangos en que aparecen en la composición de las aguas residuales totales no afectan adversamente a los microorganismos de un tratamiento biológico.

D. Pretratabilidad de las aguas residuales

Las pruebas de decantación de la materia sedimentable realizadas en el Cono Imhoff dieron un resultado positivo, tanto para las muestras simples tomadas de hora en hora en el Canal Parshall de entrada a la estación de bombeo, como de las muestras compuestas de 24 horas. La decantación fue abundante y rápida, sedimentando la mayor parte de los sólidos suspendidos. Por otra parte se realizaron pruebas de tratamiento del agua residual por precipitación con cal, habiendose iniciado también pruebas de coagulación floculación sedimentación (JAR test) con sulfato de aluminio que aunque daban muy buenos resultados se desecharon por no fabricarse este producto en el país, resultando difícil de conseguir y muy costoso. Por la misma razón no se hicieron ensayos con otros coagulantes y polielectrolitos.

Las características de las muestras, 24 horas, decantadas correspondientes a las señaladas en la Tabla Nº 8 , se indican en la Tabla Nº 9

De los ensayos realizados a los pH natural de las muestras, con diferentes dosificaciones de cal en forma de lechada de 20 mg/l. de Ca(OH)_2 , resultó que la dosificación óptima fue de 25 ml/l, disminuyendo la turbidez, el color aparente y la DQO de manera muy notable.

En la Tabla Nº 9 se expresan los resultados de la precipitación con cal para las muestras compuestas de 24 horas .

E. Interpretación de los ensayos de pretratamiento

Para el tipo de agua residual que resulta de los análisis expresados en las Tablas Nº 8 y 9 de muestra de 24 horas, no es ventajoso el pretratamiento con cal. Excepto por la turbidez, la reducción de DBO_5 y DQO es buena con sólo una sedimentación natural, aún no alcanzando los valores de la precipitación con cal. Por otra parte el pH de las aguas tratadas con cal alcanza un valor superior a 11 por lo que habría que neutralizarlas antes de su paso a las lagunas de oxidación. Tanto el pretratamiento con cal como la neutralización encarecería el proceso sin necesidad real dado las cargas actuales de las aguas residuales, y los caudales vertidos.

Sin embargo si en un futuro aumentaran considerablemente ambos , habría que reconsiderar este pretratamiento, dependiendo de la saturación de las lagunas.

La sedimentación de las muestras decantadas naturalmente es en realidad una precipitación debida al efecto sinérgico de los diferentes tipos de aguas residuales que se unen, precipitando la mayor parte de la materia sedimentable en casi todas las muestras, durante los 10 primeros minutos.

TABLA Nº 8

CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS DECANTADOS CORRESPONDIENTES
A LAS MUESTRAS EXPRESADAS EN LA TABLA Nº 7

	VIERNES	MIÉRCOLES	LUNES	JUEVES	SABADO	MARTES
Día	14-10-83	25-10-83	07-11-83	10-11-83	12-11-83	15-11-83
Q(m ³ /día)	1.492	1.426	924	924	995	858
pH	7.3	7.5	9.7	6.8	6.7	6.8
Turbidez (Unidades Jackson)	87	80	280	265	900	410
Sólidos totales (mg/l.)	-	-	2.756	907	-	1.207
Sólidos disueltos (mg/l)	-	-	2.368	732	-	781
Sólidos suspendidos (mg/l.)	-	-	388	175	-	426
Fijos (mg/l.)	-	-	105	41	-	43
Volátiles (mg/l)	-	-	283	134	-	390
DBO ₅ (mg/l.)	-	-	1.034	676	-	-
DQO (mg/l.)	-	325	1.338	1.315	992	1.158
$\frac{DQO}{DBO_5}$	-	-	1.3	1.9	-	-

TABLA Nº 9

CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES PRECIPITADAS CON CAL

FECHA DE LA MUESTRA 24 Hrs	CARACTERISTICAS MUESTRA ORIGINAL			CARACTERISTICAS MUESTRA PRECIPITADA CON CAL				
	TURBIDIDAD U. JACKSON	pH	DQO mg/1	DOSIFICACION ml/1	TURBIEDAD UNIDADES JACKSON	PRECIPITADO ml/1	DQO mg/1	pH
14-10-83	220	7.3	516	10	38	-	-	10.8
				15	0	-	-	11.3
				20	0	-	-	11.5
20-10-83	200	7.7	1.087	15	0	40	220	11.1
				20	0	-	-	-
				25	0	-	-	-
07-11-83	335	11.9	1.782	10	38	-	-	-
				15	0	55	704	11.9
				20	0	-	-	-
10-11-83	380	6.9	1.866	15	87	-	-	10.6
				20	33	-	-	10.7
				25	0	35	780	11.1
12-11-83	370	6.8	1.343	10	52	-	-	-
				15	35	-	-	-
				20	0	45	872	11.1
15-11-83	410	7.8	1.168	10	61	-	-	9.83
				15	0	-	339	10.96
				20	0	-	-	11.2

NOTA : Las DQO y precipitados son las correspondientes a las dosificaciones óptimas.

