



INFORME FINAL

PROYECTO FONTEC

Ecozono
Ozono como Agente Recuperador
del Ecosistema

Abril, 2002

1.- ANTECEDENTES GENERALES

Código Proyecto	201 – 2607
Título Proyecto	<i>Ecozono, Ozono como agente Recuperador del Ecosistema</i>
Empresa solicitante	INSESA Ingeniería y Servicios S.A.
RUT Empresa	96.534.100 - 5
Entidad Ejecutora	INSESA - Universidad de Santiago

2. RESUMEN EJECUTIVO

La utilización de ozono como desinfectante natural tiene una creciente demanda nacional y regional en múltiples actividades productivas como consecuencia de la adopción de legislaciones que establecen cada vez con mayor rigurosidad parámetros de calidad y de protección ambiental conducentes a un desarrollo sustentable, en el marco del proceso de globalización económica y comercial. En este contexto, el ozono se erige como un elemento de desinfección de excelencia, puesto que actúa en forma más potente que ningún otro producto y no produce derivados tóxicos.

Incesa viene trabajando desde hace unos años en el desarrollo de esta tecnología, dispone de los generadores a modo prototipo y está en condiciones de concretar esta iniciativa con el concurso de cuatro investigadores universitarios que acreditan grados de doctorado en diversas disciplinas: química, biología, mecánica y diseño industrial.

El proyecto tiene por objeto poner a prueba un equipo Generador de Ozono y un Generador de Oxígeno, que trabajan en conjunto para descontaminar aguas residuales de plantas industriales.

La aplicación de ozono a los Riles depende del grado de contaminación de las aguas, su caracterización, el modo de aplicarlo y de la potencia de los equipos generadores. El proyecto contempla en una primera fase, realizar pruebas de laboratorio para caracterizar Riles y Equipos, y luego realizar pruebas en terreno en ambiente real.

Si prosperan exitosamente estas investigaciones, el mercado dispondrá de un nuevo proceso, tecnológicamente innovativo, para descontaminar riles y gases residuales.

3.- EXPOSICIÓN DEL PROBLEMA

3.1.- Motivación y oportunidad para desarrollar el Proyecto.

Hasta la fecha la orientación de las empresas chilenas había ido hacia la producción económica de productos. El concepto de servicio, posteriormente, permitió ciertas variantes, pero no fue sino hasta que las exigencias de la globalización impusieran el concepto de desarrollo sustentable cuando la preocupación por el medio ambiente pasó a ser un elemento clave en la producción de las empresas.

La exigencia legal no se dejó esperar para imponer restricciones que nos sitúen en el concierto internacional. Sin embargo, hoy la adecuación de las empresas a la producción limpia es incipiente, y por lo tanto, se puede decir que el mercado aún está virgen y con características de un rápido crecimiento.

Hace unos años Insesa desarrolló un equipo generador de Ozono, con alimentador de oxígeno, que introduce un concepto nuevo en el mercado de productos de desinfección, puesto que actúa en forma más potente que ningún otro producto y no produce derivados tóxicos.

3.2.- Objetivos técnicos del proyecto

Este proyecto tiene por objeto poner a prueba el equipo, primero en condiciones de laboratorio con investigadores de la Universidad de Santiago y luego en condiciones de operación efectiva en algunas empresas con aguas residuales contaminadas.

Concentrarse en este equipo tiene la virtud de no querer abarcar todas los múltiples campos de acción en el área de la contaminación industrial, sino cubrir adecuadamente en las dos ó tres áreas donde este equipo tiene ventajas comparativas y permitir abrir la brecha para nuevas innovaciones en el dominio ecológico del futuro.

3.3.-Tipo de innovación desarrollada

El ozono es el desinfectante más poderoso conocido en la naturaleza, pues con sólo una pequeña cantidad es posible eliminar bacterias, virus, hongos, esporas, etc. Posee ventajas comparativas muy superiores a las de cualquier otro producto, gracias a su elevado poder oxidante que incluso ataca metales pesados, no produce derivados tóxicos y debido a su baja concentración no afecta a las personas.

La producción de ozono puede ser realizada a partir del aire, pero tiene muchas ventajas adicionales y mejor rendimiento si se produce a partir de oxígeno.

La innovación para Insesa corresponde al desarrollo de un bien de capital, compuesto de un generador de ozono y un generador de oxígeno integrado. Esto constituye un nuevo producto de fabricación nacional con potencial exportador. En la actualidad existen representantes de fabricantes extranjeros que traen éstos equipos individualmente.

Para nuestros potenciales clientes el desarrollo corresponde a un nuevo proceso mediante el cual la contaminación ambiental de aguas y gases residuales se resuelve ó minimiza.

4.- METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO

4.1.- Metodología

Referente al proyecto global las pruebas se realizaron a tres niveles de aplicación, a saber:

- Ensayos a nivel de laboratorio.
- Ensayos en planta piloto.
- Ensayos a nivel industrial.

En lo relativo al muestreo y pruebas, se emplearon metodologías estándar de laboratorio de Biología y Química. Las pruebas biológicas consideraron los siguientes experimentos:

- Número más probable de coliformes
- Número más probable de bacterias mesófilas
- Ambas pruebas tendrán además pruebas confirmativas

La auditoria de las cargas microbiológicas evaluaron los puntos críticos de control de calidad de cada Empresa.

La caracterización fisico-química de muestras originales y tratadas con ozono, considerando todos los parámetros de control exigidos por la Norma Chilena Oficial, de acuerdo al tipo de industria de dónde proviene el RIL. Los parámetros determinados en el laboratorio fueron los siguientes :

- pH
- Turbidez.
- Temperatura, previa al tratamiento con ozono.
- Sólidos suspendidos (SS)
- Sólidos sedimentables (SD)
- Aceites y grasas (A y G)
- Poder espumógeno (PE)
- Nitrógeno amoniacal y fósforo.

4.2.- Programa de Ejecución

El programa de ejecución del proyecto, en su primera fase contemplo:

- **FORMALIZACION DE ACUERDOS:** Establecimiento de acuerdos con las empresas proveedoras de servicio, y las que ofrecieron sus instalaciones para pruebas.
- **ANÁLISIS DE INFORMACIÓN:** Análisis para cada industria de los estándares permitidos de descarga conforme a lo establecido por la norma Chilena 1.333/of 87 del Instituto de Normalización, además de aquellos establecidos en el decreto supremo 609/98.
- **HABILITACION DE GENERADORES:** Trabajos de instalación de los generadores en laboratorio, disposición de instrumentos de medición y dispositivos de control.
- **DETERMINACIÓN DE CURVAS DEL GENERADOR DE OXÍGENO:** Esta actividad consideró cuantificar a través de pruebas de laboratorio los siguientes parámetros del generador: Concentración de O₂ , flujo másico de gas, y eficiencias de generación. El resultado esperado consiste en curvas de concentración de oxígeno en función de flujo másico de gas.
- **ESTUDIO DE RILES:** Respecto de los Riles, se determinó el sistema de toma de muestras, conservación de las mismas y envío al laboratorio de análisis. Inmediatamente después de tomada la muestra se evaluó sus propiedades organolépticas (color, olor), pH y temperatura, DBO, etc.
- **DEFINICIÓN DEMANDA DE OZONO:** Se identificó de acuerdo a los resultados de las actividades anteriores los rangos de concentración de Ozono requeridos para cada industria conforme a predicciones teóricas y empíricas.

La segunda fase del proyecto contempló las siguientes actividades:

- **SOLUBILIDAD DEL OZONO:** Se estudiaron los métodos de dilución de Oxígeno y Ozono en agua y se construyó prototipos de dispositivos para realizar las pruebas de laboratorio. Debido a que la solubilidad del Ozono en agua es limitada, se revisó aspectos de homogenización ozono-agua, parámetros de operación tales como flujo de gas, concentración local de ozono y caídas de presión además de tiempos asociados a la difusión de ozono en el agua en función del tamaño de las burbujas. Los resultados obtenidos y cuantificados, especialmente, sobre la base de eficiencias y estándares de norma de aguas, permitirán implementar plantas experimentales con aplicaciones industriales.