V. DISEÑO DE LAS LAGUNAS DE OXIDACION

A. Consideraciones de diseño

Dado que las lagunas de oxidación existentes deberán ser adaptadas y ampliadas según vayan aumentando el número de fábricas contaminantes en el Parque Industrial, se dan a continuación de una manera general diferentes aspectos del diseño de este sistema de tratamiento.

Son muchas y diferentes las recomendaciones existentes para el diseño de lagunas de oxidación no existiendo por tanto estandars de diseño. Sin embargo se señalan a continuación los criterios más generalizados a considerar para el diseño de las mismas.

. Carga Orgánica

La unidad fundamental de diseño de lagunas de oxidación es el número de Kg. de DBO por hectárea y por día. El rango corrientemente aceptado como criterio de diseño varía de 20 a 100 kg. de DBO₅ por hectárea y por día. Es obvio, que la calidad del efluente de salida de las lagunas será proporcional a la carga orgánica.

. Profundidad de las lagunas

La media de la profundidad de las lagunas de oxidación es de 1.20 m. Lagunas con profundidades inferiores pueden estimular el crecimiento de matorrales lo cual no es deseable; por otra parte lagunas demasiado profundas no permiten suficiente circulación del agua para mantener condiciones aeróbicas.

. Número de lagunas

El sistema de tratamiento de residuos con lagunas divididas en varias secciones se utilizan generalmente para efluentes formados por aguas residuales de diferentes procedencias. La primera laguna tiene generalmente funciones de separadora de emergencia de grasas y aceites y es muy pequeña con poca actividad biológica.

Los sólidos pesados también sedimentan en la primera laguna. Sin embargo las subdivisiones adicionales de las lagunas de oxidación no ofrecen ninguna ventaja en la calidad del efluente de salida y no son necesarias excepto para cuando son necesarias futuras ampliaciones por aumento de los caudales y concentraciones residuales.

Las lagunas finales de oxidación deben dividirse en dos secciones, sólo cuando se desea un efluente sin algas, durante los meses calurosos. Es posible cargar la laguna final o una sección de la misma con una carga muy baja orgánica que estimule la aparición de animales microscópicos tales como rotíferos y crustáceos, para producir un efluente sin algas.

El efluente contendría animales microscópicos que servirán de alimento para los peces. Si en la última laguna hubieran peces reducirían la descarga de estos animales. El continuo crecimiento de peces, obviamente, requerirá evacuar parte de ellos periódicamente.

- Temperatura

Las lagunas de oxidación están sujetas a los efectos de la temperatura ambiente teniendo durante el invierno relaciones más bajas de metabolismo que durante el verano. Cambios súbitos de temperatura (en otoño por ejemplo) pueden causar una reducción temporal en la actividad de las algas.

- Evaporación y filtración

En ciertas áreas, la evaporación de agua de grandes lagunas que tienen cargas orgánicas relativamente concentradas y bajos volúmenes de caudal residual, puede exceder del caudal residual que llega a las lagunas durante varios períodos del año. Debe tenerse cuidado de que la máxima evaporación no afecte adversamente a la actividad microbiana en las lagunas.

La infiltración de residuos desde las lagunas a los estratos subterráneos puede ser un problema en ciertas áreas. Si se puede estimular la actividad biológica, los microorganismos ayudarán a sellar las lagunas. Si la infiltración produce un desarrollo no normal microbiano, será necesario sellar las lagunas con arcilla, forro de plástico o gunita.

B. Climatología

Los datos climatológicos del área de Santa Cruz han sido obtenidos de tres fuentes diferentes, debido a que algunos datos como las horas de insolación y radiación solar fundamentales para el diseño de las lagunas, solo existían datos para el año 1982 - 1983. Para otros parámetros los datos publicados abarcan desde 1943 a 1979. Las estaciones climatológicas de las que se obtuvieron los datos fueron:

- El Trompillo (Aeropuerto)
- El Vallecito (Universidad Gabriel René Moreno)
- Cimca (Saavedra - Montero)

En la tabla Nº 10 se expresan las características climatológicas medias en 1983 y en la Tabla Nº 11 se dan las características medias para el período 1943 - 1979.

Como se puede observar la alta radiación solar y la fuerza y constancia de los vientos, son óptimas para el tratamiento de las aguas residuales por lagunas de oxidación.

TABLA Nº 10

CARACTERISTICAS CLIMATOLOGICAS MEDIAS DEL
AREA DE SANTA CRUZ EN 1983

M E S	TEMPE- RATURA ME- DIA - °C	PRECIPI- TACION TOTAL - (mm/dia)	HUMEDAD MEDIA - (%)	EVAPORACION MEDIA (mm/día)	INSOLACION MEDIA - - (h.sol/dia)	RADIACION SOLAR ME- DIA - - - (cal/cm2 dia.)	PRESION ATMOSF. MEDIA (mb).
Octubre(★)	26,70	154,10	73,00	4,90	6,80	414,60	976,40
Nov. (★)	27,50	100,50	76,60	4,50	5,80	401,50	974,50
Dic.(★)	28,10	399,20	77,80	3,90	6,10	400,70	975,20
Enero	28,20	301,60	80,70	4,00	5,30	376,90	973,20
Febrero	28,30	149,60	74,00	4,50	6,40	421,20	975,30
Marzo	27,90	178,80	77,00	4,20	6,60	390,40	976,60
Abril	26,10	62,00	80,10	3,20	4,80	317,40	976,60
Mayo	23,40	242,80	84,70	2,60	3,40	231,50	976,80
Junio	17,90	40,30	82,30	2,10	2,50	199,40	981,10
Julio	20,50	70,60	78,40	2,90	4,00	245,80	979,10
Agosto	23,70	19,10	65,30	4,80	6,10	334,60	980,00
Sept.	24,70	41,40	63,00	6,20	5,60	366,80	978,90
Media - anual	25,25	146,67	76,08	3,98	5,28	341,73	976,98

(★) Meses correspondientes a 1982

TABLA Nº 11
 CARACTERISTICAS CLIMATOLOGICAS MEDIAS DEL
 AREA DE SANTA CRUZ EN LOS AÑOS
1943 - 1979

MES	TEMPERATURA MEDIA oC	PRECIPITACION MEDIA (mm. /día)	HUMEDAD MEDIA (%)	PRESION ATMOSFE RICA - MEDIA (mb)	VIENTOS DIRECC.PREVA LENTE Y VELO CIDAD MEDIA (nudos)
Enero	26,6	176,2	74	990,6	NW- 9
Febrero	26,6	124,6	74	991,3	NW- 9
Marzo	26	111,9	73	966,5	NW- 8
Abril	24,3	91,4	72	930,2	NW- 8
Mayo	22,1	73,2	75	932,1	NW- 9
Junio	20,4	70,1	75	932,6	NW-10
Julio	20,6	49,3	68	933,5	NW-11
Agosto	22,9	39,1	59	931,5	NW-11
Septiembre	25,3	62,7	59	930,2	NW-11
Octubre	26,2	94,4	62	928	NW-10
Noviembre	27	117,4	64	964,7	NW- 9
Diciembre	27	159,4	69	962,4	NW- 9

C. Cálculo de la Planta de Tratamiento de Residuos

Laguna de homogeneización

Con el fin de evitar que las aguas residuales del Parque Industrial, lleguen a las lagunas de oxidación con amplias variaciones en sus caudales y sus características, es necesario que estas homogeneicen su pH, color turbiedad, DBO_5 , sólidos suspendidos, etc. en una laguna de homogeneización que sirva además para regular la variación de los caudales y en donde puedan separarse las grasas, aceites y jabones contenidas en el efluente que no hayan sido separadas en los pretratamientos a realizar en cada fábrica. La capacidad mínima necesaria de esta laguna será la de los vertidos realizados durante una semana ya que normalmente este ciclo semanal de vertidos se repite con variaciones mucho menos amplias que períodos de tiempo inferiores.

Los caudales residuales aforados en octubre y noviembre tuvieron las siguientes medias en cada semana :

1 ^a	Semana de octubre	1.155 m ³ /día
2 ^a	Semana de Octubre	1.310 m ³ /día
3 ^a	Semana de octubre	1.085 m ³ /día
4 ^a	Semana de Octubre	1.400 m ³ /día
1 ^a	Semana de Noviembre	1.255 m ³ /día
2 ^a	Semana de Noviembre	805 m ³ /día

Teniendo en cuenta que los caudales medios altos y bajos coinciden con anomalías (lluvias, trabajo de Kupel a baja velocidad, falta de trabajo en Kupel, etc.) y que la media en este período es de 1.168 m³/día, se puede optar por tomar como caudal diario de diseño 1.200 m³/día.

Este caudal, al no disponer de más días aforados actualmente, deberá ser modificado o confirmado con aforos sucesivos, teniendo en cuenta además que habrán variaciones debido a la estacionalidad de algunas industrias.

Con este caudal el volumen de la laguna de homogeneización sería :

$$V = 1.200 \text{ m}^3/\text{día} \times 7 \text{ días} = 8.400 \text{ m}^3$$

Carga de DBO₅

Las cargas diarias de DBO₅ obtenidas en los análisis realizados por diferentes días no son suficientes para definir probalilísticamente la carga de diseño. Habría que realizar para esto una serie mucho mayor de muestreos.