- **CONSTRUCCIÓN DE PLANTAS PILOTO:** Determinación y preparación de RILES para el proceso de Ozonizado. Específicamente se diseñó y construyó una planta piloto para el proceso de ozonificación en laboratorio.
- **CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA:** Se realizaron ensayos de laboratorio para verificar el efecto real del ozonizado en las muestras de RILES de cada empresa y se determinó el efecto sobre la materia orgánica. Los resultados permitirán estimar la concentración necesaria de ozono para cada RIL de las empresas en estudio. En esta etapa se buscó determinar los índices de formación de colonias microbianas en los diferentes tipos de riles a estudiar y además, realizar una caracterización de las colonias microbiológicas encontradas. Los índices obtenidos reflejan de forma clara el efecto del ozono sobre los tipos de aguas contaminadas.

La ultima fase del proyecto contemplo las siguientes actividades:

- **IMPLEMENTACION EN PLANTA:** Se preparo los dispositivos necesarios para instalar los equipos en planta. Se diseñaron conexiones y estanques de mezcla provisorios para no entorpecer la función de la planta
- **PRUEBAS DE TERRENO:** Se desarrollo y aplicación del ozonizado a los RILES estudiados. Para ello se instalo los equipos en planta y se realizo las pruebas de evaluación. Estudio de descontaminación del RIL mediante ozonificación controlada. En esta etapa se estudio la eficiencia del proceso de ozonificación sobre un RIL original y pre-tratado. La eficacia de la ozonificación se midió fundamentalmente por el producto tiempo de contacto x concentración residual de ozono en el agua.
- **EVALUACIÓN DE RESULTADOS:** Se realizo las pruebas finales y la evaluación de la operación de los sistemas de ozonizado frente a las tres aplicaciones reales
- **DEFINICIÓN DE PARÁMETROS DE DISEÑO:** Las actividades anteriores permitieron establecer los parámetros de diseño de cada planta de ozonizado. Específicamente esto determina la capacidad del generador de oxígeno y de ozono.
- **DISEÑO COMERCIAL:** Se diseño del cuerpo estructural y caja contenedora de los generadores cuidando los detalles estéticos, ergonómicos y detalles constructivos de fabricación seriada para obtener un equipo de tipo comercial.

PROGRAMA DE EJECUCIÓN PROYECTO FONTEC

N°	ACTIVIDADES	Periodo1			Periodo2			Periodo3			
		Junio	Júlio	Agosto	Setiemb	Octúbra	Noviemb	Diciemb	Enero	Febrero	Marzo
1	Formalización de acuerdos										
	Acuedos con Empresas										
2	Análisis de información										
3	Habilitación de generadores										
4	Determinación de curvas										
5	Estudio de los Riles										
6	Primeras puebas de Laboratorio										
7	Definición de demanda										
		Informe/Avance1									
8	Estudio de solubilidad del ozono										
9	Diseño de inyectores										
10	Fabricación prototipos inyección										
11	Construcción plantas piloto										
12	Caracterización microbiologica										
		Informe/Avance2									
13	Implementación en Planta										
14	Pruebas de terreno										
15	Evaluación de resultados										
16	Definición de parámetros										
17	Desmontaje del sistema en planta										
18	Diseño de producto comercial										
		Informe/Final									

FECHA DE ENTREGA DE INFORMES

INFORME DE AVANCE N°1 Agosto 30, 2001
INFORME DE AVANCE N°2 Noviembre 30, 2001
INFORME FINAL Marzo 30, 2002

5.- RESULTADOS

Se ha logrado diseñar, construir y evaluar un generador de ozono y un generador de oxígeno, que permite ser utilizado para descontaminar riles industriales. El desempeño de los modelos diseñados ha sido estudiado mediante los niveles de energía consumida así como las concentraciones de ozono que cada equipo puede generar. Se estudió las tecnologías de aplicación de ozono y se probó los equipos en condiciones de funcionamiento real en plantas de tratamiento de residuos líquidos.

5.1.- Caracterización de los equipos

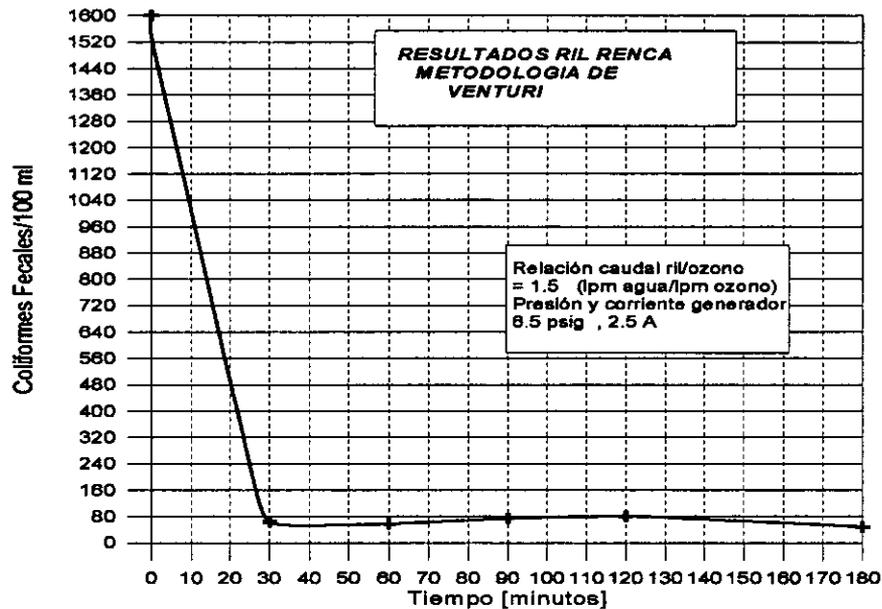
La técnica de caracterización ha sido desarrollada en el contexto del presente proyecto y queda como una herramienta de medida tecnológica aplicable en futuros desarrollos. Las concentraciones de ozono alcanzadas para los equipos evaluados en el proyecto, corresponden a concentraciones de ozono de 30 gr/hr en condiciones confiables y de 50 gr de O₃/hr a plena potencia en tiempos limitados de uso. Las concentraciones de oxígeno se encuentran entre 60 y 80% y dependen de la presión de salida requerida. La eficiencia de generación y las curvas de generación podrán ser construidas para cada nuevo generador que se desarrolle, puesto que los instrumentos empleados para realizar las mediciones así como los procedimientos de muestreo y medición confiable, son parte de la transferencia tecnológica realizada desde la universidad a la empresa.

5.2.- Aplicación de Ozono a los Riles

La aplicación de ozono se ha realizado sobre riles industriales que cuentan con un tratamiento primario y secundario, de esta forma, la aplicación de ozono en riles se ha realizado como un método terciario. Los riles tratados durante la experiencia corresponden a los de las empresas Explotaciones Sanitarias S.A. y Patagónia Salmon Farming S.A. La naturaleza de cada uno de estos riles es completamente diferente, considerando, que la primera trata residuos de muchas industrias del sector de Quilicura y en grandes volúmenes y que Patagónia trata riles exclusivos del proceso de salmón.

Las pruebas realizadas permitieron observar el comportamiento de los parámetros de aspecto, fisico-químico (DQO, DBO) así como los microbiológicos de los riles frente a la acción del ozono. De esta forma todos los resultados obtenidos demostraron abatimiento de la materia orgánica y eliminación de microorganismos patógenos en tiempos variables según la técnica utilizada y según el tipo de ril.

Para el ril de ESSA se obtuvo un abatimiento de DBO y de DQO similar para ambos índices y que está entorno del 58%. En cuanto a los resultados microbiológicos luego de unos minutos de exposición al ozono, la cantidad de coliformes fecales se redujo drásticamente de valores mayores de 1600 a valores del orden de 31 coliformes/100ml en el mejor de los casos. La curva mostrada a continuación es un ejemplo de la evolución de contaminantes en el tiempo de aplicación:



. En gran medida, el olor y el color de un ril está sujeto a la población de microorganismos presentes en él, para el caso de las aguas de ESSA se observa una mejoría considerable de estos aspectos una vez transcurridos 90 minutos de ensayo a niveles de Ozonización detallados con anterioridad.



El ril denominado agua-sangre estudiado para Patagónia Salmón presentó niveles elevados de contaminación orgánica. Para este ril en particular, los valores de DBO5 obtenidos luego de una ozonización son extremadamente bajos llegando en algunos casos a valores por debajo de la unidad. Por esto, la tendencia de los resultados microbiológicos indica que una vez tratado químicamente el ril, este, contiene una baja población de coliformes por lo que la adición de ozono garantizará una mínima población microbiana en el ril antes de ser arrojado al mar. El color del ril es drásticamente reducido de rojo fuerte a un tenue amarillo, el olor de este ril una vez tratado, es prácticamente imperceptible, por lo que, la reducción de estos dos aspectos, el olor y el color, dan una mejor apariencia al ril una vez tratado.

En el **Anexo III** se encuentra el resultado detallado de las experiencias realizadas en la tercera parte de este trabajo de investigación en plantas.

5.3.- Dinámica de la acción del ozono

El proyecto permitió estudiar la dinámica ozono-ril a diferentes niveles de escala. Es así como se estudió tanto a nivel de laboratorio, piloto e industrial, pudiendo conocer cualitativa y cuantitativamente el comportamiento de los riles frente al tratamiento con ozono.

A nivel piloto se estudiaron dos metodologías que permitieron una optimización de los mecanismos de difusión en el ril, en particular, para este propósito se utilizaron las aguas contaminadas provenientes de la empresa ESSA. La primera fue la difusión de ozono mediante un inyector venturi y la segunda consistió en difundir ozono a través de una membrana porosa, mecanismo denominado "micro burbujas". Se observó que el método de micro burbujas tiene ventajas comparativas respecto al sistema venturi, sobretodo cuando se analiza la eficiencia de abatimiento en los primeros minutos para el DBO.

A nivel de aplicación general, el sistema venturi es aconsejable para sistemas de recirculación de bajo caudal y gran presión, para aguas con reducida carga microbiana y sólida, este método conjuga la inyección de ozono en el ril con la presión y caudal aplicados al sistema. Esta íntima relación entre caudal de agua e inyección de ozono puede generar problemas derivados de la disminución de la presión de línea, deprimiendo la inyección de ozono y aumentando la probabilidades de falla en la unidad generadora de ozono.

Por su parte, el método de micro burbujas, permite escalar sus resultados con mayor facilidad que el método venturi, este método posibilita gobernar independientemente la difusión de ozono del caudal de ril impuesto

Cualitativamente se han obtenido resultados sorprendentes respecto del ril de ESSA que por naturaleza es complejo ya que contiene compuestos no biodegradables desde que la relación

DQO/DBO $>1,4$ esto asociado al nivel de color y disminución de microorganismos patógenos obtenidos para este ril.

Se ha verificado de acuerdo a la literatura y a la experiencia obtenida que un buen diseño de planta de tratamiento depende del tipo de ril a tratar, del tiempo de tratamiento y del caudal a tratar. Esto permite concluir que en cada caso es fundamental realizar ensayos a nivel de laboratorio que permitan determinar, en concreto, la cantidad de ozono a difundir en el agua para obtener los resultados esperados.

El desarrollo del proyecto permitió establecer parámetros de diseño aplicables a nivel industrial para la difusión del ozono en el ril. El diseño industrial está definido por un número definido de generadores de ozono un estanque de contacto una serie de membranas difusoras más el equipamiento técnico necesario para controlar el sistema.

Desde que el generador de ozono diseñado permite obtener con seguridad una cantidad de ozono de 30 gr O_3/hr para regímenes constantes de aplicación y 50 gr O_3/hr para solicitudes puntuales de ozono en tiempos cortos se desarrollo un prototipo de tipo comercial que cumple con las características necesarias de funcionalidad, de visualización los parámetros de operación y control así como de seguridad. De esta misma forma, el acoplamiento entre el generador de oxígeno diseñado y construido permite acoplar un sistema comercial de generación de ozono a partir de un generador de oxígeno.

5.4.- Generación de oxígeno

Respecto del generador de oxígeno se revisaron los modelos matemáticos macroscópicos contemporáneos que describen, a nivel de volumen de control diferencial, la separación del aire en oxígeno y nitrógeno por zeolitas en la atmósfera con presión variable en el tiempo. Se escogió y construyó un modelo matemático transiente que permite analizar la concentración y producción del oxígeno. Se construyó la solución analítica del modelo matemático que predice la concentración del oxígeno y los tiempos de cada etapa en función de la relación Presión máxima / Presión mínima, L = la altura del cilindro y β_A , β_B que son las isotermas de la zeolita.

Finalmente, se construyó el concentrador de oxígeno con presiones y flujos de trabajo correspondientes a las predicciones teóricas. Para poder controlar los cuatro tiempos de un ciclo de la producción, se hizo el diseño y el desarrollo de un sistema electrónico de control que dirige las cuatro válvulas del sistema.

Se hicieron los ensayos con los flujos y presiones de trabajo mencionados con el propósito de ajustar los resultados teóricos y los experimentales y se llegó a comprobar las concentraciones esperadas.

En el Anexo IV se encuentra detallado el resultado de estas investigaciones.

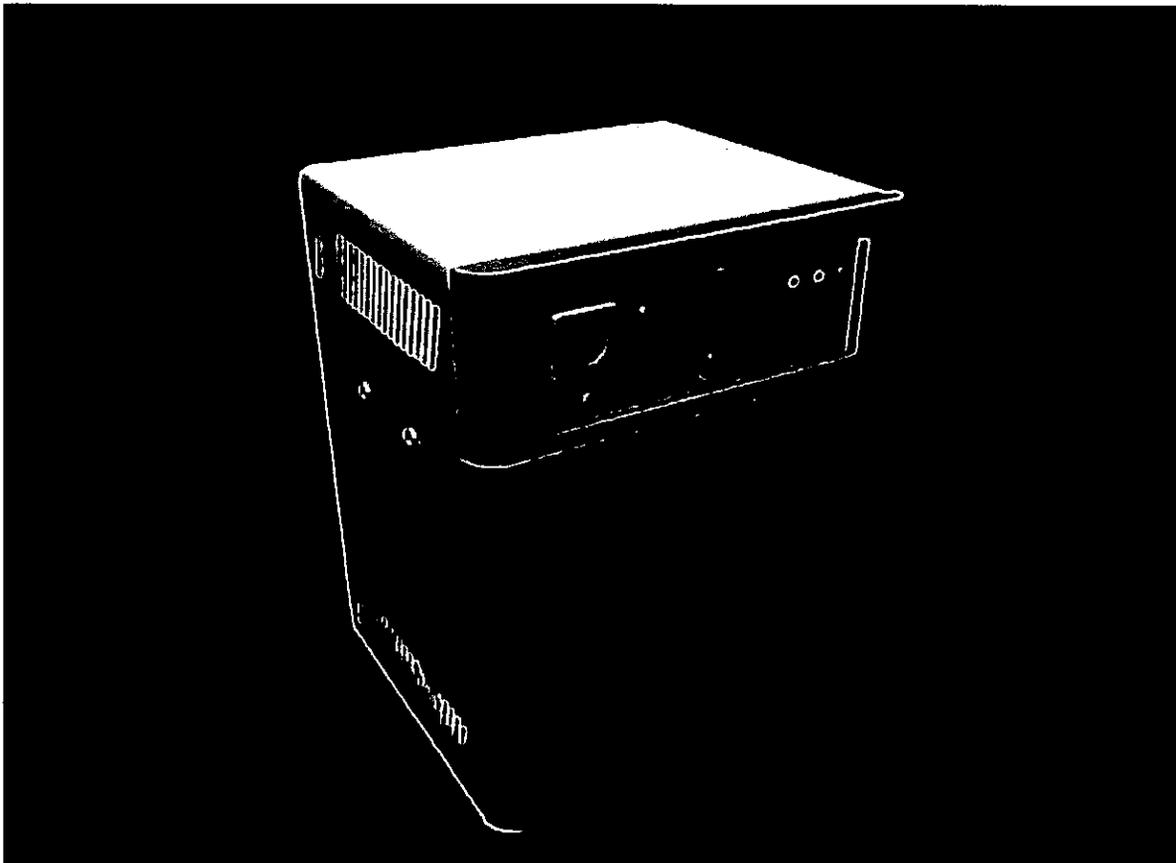
5.5.- Parámetros de diseño y Prototipo comercial

5.5.1.- Generador de ozono

Del análisis de datos del proyecto hemos obtenido los parámetros de diseño ideal para desarrollar el primer equipo comercial. Según esto el generador de ozono tendrá las siguientes características:

Nombre:	Equipo Generador de Ozono
Producción:	Nominal: 30-35 gr O3/hr @5 psi, 10 lpm O2. Plena Carga: 45-50 gr O3/hr @5 psi, 10 lpm O2
Alimentación:	Voltaje: 220 V, monofásico, Corriente: 10 A, Potencia : 2200 Watt
Dimensiones:	Alto: 92,5 cm, Ancho: 52,2 cm, Largo: 62,9 cm
Peso:	80 kilogramos

El diseño del generador de ozono está basado en la necesidad de entregar al mercado un equipo con una apariencia vistosa y a la vez fácil de operar. El diseño comercial permite operar rápida y certeramente la unidad generadora, controlando en todo momento los parámetros de operación del sistema, los instrumentos de control se encuentran ubicados sobre una placa termoformada de color gris denominada panel de control.