Tomar la carga de DBO₅ más desfavorable obtenida conduce a un excesivo margen de seguridad con un sobredimensionamiento muy probable de las lagunas de oxidación, pues esta carga ocurrió además en circunstancias anormales según se vió en el Capítulo IV. Se ha optado pues por descartar la carga más alta y la más baja obteniendo la media de las restantes y aplicando ésta como media diaria, con la seguridad de que la carga semanal real no superará la carga semanal real no superará la carga semanal teórica con esta DBO₅, máxime teniendo en cuenta la baja carga de los domingos.

$$\begin{aligned} \text{Carga de DBO}_5 \text{ media teórica} &= \frac{442 \text{ kg/día} + 1.094 \text{ kg/día} + 1135 \text{ kg/día} + 815 \text{ kg/d.}}{4 \text{ días}} \\ &= 886 \text{ kg/día} \end{aligned}$$

Para el caudal medio teórico adoptado de 1.200 m³/día la DBO₅ en mg/l sería :

$$\text{DBO}_5 = \frac{886 \text{ kg/día}}{120 \text{ m}^3/\text{día}} = \frac{886 \times 10^6 \text{ mg/día}}{120 \times 10^3 \times 10^3 \text{ l/día}} = 738 \text{ mg/l.}$$

Ahora bien, esta carga constante se conseguirá en la laguna de homogeneización, que por otra parte actuará también de sedimentador, con lo que al decantar los sólidos más pesados, la DBO₅ del decantado como se vió en los ensayos realizados disminuye entre un 20% y 40%. Tomando una reducción del 20%, la DBO₅ que entrará constantemente en las lagunas de oxidación será :

$$\text{DBO}_5 \text{ entrada lagunas} = 0.80 \times 738 \text{ mg/l} = 590 \text{ mg/l.}$$

que será la DBO₅ que tomaremos para el dimensionamiento de las lagunas.

Dimensionamiento de las lagunas

Los cálculos que se han realizado en los apartados posteriores están referidos a las condiciones del Parque Industrial en los meses de octubre y noviembre de 1983, período en el que se han obtenido los datos sobre los vertidos del mismo.

Dado que los vertidos de algunas fábricas son estacionales (Industria aceitera), otras van a conectar sus efluentes residuales a la red el año 1984 (SAO) o aumentarán sus efluentes (Hilanderías) por ampliación de procesos o se instalan nuevas industrias se hace necesario el monitoreo continuo de los caudales y las características de los residuos con el fin de obtener los parámetros de diseño adecuados en cada etapa.

Los cálculos que siguen a continuación están realizados en base a que las condiciones de caudales y DBO_5 media anual fueron las obtenidas en el período estudiado. Se han propuesto muchos métodos de diseño para lagunas de estabilización en el mundo y las correlaciones entre ellos no son tan buenas como sería de desear.

Se va a seguir para el diseño de las lagunas de oxidación del Parque Industrial el procedimiento desarrollado por Oswald en la Universidad de California, en el cual la producción de oxígeno en las lagunas se iguala a la carga orgánica aplicada. Como ya se señaló anteriormente, la fuente principal de oxígeno en las lagunas de estabilización aerobias es la fotosíntesis que está gobernada por la energía solar. La producción de oxígeno puede calcularse mediante la siguiente ecuación.

$$Y_{O_2} = 0.28 \cdot I \cdot \psi \quad [1]$$

en donde I es la intensidad de la radiación solar en cal/cm².d.

El factor de eficacia de la conversión de la luz ψ representa la relación entre el peso de oxígeno producido al de DBO que hay que reducir en las lagunas.

Para una reducción del orden del 90% φ es igual a 1.6. Si las lagunas se diseñan de conformidad con estas condiciones durante el invierno, resultará que en los meses de verano estarán sobre dimensionadas debido a la mayor cantidad de oxígeno producido en esa estación de resultar de la mayor irradiación solar. En el caso de Santa Cruz esto es más evidente ya que según se observa en la Tabla Nº 10 de "Climatología" la radiación media mínima ocurre en el mes de junio con un valor de 199 cal/cm² d siguiéndole julio con 246 cal/m² d. Todos los demás meses superan ampliamente las 300 cal/cm² d. llegando en febrero a la radiación media máxima con 421 cal/cm² d. por tanto parece ilógico el dimensionar las lagunas para esos valores mínimos, sobre todo teniendo en cuenta que ocurren en breves períodos de tiempo.

La carga orgánica superficial que se envía a las lagunas, en kg/ha d. puede expresarse por la ecuación

$$L_o = 0.1 \frac{P'}{t} \text{ DBO} \quad [2]$$

en la que P' es la profundidad de las lagunas en cm. t el tiempo de residencia en días y la DBO en mg/l. Como el diseño de las lagunas puede realizarse igualando las ecuaciones [1] y [2] se obtiene

$$\frac{P'}{t} = 2.8 \cdot \frac{\varphi \cdot I}{\text{DBO}}$$

$$t = \frac{P' \cdot \text{DBO}}{2.8 \cdot \varphi \cdot I}$$

El tiempo de residencia del agua residual en las lagunas para P' = 100 cm.