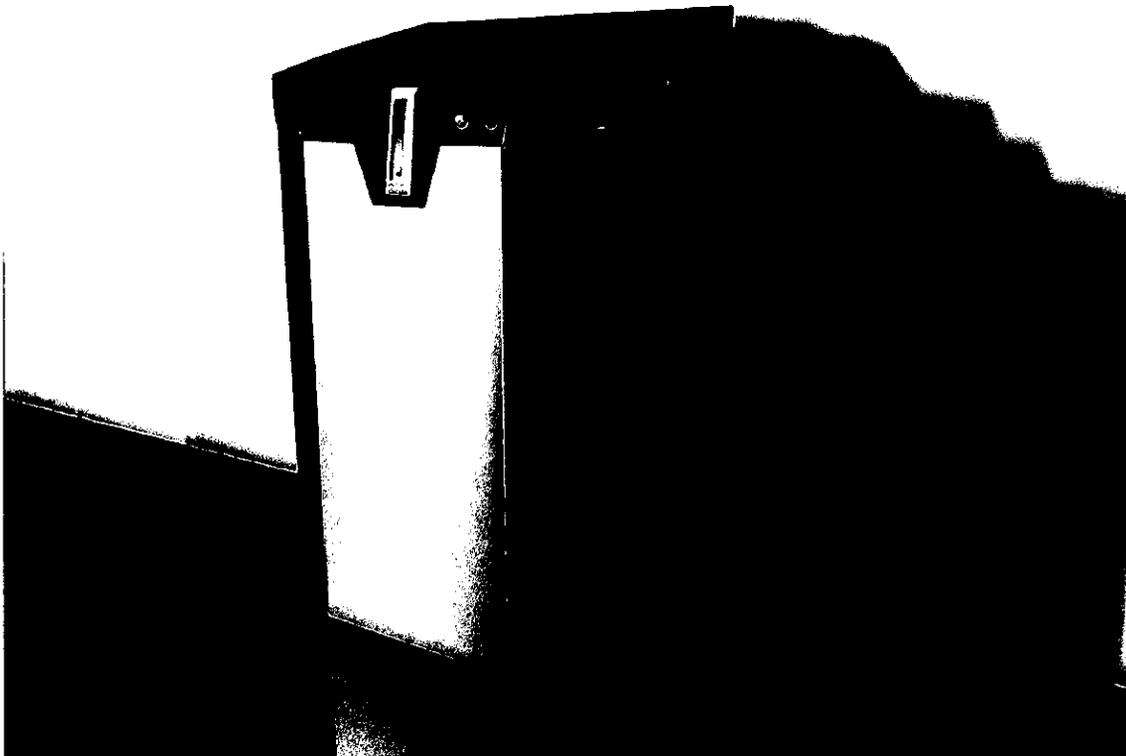
5.5.1.- Generador de oxígeno

Del análisis de datos del proyecto hemos obtenido los parámetros de diseño ideal para desarrollar el primer equipo comercial. Según esto el generador de oxígeno tendrá las siguientes características:

Nombre:	Equipo Concentrador de Oxígeno
Producción:	15 lpm
Presión:	15 PSI
Alimentación:	Voltaje: 220 V, Frecuencia: 50 HZ
Dimensiones:	Alto: 850 mm, Ancho: 500mm , Largo: 400mm
Peso:	30 kg aprox.

Compresor de aire libre de aceite

El funcionamiento de la unidad depende tanto del compresor de aire, como del control electrónico de las válvulas solenoides, el control de los tiempos de operación de cada válvula es definida gracias a un conjunto de potenciómetros que regulan los cierres y aperturas de ellas. La operación de la unidad es sencilla, necesitando solamente de pulsar el switch encendido-apagado y el control del caudal desde el rotámetro instalado al frente de la unidad concentradora.



6.- IMPACTOS DEL PROYECTO

Hemos visto una oportunidad con las tendencias a la producción limpia y dentro de esto en tecnologías que no se han desarrollado en Chile ó están en una fase incipiente de actividad.

La utilización de ozono como desinfectante natural tiene un elevado potencial como producto nacional y más aún como producto de exportación regional en la medida que se implantan legislaciones más exigentes con los países vecinos.

Los resultados de la investigación, han permitido conocer en forma precisa las capacidades de los equipos actuales, frente a requerimientos reales de este mercado. Se ha obtenido un equipo potente y con la capacidad de cumplir satisfactoriamente las características de la oferta. La investigación también ha entregado parámetros para diseñar otros equipos y proyectar demandas que ampliarán la oferta de INSESA.

La cobertura del mercado de la competencia es aún muy reducida y existe un potencial de crecimiento muy grande debido a que la legislación recién empieza a ser exigente. Por este motivo se ha definido como objetivo de ventas lograr alcanzar un 30% de mercado en un plazo de cuatro años y considerar que en la medida que el producto se va masificando y la autoridad se va haciendo más estricta, la acción de venta generará mejores resultados.

Si el mercado nacional es el objetivo prioritario para los próximos cinco años, para ese entonces los mercados latinoamericanos estarán más desarrollados y además se tendrá un dominio de los elementos del mercado local y un control de la tecnología.

La estrategia comercial para primera fase será cubierta en forma individual e independiente de las otras actividades de Insesa. Con este propósito se creará una empresa filial que desarrolle una identidad corporativa adecuada para el campo de operación.

Los beneficios para la empresa provienen directamente de la distribución y venta o arriendo de los equipos desarrollados, pero adicionalmente, la comercialización de un producto de alta tecnología en un medio industrial en crecimiento, traerá aparejada una demanda adicional de equipos de proceso que la empresa estará muy interesada en desarrollar.

Estimamos que la evaluación económica realizada al inicio del proyecto es aún válida, en el sentido de considerar que una empresa independiente, con todos sus recursos materiales, económicos y de personal pueden hacer de este un negocio interesante. El Valor Actualizado Neto estimado para el proyecto fue de US\$ 351,959.0 y una Tasa Interna de Retorno del 40%, considerando que la proyección económica no incluía las ventas de exportación.

A dos años de esa evaluación, las condiciones de la economía son un tanto mas adversas y pueda ser necesario re-estudiarlas, pero existen nuevos mecanismos de apalancamiento que pueden ser útiles de considerar para seguir adelante.

Los planes siguientes contemplan formular un proyecto de Preinversión para Escalamiento Productivo en Proyectos de Inversión y así re-evaluar las condiciones del mercado y estudiar las necesidades de recursos para realizar el escalamiento productivo.

En segundo lugar se está estudiando postular a fondos del FDI para Capital Semilla con el objeto de reforzar las necesidades de inversión en tecnología, y dar el salto definitivo a producciones comerciales.

A partir de ahí, se estudiará si los requerimientos de capital permiten continuar solos independientemente, o si será necesario recurrir a alianzas o a Venture Capital para continuar el desarrollo.

7.- ANEXOS

Los siguientes anexos complementan el informe final:

- ANEXO I : Estructura de Costos Reales del Proyecto
- ANEXO II : Implementación de Resultados del Proyecto
- ANEXO III : Informe Técnico de Resultados de la Tercera Etapa
- ANEXO IV : Diseño de los equipos Comerciales

ANEXO I
PROYECTO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA
LINEA 1

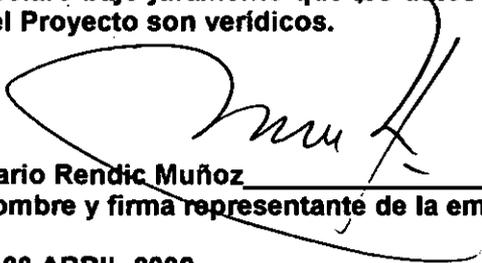
CÓDIGO PROYECTO

201 - 2607

1.- ANTECEDENTES DEL SOLICITANTE	
NOMBRE O RAZON SOCIAL INSESA Ingeniería y Servicios S.A.	RUT: 96,534,100-5
TIPO DE SOCIEDAD: GIRO: Fabricación de Maquinaria	AÑO CONSTITUCIÓN: 1988
DIRECCIÓN Panamericana Norte 18,800	CODIGO POSTAL Casilla 50960 Correo Central Santiago
COMUNA Lampa CIUDAD: Santiago	REGIÓN: Metropolitana
FONOS: (562) 738 70 48	FAX: (562) 738 70 23
RESPONSABLE DE LA EMPRESA ANTE FONTEC: Mario Rendic	RUT: 5,715,679-0
CARGO: Director Comercial	E-MAIL rendic@insesta.cl

PARTIDAS DE COSTO/ ITEM	COSTO TOTAL (M\$)
Personal Dirección e Investigación	28,351,156
Personal de Apoyo	10,141,555
Servicios Materiales y Otros	18,884,687
Uso de Bienes de Capital	9,706,000
Adquisición de Bienes de Capital	540,400
Costo Total (\$)	67,623,798
Monto Solicitado a Fontec (\$) UF 2,110 a 16,000 \$/UF	33,760,000

Declaro bajo juramento que los datos contenidos en este Resumen de Estructura de Costos del Proyecto son verídicos.


Mario Rendic Muñoz
Nombre y firma representante de la empresa

Carmen Luz Halabi
Nombre y firma Contador

28 ABRIL 2002
Fecha

ANEXO II IMPLEMENTACION DE LOS RESULTADOS DEL PROYECTO

Código Proyecto	201 – 2607
Título Proyecto	<i>Ecozono, Ozono como agente Recuperador del Ecosistema</i>
Empresa solicitante	INSESA Ingeniería y Servicios S.A.
RUT Empresa	96.534.100 - 5
Entidad Ejecutora	INSESA - Universidad de Santiago

IMPLEMENTACION DE LOS RESULTADOS DEL PROYECTO

Los resultados de la investigación, han permitido conocer en forma precisa las capacidades de los equipos actuales, frente a requerimientos reales de este mercado.

Se ha obtenido un equipo potente y con la capacidad de cumplir satisfactoriamente las características de una oferta específica. El equipo conseguido, es en si un producto comercial y se continuará los esfuerzos para masificarlo en el mercado.

La investigación también ha entregado parámetros para diseñar otros equipos y proyectar demandas que ampliarán la oferta de INSESA. A partir de las cifras de capacidad de producción de ozono y de los requerimientos observados en el mercado se estudiarán los equipos necesarios de desarrollar para cubrir un espectro comercial mas integral.

Los planes siguientes contemplan formular un proyecto de Preinversión para Escalamiento Productivo en Proyectos de Inversión y así re-evaluar las condiciones del mercado y estudiar las necesidades de recursos para realizar el escalamiento productivo.

En segundo lugar se está estudiando postular a fondos del FDI para Capital Semilla con el objeto de reforzar las necesidades de inversión en tecnología, y dar el salto definitivo a producciones comerciales.

A partir de ahí, se estudiará si los requerimientos de capital permiten continuar solos independientemente, o si será necesario recurrir a alianzas o a Venture Capital para continuar el desarrollo.

ANEXO III

INFORME TÉCNICO DE RESULTADOS DE LA TERCERA ETAPA

Se reportan aspectos propios del desarrollo de la tercera y última etapa del proyecto. En estas, se reportan los resultados obtenidos en el proceso de implementación de metodologías de difusión de ozono a nivel piloto en los riles de “Explotaciones Sanitarias S. A. ESSA” y “Patagónica Salmon Farming”.

El contenido en sí contempla los resultados de las siguientes etapas de trabajo:

- Aplicación de ozono mediante metodología “Venturi” a Ril de ESSA.
- Aplicación de ozono mediante metodología de “Difusión de Microburbujas” a Ril de ESSA.
- Aplicación de ozono mediante metodología “Venturi” a Ril de la Salmonera Patagonia
- Diseño final y caracterización de generador de oxígeno.

Como se desprende de los informes anteriores, en la actualidad, se cuenta con equipos de generación de ozono plenamente caracterizado y con plantas a nivel de laboratorio y piloto para establecer las relaciones volumétricas óptimas de ozono y RIL dependiendo de cada caso en particular.

A pesar de lo anterior y de existir ya el diseño piloto para tratamiento de riles de plantas utilizando la metodología denominada “Venturi”, en esta etapa del proyecto, se ha buscado alternativas de optimización de la difusión del ozono en los riles. Para este fin, se ha implementado un segundo diseño que permite:

- Flexibilidad de escala para la implementación en cualquier planta.
- Rapidez de instalación con mínima modificación estructural del sistema de drenaje del ril existente.
- Viabilidad económica.
- Mínimo consumo de ozono y rápida oxidación de la materia orgánica.

El sistema diseñado con estos objetivos, es descrito en el presente informe y para todos los efectos se denominará sistema de “Difusión de Microburbujas”.

Los análisis de resultados de la reacción del ozono con cada RIL, cuando corresponda y para cada sistema, se reportarán los aspectos de decoloración en el tiempo, niveles de DQO y DBO además, de los análisis de carácter microbiológico.

Como una forma de dar una visión global del proyecto y considerando que en el proyecto original se especificaron aspectos de implementación en planta, pruebas de terreno, evaluación de resultados y definición de parámetros de diseño; en este informe, se incluye todo lo anterior específicamente para cada planta. De esta forma originalmente se realiza el estudio para Explotaciones Sanitarias S.A. y posteriormente para Patagónica Salmon Farming S.A.

**PRUEBAS DE OZONIZACIÓN A NIVEL PILOTO EN RIL DE ESSA, EXPLOTACIÓN
SANITARIA S.A.**

METODOLOGÍA DE VENTURI

Los ensayos realizados para el RIL de ESSA, Renca, fueron desarrollados a partir del día 27 de noviembre del 2001. Los objetivos planteados son básicamente tres:

- Evaluar cualitativamente el efecto del ozono sobre la coloración del RIL
- Verificar el efecto del ozono en términos de DQO del RIL
- Verificar el efecto del ozono en términos microbiológicos del RIL

Las muestras analizadas corresponden a 6 muestras conforme se observa en la siguiente tabla:

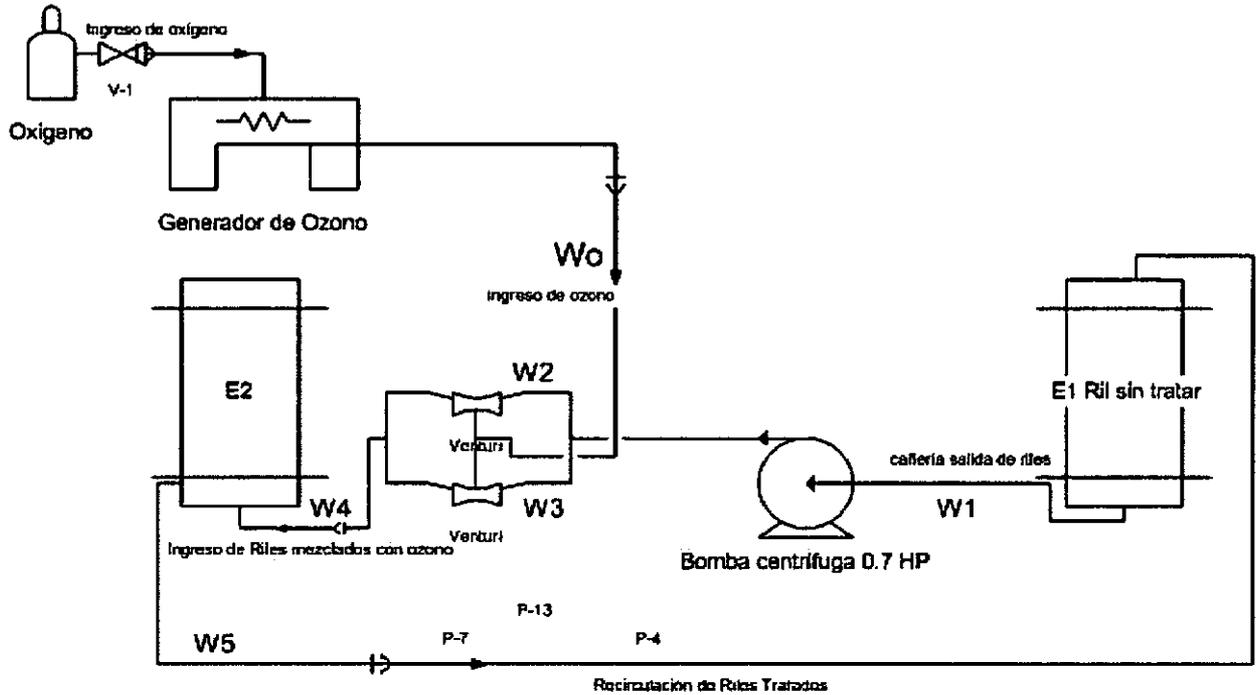
NUMERO DE MUESTRA	CARACTERISTICAS DEL ORIGEN DEL RIL
Muestra 0	Ril original de ESSA
Muestra 1	Ril recolectado transcurridos 30 minutos de ozonización
Muestra 2	Ril recolectado transcurridos 60 minutos de ozonización
Muestra 3	Ril recolectado transcurridos 90 minutos de ozonización
Muestra 4	Ril recolectado transcurridos 120 minutos de ozonización
Muestra 5	Ril recolectado transcurridos 180 minutos de ozonización