(se ha tomado 100 cm. debido a que mayores profundidades no son efectivas debido al color y a la turbiedad) $\varphi = 1.6$ (reducción de la DBO en un 90%) y una DBO₅ de diseño de 590 mg/l será :

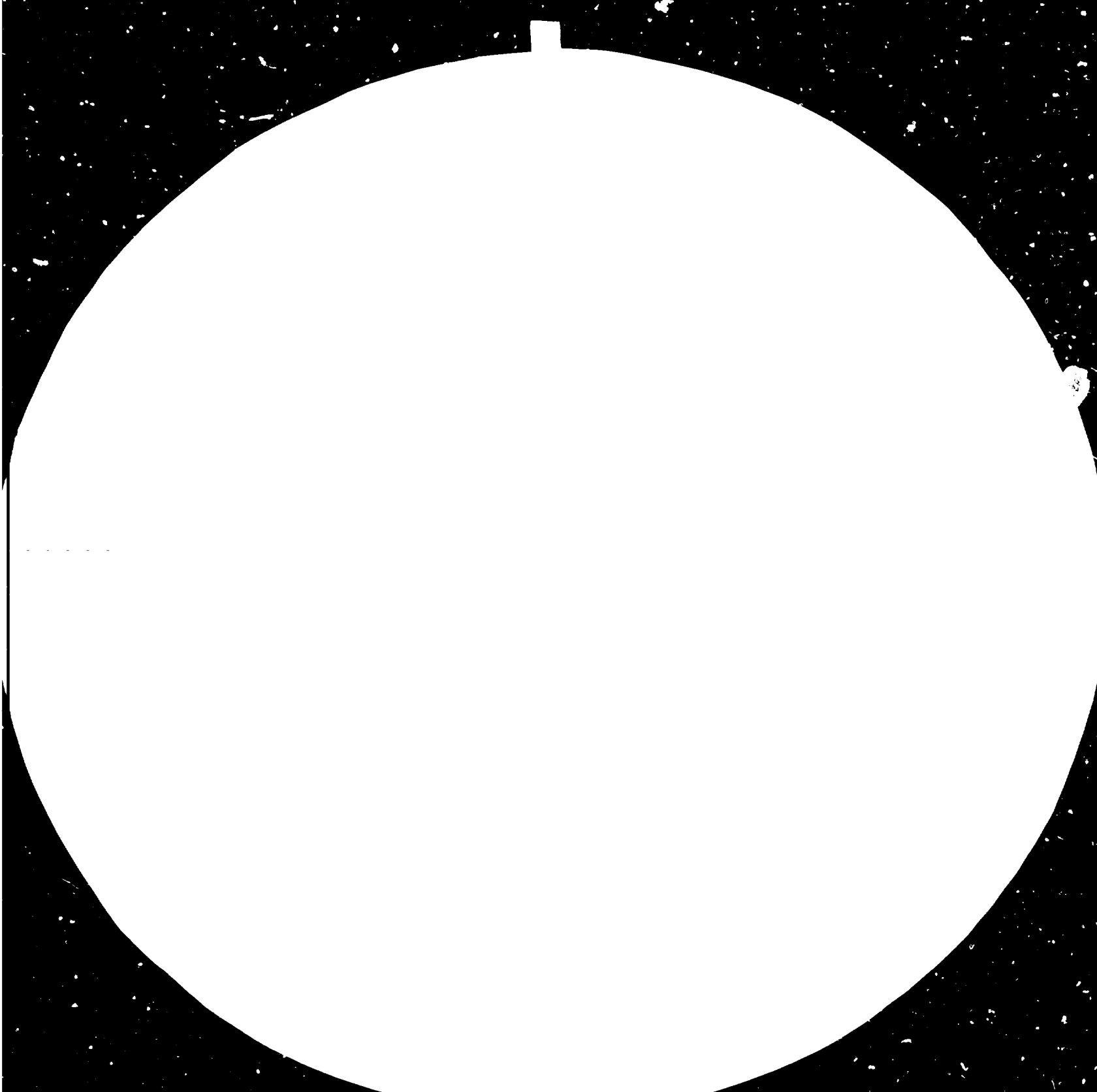
. Invierno

$$I = 199 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{dia}$$
$$t = \frac{100 \times 590}{2.8 \times 1.6 \times 199} = 67 \text{ dias}$$

. Verano

$$I = 421 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{dia}$$
$$t = \frac{100 \times 590}{2.8 \times 1.6 \times 421} = 32 \text{ dias}$$

84.04.12
AD.85.03





28



32



36



4



MICROSCOPY RESOLUTION TEST CHART
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS-
STANDARD REFERENCE MATERIAL 1963-A
AND U.S. GOVERNMENT PRINTING OFFICE: 1963-O

La superficie necesaria de las lagunas, para el caudal de diseño de 1200 m³/día sería :

. Invierno

$$A = \frac{1200 \text{ m}^3/\text{día} \times 67 \text{ d.}}{1.00 \text{ m.}} = 80.400 \text{ m}^2$$

Verano

$$A = \frac{1200 \text{ m}^3/\text{día} \times 32 \text{ d.}}{1.00 \text{ m.}} = 38.400 \text{ m}^2$$

Durante los meses de Abril, Mayo, Junio y Julio se podría operar la planta con los valores de invierno aún estando sobredimensionada para todos los meses excepto a junio. Darían entonces mejores rendimientos.

Durante el resto de los meses se podría operar la planta tomando un $I = 375$ cal/cm².d. valor que es superado por todos los meses excepto dos que están muy próximos (agosto y septiembre), dando entonces mejores rendimientos en reducción de DBO_5 del 90%.