Como se observa, las diferentes muestras permiten establecer la dinámica de oxidación en el tiempo para el ril en estudio, de esta forma considerando los parámetros de operación del generador de ozono y los flujos de la circulación de agua es posible analizar el abatimiento de la materia orgánica en el tiempo para cada ril mediante la respectiva metodología utilizada.

METODOLOGÍA DE ENSAYOS.

Las muestras anteriormente descritas fueron sometidas a ozonización en una planta a nivel piloto descrita en la siguiente figura. Los volúmenes tratados corresponden a 200 litros de ril los cuales han sido extraídos directamente de las instalaciones de ESSA, Explotación Sanitaria S. A.

Como se observa, la metodología empleada corresponde a la de "venturi", dos de estos sistemas han sido instalados en paralelo. En términos fundamentales, la reacción ozono – ril se produce en aquellos dispositivos exclusivamente al punto que el posible ozono residual en el ril tiene oportunidad de interactuar en el reactor denominado E2 en la figura.



Esquema de la planta piloto diseñada para tratamiento de Ril de ESSA utilizando la metodología de "Venturi".

En la figura anterior, el ril es inyectado mediante la bomba centrífuga y el ozono proveniente del generador reacciona fundamentalmente en ambos venturi. La recirculación de los riles tratados es conducido al estanque central de 200 litros mediante la canalización W5.

Muestra N°	Caudal agua (lpm)	Caudal ozono (lpm)	Intensidad (Amperes)	Presión (Psi)	Tiempo Prueba (min)		Observaciones
					Parcial	total	
1	15	10	2.5	6.5	30	30	
2	15	10	2.5	6.5	30	60	
3	15	10	2.5	6.5	30	90	
4	15	10	2.5	6.5	30	120	
5	15	10	2.5	6.5	60	180	

Según los datos registrados en la generación de ozono se reporta una cantidad de 34 gr O3/hr.

RESULTADOS PARA RIL DE ESSA

Los resultados mostrados a continuación corresponden a los análisis Físicoquímicos y microbiológicos del RIL de ESSA en estudio. En cada sección se reporta el análisis previo al sometimiento de ozono y los resultados post difusión de ozono.

RESULTADOS FISICOQUIMICOS

En cada tabla a continuación, se muestran los resultados de cada RIL estudiado y especificados como original (correspondiente a la muestra 0) y ozonizado para describir el efecto del ozono en la respectiva muestra analizada.

Las técnicas analíticas utilizadas en los respectivos indicadores de calidad son los siguientes; para:

Temperatura	⇒ Termometría digital
PH	⇒ Electrometría
ORP	⇒ Electrometría
K	⇒ Electrometría
DQO	⇒ Vol. Dicromatométrica c/reflujo
DBO	⇒ Técnica Winkler c/Azida Sódica

MUESTRA 1

INDICADOR DE CALIDAD	RIL ORIGINAL (MUESTRA 0)	RIL OZONIZADO
Temperatura	16,5 °C	15,2 °C
PH	8,10 s/escala	7,96 s/escala
ORP: Potencial Redox	410 mV	456 mV
K. Conductividad Específica	1750 µmho/cm	1775 µmho/cm
DQO: Demanda Química de Oxígeno	516 mg/lt	472 mg/lt
DBO ₅₋₂₀ : Demanda Biológica de Oxígeno	- mg/lt	- mg/lt

MUESTRA 2

INDICADOR DE CALIDAD	RIL ORIGINAL (MUESTRA 0)	RIL OZONIZADO
Temperatura	16,5 °C	14.9 °C
PH	8,10 s/escala	8,02 s/escala
ORP: Potencial Redox	410 mV	476 mV
K. Conductividad Específica	1750 µmho/cm	1710 µmho/cm
DQO: Demanda Química de Oxígeno	516 mg/lt	369 mg/lt
DBO ₅₋₂₀ : Demanda Biológica de Oxígeno	- mg/lt	- mg/lt

MUESTRA 3

INDICADOR DE CALIDAD	RIL ORIGINAL (MUESTRA 0)	RIL OZONIZADO
Temperatura	16,5 °C	11,9 °C
PH	8,10 s/escala	8,20 s/escala
ORP: Potencial Redox	410 mV	315 mV
K. Conductividad Específica	1750 µmho/cm	1750 µmho/cm
DQO: Demanda Química de Oxígeno	516 mg/lt	276 mg/lt
DBO ₅₋₂₀ : Demanda Biológica de Oxígeno	- mg/lt	- mg/lt

MUESTRA 4

INDICADOR DE CALIDAD	RIL ORIGINAL (MUESTRA 0)	RIL OZONIZADO
Temperatura	16,5 °C	11,2 °C
PH	8,10 s/escala	8,18 s/escala
ORP: Potencial Redox	410 mV	332 mV
K. Conductividad Específica	1750 µmho/cm	1780 µmho/cm
DQO: Demanda Química de Oxígeno	516 mg/lt	239 mg/lt
DBO ₅₋₂₀ : Demanda Biológica de Oxígeno	- mg/lt	- mg/lt

MUESTRA 5

INDICADOR DE CALIDAD	RIL ORIGINAL (MUESTRA 0)	RIL OZONIZADO
Temperatura	16,5 °C	10,7 °C
PH	8,10 s/escala	7,93 s/escala
ORP: Potencial Redox	410 mV	405 mV
K. Conductividad Específica	1750 µmho/cm	1905 µmho/cm
DQO: Demanda Química de Oxígeno	516 mg/lt	221 mg/lt
DBO ₅₋₂₀ : Demanda Biológica de Oxígeno	- mg/lt	- mg/lt

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

El peligro más común y más difundido relativo al agua es el de su contaminación por aguas residuales, otros desechos y por excretas del hombre y animales. El agua, así contaminada, es una importante fuente de transmisión de enfermedades infecciosas, no sólo por ingestión sino también por contacto con la piel y mucosas y por penetración a través de las vías respiratorias.

Dentro de los análisis de agua cabe destacar como organismos indicadores de contaminación fecal

- Organismos del grupo coliforme (coliformes totales)
- Organismos coliformes fecales (termorresistentes)

e Indicadores de la calidad del agua

- Recuento del número de microorganismos aerobios (Agar plate Count).

Debido a que las bacterias del grupo coliformes están presentes en grandes cantidades en los excrementos y pueden detectarse en concentraciones de hasta 1 por 100 ml, constituyen un indicador de una gran sensibilidad para comprobar la contaminación fecal en el agua

Metodológicamente, los coliformes fecales se analizan basándose en su metabolismo fermentativo, con producción de gas que se almacena en una campana de Durham debido a que es liberado en el fondo del tubo. Este estudio es particularmente importante porque los coliformes son microorganismos indicadores de contaminación viral presentes en aguas industriales (enterovirus, reovirus, adenovirus, etc) y, adicionalmente, permiten evaluar el riesgo de la presencia de enterobacterias patógenas.