Para $I = 375$ cal/cm² d.

$$t = \frac{1200 \times 590}{2,8 \times 1,6 \times 375} = 42 \text{ días}$$

$$A = \frac{1.200 \text{ m}^3/\text{día} \times 42 \text{ días}}{1,20 \text{ m.}} = 42.000 \text{ m}^2$$

Ahora bien, las profundidades de las lagunas de oxidación construidas en la actualidad son de profundidad variable y distintas a las proyectadas en un principio por el Parque Industrial, debido a que desde que se construyeron hasta que se pusieron en funcionamiento, han sufrido una serie de aterramientos por acción del viento y de las lluvias.

Las dimensiones aproximadas de estas lagunas son las siguientes :

Laguna Nº	Longitud m.	Anchura m.	Profundidad media m.	Superficie m ²	Volumen m ³
1	54	54	1.45	3.456	5.011
2	150	54	1.75	8.100	14.157
3	156	54	1.50	8.424	12.175
4	383	54	1.35	20.682	27.921
5(a)	448	93	0.85	45.679	38.827
6(a)	448	93	0.85	45.679	38.827
7(b)	156	93	0.85	14.508	12.332
8(b)	156	108	0.85	16.848	16.848
9(b)	156	93	0.85	14.508	12.332

(a) Al ser de forma irregular se han puesto las dimensiones predominantes.

(b) Previstas futuras, no construidas

Prescindiendo de la primera laguna, que profundizandola serviría de homogeneizadora de los residuos del Parque Industrial, las lagunas 2 y 3 tienen una profundidad tal, que trabajarán como lagunas facultativas, con procesos anaeróbicos en la mitad inferior de las mismas. Como las cargas que entran a las lagunas son muy altas es bueno que estas trabajen como tal, dado que admiten mayores cargas y sus efluentes ya disminuidos en DBO_5 son bien asimilados por las otras lagunas aerobias.

Las lagunas 5 y 6 por el contrario tienen poca profundidad y tienen el peligro de crecimiento de arbustos en las mismas. El rendimiento de las lagunas actuales va a ser el mismo aproximadamente que considerando una profundidad media constante de 1.00 m., según los análisis realizados en las mismas por lo que con la superficie de las lagunas 2^a, 3^a, 4^a y 5^a que suman 83.000 m² cubren las necesidades de superficie para las condiciones de invierno.

Para las condiciones de verano, como es el período analizado, se necesitarían 38.400 m² que son cubiertos con la 2^a, 3^a y 4^a laguna que tienen una superficie de 38.000 m² aproximadamente.

Funcionamiento de la planta diseñada

El agua que llegará por gravedad desde la arqueta de rotura de carga de la estación de bombeo a la laguna de homogeneización, pasará a la primera laguna de oxidación por medio de una bomba que asegure continuamente un caudal constante. Para caso de emergencia el caudal pasaría por un aliviadero de superficie a la primera laguna de oxidación.

Los fangos que se formen en esta laguna de homogeneización deberán ser retiradas diariamente por medio de una bomba que los succione del fondo y los vierta a unas eras de secado construídas para este motivo, por lo que el fondo de la laguna deberá tener forma cónica. El volumen a extraer según los ensayos de sedimentación realizados serán de aproximadamente 15 ml/l. (1ª hora), aunque estos disminuyen su volumen a medida que aumenta el tiempo sin extraerlos.

El resto de las lagunas se emplearán según necesidades por el caudal y carga de DBO_5 vertida y dada la versatilidad de la planta al estar dividida en varias secciones por medios de by-pass se pueden poner en funcionamiento unas u otras secciones.

D. Funcionamiento de las lagunas de oxidación actuales

Las aguas residuales del Parque Industrial, llegan por gravedad hasta un pozo de bombeo situado junto a la planta de tratamiento y se bombean a una cámara de rotura de carga pasando de allí por gravedad a la laguna N° 2, ya que la N° 1 se tiene reservada actualmente para almacenamiento de residuos tóxicos. De allí pasa a las demás lagunas hasta la N° 6, como puede observarse en el croquis de la figura N° 3, en el que se indican el tipo de conexiones existentes entre las diferentes secciones.

Cuando hay averías en las bombas, hay dos by-pass que llevan las aguas a la 5ª laguna o al Parshall de salida. A la salida de las lagunas las aguas tratadas pasan por un canal Parshall para su medición y de allí pasan a un canal general recolector de aguas de lluvia, de 4 Km. de longitud que llega hasta un pequeño arroyo el cual desemboca a 50 km. aproximadamente, en el Río Grande.

Las lagunas 2^a y 3^a trabajan anaeróticamente debido a las altas cargas de DOB₅ de entrada, a la acumulación de sólidos suspendidos y la formación de una gruesa capa de grasas, aceites y jabones en el 80% de la superficie de la 2^a laguna. Es decir esta actúa como laguna de homogeneización pero acumulando grasas y sólidos sedimentados.

Los análisis efectuados a la salida de la 5^a laguna dieron unos resultados de una DBO₅ de salida entre 30 y 50 mg/l. lo que evidencia que funcionando toda esta laguna la eficiencia del tratamiento es superior al 90%.