Para el estudio del Número Mas Probable de Coliformes (NMP), se hacen diluciones seriadas decimales de la muestra y se siembran cinco tubos de caldo por cada dilución (10, 1, 0.1). La alta calidad de los nutrientes y la presencia de tampón fosfato en el medio de cultivo, asegura un rápido crecimiento y aumentada producción de gas en bacterias coliformes, y la lauril-sulfato-triptosa la inhibición de bacterias no deseadas. Cada tubo positivo, es decir con producción de gas, se confirma para Coliformes Fecales utilizando el medio de cultivo EC que contiene lactosa y sales biliares. Los coliformes fecales son capaces de metabolizar la lactosa, produciendo gas, y las sales biliares inhiben el crecimiento de otras bacterias contaminantes no fecales.

Considerando lo anterior, el objetivo de esta etapa, fue disminuir la carga microbiana del ril industrial utilizando ozono con parámetros bien definidos de tiempo, flujo y concentración de ozono.

MUESTRA 1

TIPO DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO	RIL ORIGINAL MUESTRA 0	RIL OZONIZADO
Recuento de M.O. aerobios mesófilos viables, RAM.	$>1.0 \cdot 10^6$ ufc/ml	$>2.0 \cdot 10^6$ ufc/ml
Número mas probable NMP/100 ml	>1600	>1600
Coliformes Fecales/100 ml	>1600	62

MUESTRA 2

TIPO DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO	RIL ORIGINAL MUESTRA 0	RIL OZONIZADO
Recuento de M.O. aerobios mesófilos viables, RAM.	$>1.0 \cdot 10^6$ ufc/ml	$6.4 \cdot 10^6$ ufc/ml
Número mas probable NMP/100 ml	>1600	>1600
Coliformes Fecales/100 ml	>1600	56

MUESTRA 3

TIPO DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO	RIL ORIGINAL MUESTRA 0	RIL OZONIZADO
Recuento de M.O. aerobios mesófilos viables, RAM.	$>1.0 \cdot 10^6$ ufc/ml	$2.3 \cdot 10^6$ ufc/ml
Número mas probable NMP/100 ml	>1600	>1600
Coliformes Fecales/100 ml	>1600	72

MUESTRA 4

TIPO DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO	RIL ORIGINAL MUESTRA 0	RIL OZONIZADO
Recuento de M.O. aerobios mesófilos viables, RAM.	$>1.0 \cdot 10^6$ ufc/ml	$1.7 \cdot 10^6$ ufc/ml
Número mas probable NMP/100 ml	>1600	240
Coliformes Fecales/100 ml	>1600	79

MUESTRA 5

TIPO DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO	RIL ORIGINAL MUESTRA 0	RIL OZONIZADO
Recuento de M.O. aerobios mesófilos viables, RAM.	$>1.0 \cdot 10^6$ ufc/ml	$1.7 \cdot 10^5$ ufc/ml
Número mas probable NMP/100 ml	>1600	180
Coliformes Fecales/100 ml	>1600	46

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS PARA RIL DE ESSA MEDIANTE METODOLOGÍA DE VENTURI

Como una forma de presentar los resultados en forma sintética para efectos comparativos, en las gráficas siguientes se muestran las curvas de DQO en función del tiempo y Coliformes Totales en función del tiempo. Las marcas establecidas en cada gráfica son los verdaderamente obtenidos en términos experimentales, sin embargo, la curva trazada corresponde a una aproximación del proceso para efectos de establecer las tendencias del fenómeno de abatimiento de la materia orgánica.

En cada gráfico, además de explicitar el ril y la metodología empleada, se ha establecido la relación volumétrica (en el tiempo) entre el ril y ozono, además, de las características de operación

del generador. Este parámetro se ha considerado importante para efectos comparativos entre diferentes riles y metodologías a emplear en otras aplicaciones.

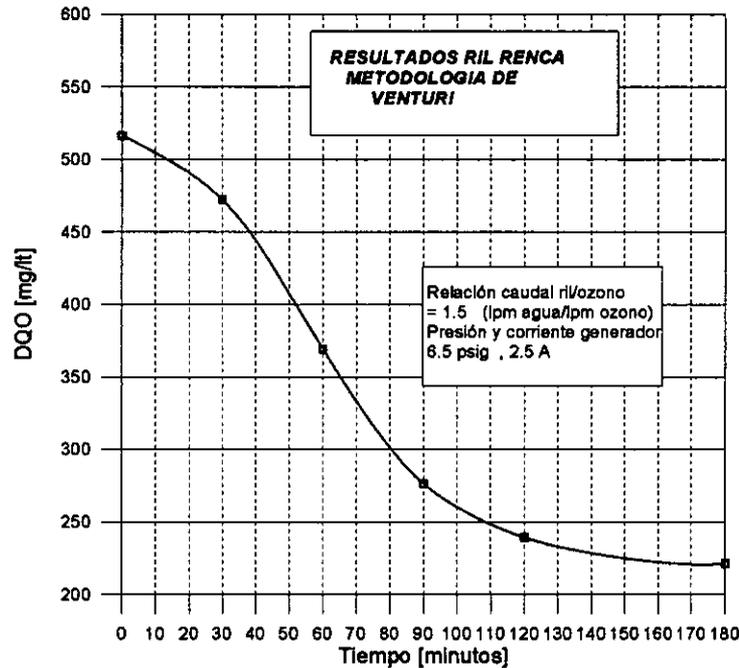


Gráfico del DQO en función del tiempo para Ril de ESSA

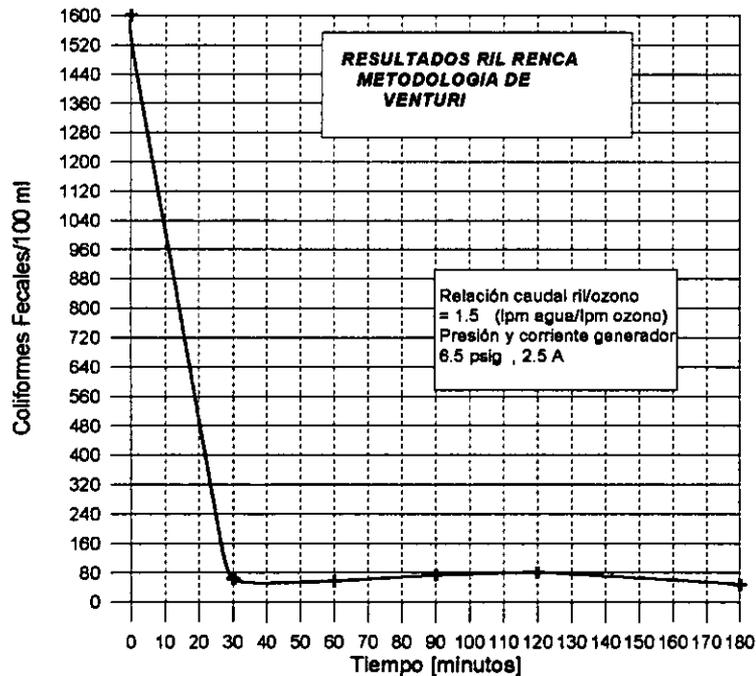


Gráfico de los coliformes fecales en función del tiempo para Ril de ESSA

DISCUSIÓN DE RESULTADOS FISICOQUIMICOS PARA RIL DE ESSA CON TÉCNICA VENTURI

Los resultados muestran que el valor del ph en la práctica no es afectado por el ozono, produciéndose una situación similar con la conductividad específica. De esta forma, se puede decir que la presencia de iones no es prácticamente afectada por la degradación de la materia orgánica presente, a causa del ozono. Dado que este elemento es un oxidante enérgico, el potencial redox del medio tiende a aumentar su valor positivo, como consecuencia de su solubilidad, observándose una reducción del mismo en la muestra Nº 3 con respecto a la anterior. Si bien la temperatura se reduce ligeramente en las muestras siguientes, el valor del ORP tiende nuevamente a aumentar. Como ya se ha demostrado, la DQO se reduce significativamente en el tiempo, a medida que el ozono entra en contacto con el RIL. Esto se explica mediante el poder fuertemente oxidante y degradativo del ozono con respecto a la materia orgánica presente, lo cual permite asegurar que la DBO₅ que será estudiada en ensayos posteriores para el mismo RIL, tomará valores muy inferiores a los máximos aceptados por las normas vigentes en Chile, para aguas superficiales (300 mg/Litro). Cabe finalmente hacer notar, que al término del ensayo (muestra Nº 5), el RIL estaba claramente decolorado con respecto a la muestra 0, lo cual constituía uno de los objetivos fundamentales del trabajo.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS PARA RIL DE ESSA CON TÉCNICA VENTURI

Los residuos industriales líquidos no clorados generados por la industria ESSA presentaron inicialmente cargas microbianas que superaban altamente lo dispuesto por la normativa chilena vigente, que establece un máximo de 1000 coliformes fecales por 100 ml de agua de ril.