Por tanto es evidente que la 6^a laguna no es necesario que trabaje para los caudales y concentraciones actuales de los vertidos.

De los exámenes microscópicos realizados de muestras a las salidas de las secciones de las lagunas, se observó que a partir de la entrada a la 4^a laguna empieza la actividad biológica aerobia aumentando grandemente en la entrada de la 5^a laguna (salida de la 4^a) y bajando mucho en la salida de la 5^a laguna. Se observaron varias especies de microzooplacton y microfitoplacton.

Por otra parte se ha formado un nuevo ecosistema en el área de las lagunas, apareciendo gran cantidad de peces en la 4^a y 5^a lagunas, que se alimentan del placton y que a su vez sirven de alimento a varias especies de aves que se han estacionado allí, como garzas, patos, etc.

El mayor problema es que las lagunas están construídas en un terreno muy arenoso, no estando por otra parte revestidas de ningún material especial, lo que produce notables filtraciones, que se pueden observar alrededor de toda la Planta de Tratamiento. Solamente hay un revestimiento de piedras en los taludes de las lagunas en su parte no sumergida con el fin de evitar la erosión por el oleaje formado por el viento.

Así mismo es previsible que haya infiltraciones a los estratos subterráneos con el siguiente peligro de contaminación de acuíferos, máxime cuando toda el agua de abastecimiento, tanto industrial como a la población se realiza por medio de aguas subterráneas extraídas de varios pozos.

Además, la planta que en un principio estaba situada en un lugar aislado, se ha visto rodeada de construcciones de viviendas incontroladas, que captan sus aguas de abastecimiento de pozos realizados a muy poca profundidad.

Estas filtraciones, junto con la evaporación hacen que actualmente no salga agua de la 6^a laguna, excepto cuando llueve fuertemente. Incluso de la 5^a laguna el caudal de salida es muy bajo debido al mismo problema, lo que hace que el agua residual que queda en ellas tenga unos tiempos de residencia muy elevados.

E. Mantenimiento y control de las lagunas de oxidación

Dado que las lagunas de oxidación es el método más sencillo de tratamiento biológico existente, el funcionamiento, mantenimiento y control de las mismas se puede realizar por medio de un técnico supervisor y de un técnico analista con un ayudante.

Estos realizarán análisis periódicos semanales de las características de las aguas residuales de la salida de la laguna de homogeneización y de la salida de la laguna última que esté en funcionamiento, según el diseño realizado por caudales, cargas de DBO_5 y radiación solar en la época determinada del año de que se trate, según el desarrollo del Parque Industrial, en etapas sucesivas.

Por otra parte se analizarán todos los nuevos vertidos que se realicen dentro del Parque Industrial por creación de nuevos procesos, industrias, etc.

La mayor o menor necesidad de superficie de lagunas se resolverá por interconexiones entre las diferentes secciones de manera que se tenga la máxima flexibilidad.

En el caso actual en que la 6^a laguna no es necesaria, el agua de la salida de la 5^a laguna debe pasar directamente al Parshall de salida o realizar una salida de fondo en la 6^a laguna de manera que no esté retenida el agua en ésta.

Cuando se necesite limpiar alguna laguna deben disponerse de conexiones que pasen el agua a otras lagunas con la misma capacidad y superficie. Dado que en verano se necesita menor superficie, es la mejor época para la limpieza de lagunas.

Finalmente cuando por el desarrollo de las sucesivas Etapas del Parque Industrial, llegaran las lagunas actuales y las previstas a su saturación y no se dispusiera de más terreno para ampliarlas en el lugar donde están ubicadas, se deberá realizar un pretratamiento de precipitación con cal seguido de una neutralización de las aguas con el fin de disminuir la carga orgánica y poder seguir utilizando las mismas lagunas. Los fangos formados, se podrán volver a reutilizar para este pretratamiento dado el contenido en cal de los mismos.

Otra alternativa será la de utilizar aeradores en las lagunas 2^a, 3^a y 4^a lagunas actuales, según se previó en el proyecto original pero dándoles un fondo de aproximadamente 2,5 m. con el fin de que no se erosionen los fondos de las mismas. La capacidad y potencia de los aeradores dependerá del % de reducción de la carga de DBO_5 que se quiera realizar en estas lagunas. El diseño se realizaría igual que un sistema de fangos activados sin recirculación.

Sin embargo este sistema es poco recomendable debido a los costos de importación de los aeradores y al consumo continuo de energía eléctrica.

En cualquier caso tanto la alternativa de pretratamiento con cal o de aereación no se realizarían hasta pasados muchos años, dada la capacidad de las lagunas.

VI. CONCLUSIONES

Aparte de las conclusiones parciales realizada a lo largo del Informe Técnico, las conclusiones generales son las siguientes :

- . El laboratorio es completo y se pueden realizar todas las determinaciones analíticas y ensayos pertinentes a un Parque Industrial con diversidad de tipos de Industrias.
- . El Parque Industrial está bien estructurado en cuanto a infraestructura sanitaria.
- . El sistema de tratamiento es el adecuado al tipo de aguas residuales del Parque Industrial y a las condiciones climatológicas y de disponibilidad de terreno del Area de Santa Cruz.
- . Las aguas residuales tratadas salen con suficiente calidad para su vertido en cauces receptores, máxime teniendo en cuenta que en el recorrido hasta los mismos existiría una autodepuración y una dilución con aguas de lluvia y de los propios cauces receptores.
- . La división de las lagunas en diferentes secciones es adecuada dado que le da flexibilidad al aumento de vertidos del Parque Industrial en su desarrollo futuro.
- . La formación de los técnicos ha sido suficiente para el mantenimiento y control de este sistema de tratamiento específico.

A N E X O I

BIBLIOGRAFIA

- Técnicas de defensa del Medio Ambiente. Federico de Lora y Juan Miro. Editorial Labor. Madrid 1981 - España.
- Tecnologías básicas aplicables a la depuración de los efluentes líquidos de la Industria Química Inorgánica. Ministerio de Industria y Energía. España.
- Idem de la Industria Química Orgánica. Ministerio de Industria y Energía. España.
- Idem de la Industria de Galvanoplastia. Ministerio de Industria y - - Energía. España.
- Idem de la Industria Textil . Ministerio de Industria y Energía. España.
- Idem de la Industria de Pasta de Papel, Papel y Cartón. Ministerio de Industria y Energía. España.
- Inventario Nacional de focos industriales contaminadores de las aguas.- Ministerio de Industria y Energía. España.
- Manual Técnico del Agua. Degremont 1973.
- Los Residuos tóxicos y peligrosos. Dirección General del Medio Ambiente. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. España.
- Handbook for monitoring industrial wastewater. U.S. Environmental Protection Agency. 1973.
- Standard Methods for Examination of Water and wastewater. APHA, AWWA, - WPCF, 13ª edición, American Public Health Association. U.S.A.
- Industrial Water Pollution Control; Eckenfelder, W.W.; Mc Gran Hill - - editora, New York 1966. U.S.A.
- Wastewater Engineering. Metcalf and Eddy Inc. Mc Graw - Hill. New - - York (1972) U.S.A.

A N E X O II

PERSONAS ENCONTRADAS DURANTE LA MISION

1. Juan Blanch Soler, Residente Representante PNUD, La Paz
2. Claudio Calderone, JPO, ONUDI, La Paz
3. Enrique Banegas, Jefe del Proyecto Parque Industrial de Cordecruz, Santa Cruz.
4. Wilmar Stelzer, Gerente Técnico Parque Industrial de Cordecruz, Santa - - Cruz.
5. Oscar Busch, Gerente General de SAGUAPAC, Santa Cruz
6. Nelsón Pereira, Gerente de Operaciones y Mantenimiento de SAGUAPAC, Santa Cruz.
7. Fernando Ibáñez, Jefe División de Mantenimiento de SAGUAPAC, Santa Cruz
8. Roque Suárez, Técnico Analista de SAGUAPAC, Santa Cruz
9. Jorge Montaña, Jefe Regional Hidrometeorológico, Santa Cruz
10. Elfo Cabrera, Jefe Departamento Recursos Naturales, CORDECruz
11. Ricardo Breve, Especialista Sectorial del Banco Interamericano de Desarrollo, Santa Cruz
12. Alfonso Fernandez, Director de Ingeniería Industrial Universidad Mayor - de San Andrés, La Paz
13. Cristóbal Roda, Gerente General CIMAL, Santa Cruz
14. Masao Inoguchi, Gerente de Fábrica SUTO, Santa Cruz
15. Tsugio Higa, Gerente de Producción TONAN, Santa Cruz
16. Jorge Taborga, Gerente de Planta SAO
17. Robert Jakube, Gerente de Producción IOL
18. Osvaldo Garnica, Gerente de Producción KUPEL
19. Herman Sanchez, Gerente de Producción CMBAGRAS
20. Fernando Antelo, Gerente de Producción HILANDERIAS
21. Paúl Mitlmeier, Gerente de Fábrica, FUNTAIN
22. Edgar Lozano, Gerente de Producción, I. Electrometal
23. Jorge Cwirko, Gerente General CORIMEXO
24. Enrique Piérola, Administrativo MADESA
25. Jaime Abuabad, Administrador INALTEX
26. Andrés Higa, Encargado Textiles Industriales
27. Luis Palao, Gerente Regional, Liquid Carbonic
28. Walter Villarroel, Gerente Químicas Bristol
29. Freddy Fiorilo, Gerente Química Industrial Santa Cruz
30. Fadel Akli, Gerente Carbogas
31. Gregorio Navarro, Gerente General Molinera Rio Grande

- 32. José Taborga, Gerente de Producción Cotoca
- 33. Hugo Schwenk, Gerente de Producción EBBA
- 34. Fernando Monasterio, Gerente de Producción MENDOCINA
- 35. Armengol Herrera, Encargado General TUMA

NOTA.- De la 13 a la 35 son fábricas del Parque Industrial de CORDECRUZ - -
SANTA CRUZ.