Como metodología de trabajo propuesta, se trataron los riles con el método de ozonización mediante la metodología de Venturi y sus efectos fueron determinados mediante recuentos microbiológicos seriados.

Los resultados obtenidos muestran una gran efectividad. Mediante los ensayos microbiológicos se logró verificar que la ozonización permitió la disminución de la carga microbiana fecal en el Ril de ESSA. Se cuantificó un número de coliformes fecales adecuados y concordantes con las normas de nuestro país para este tipo de aguas industriales, lográndose esto a partir de un tratamiento de 30 minutos.

PRUEBAS DE OZONIZACIÓN A NIVEL PILOTO EN RIL DE ESSA, EXPLOTACIÓN SANITARIA S.A.

METODOLOGÍA DE DIFUSIÓN DE MICROBURBUJAS

Los ensayos realizados para el RIL de ESSA, Renca, fueron desarrollados a partir del mes de Febrero del 2002. Los objetivos, al igual que el caso anterior son básicamente :

- Evaluar cualitativamente el efecto del ozono sobre la coloración del RIL
- Verificar el efecto del ozono en términos de DQO del RIL
- Verificar el efecto del ozono en términos de DBO del RIL
- Verificar el efecto del ozono en términos microbiológicos del RIL

Las muestras analizadas corresponden a 6 muestras conforme se observa en la siguiente tabla:

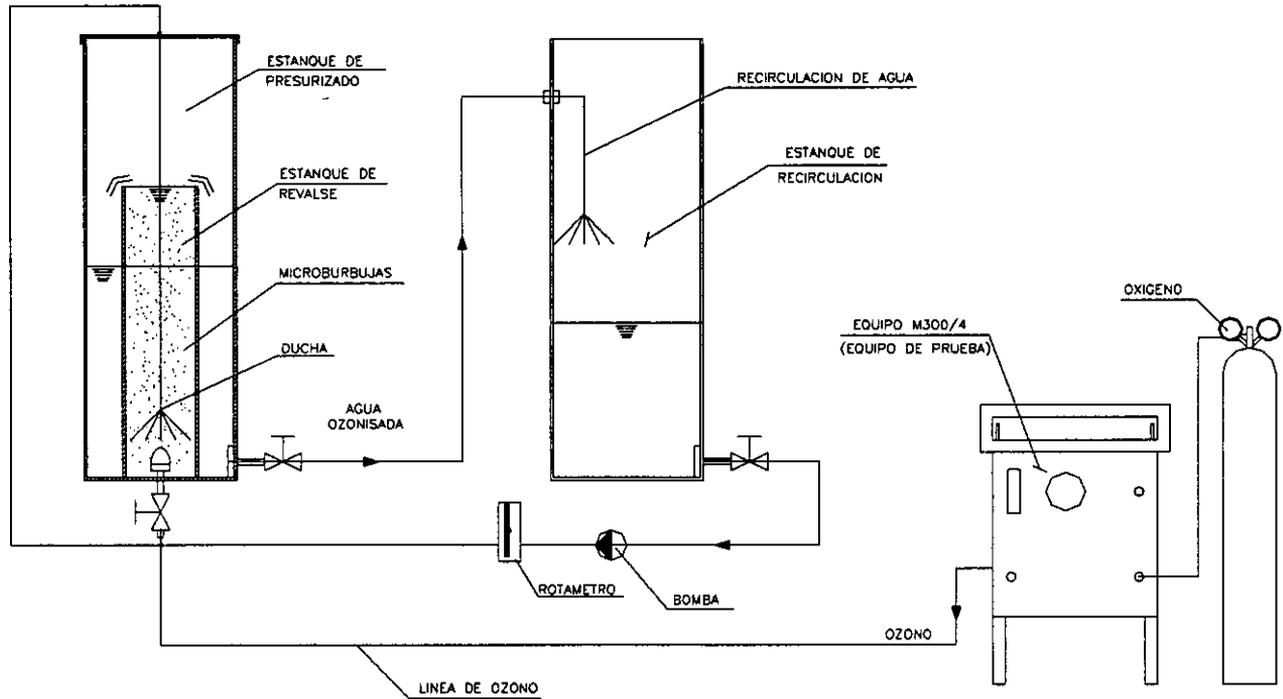
NUMERO DE MUESTRA	CARACTERISTICAS DEL ORIGEN DEL RIL
Muestra 0	Ril original de ESSA
Muestra 1	Ril recolectado transcurridos 30 minutos de ozonización
Muestra 2	Ril recolectado transcurridos 60 minutos de ozonización
Muestra 3	Ril recolectado transcurridos 90 minutos de ozonización
Muestra 4	Ril recolectado transcurridos 120 minutos de ozonización
Muestra 5	Ril recolectado transcurridos 150 minutos de ozonización
Muestra 6	Ril recolectado transcurridos 180 minutos de ozonización

Como se observa, las diferentes muestras permiten establecer la dinámica de oxidación en el tiempo para el ril en estudio, de esta forma considerando los parámetros de operación del generador de ozono y los flujos de la circulación de agua es posible analizar el abatimiento de la materia orgánica en el tiempo para cada ril mediante la respectiva metodología utilizada.

METODOLOGÍA DE ENSAYOS.

Las muestras anteriormente descritas fueron sometidas a ozonización en una planta a nivel piloto descrita en la siguiente figura. Los volúmenes tratados corresponden a 200 litros de ril los cuales han sido extraídos directamente de las instalaciones de ESSA, Explotación Sanitaria S. A.

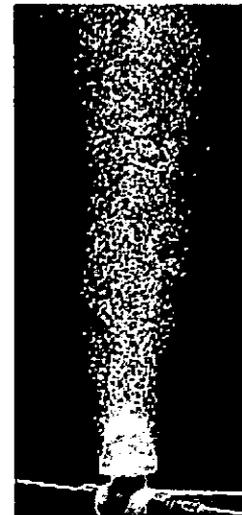
La metodología empleada corresponde a la denominada “difusión de micro burbujas” considerando que se emplea un difusor de micro burbujas especialmente diseñado para obtener el mayor número de micro burbujas que no calezcan entre ellas. Esto permite mejorar la difusión gas – líquido además del tiempo de contacto gas líquido.



Esquema de la planta piloto diseñada para tratamiento de Ril de ESSA utilizando la metodología de “difusión de microburbujas”.

El sistema de micro burbujas empleado es mostrado en la siguiente figura y como se observa, la simplicidad de instalación, el nivel de diámetro de burbujas y el que estas no presenten coalescencia, muestran importantes ventajas respecto al sistema que emplea el Venturi.

Representación real de un difusor de microburbujas utilizados con la metodología “difusión de microburbujas”



En la figura anterior, el ril es inyectado contracorriente al difusor de micro burbuja y al igual que el sistema anterior, el ril es impulsado mediante una bomba centrífuga y el ozono del generador. La recirculación de los riles tratados es conducido al estanque central de 200 litros mediante la canalización de la cual es extraída la muestra para ser analizada en laboratorio.

A modo resumen, en la siguiente tabla se reporta las condiciones de operación a la cual fue sometido el RIL de ESSA mediante la metodología de difusión de burbujas.

Muestra N°	Caudal agua (lpm)	Caudal ozono (lpm)	Intensidad (Amperes)	Presión (Psi)	Tiempo Prueba (min)		Observaciones
					Parcial	total	
1	12.11	10	3	5	30	30	
2	11.35	10	3	5	30	60	
3	11	10	3	5	30	90	
4	11	10	3	5	30	120	
5	11	9	3.5	5	30	150	
6	11	9	3.5	5	60	180	Muestra recolectada de cilindro interior

La cantidad de ozono aplicada según valores de presión, caudal e intensidad de corriente corresponde a 34,5 grO₃/hr aproximadamente.

RESULTADOS PARA RIL DE ESSA

Los resultados mostrados a continuación corresponden a los análisis Físicoquímicos y microbiológicos del ril de ESSA en estudio. En cada sección se reporta el análisis previo al sometimiento de ozono y los resultados post difusión de ozono.

RESULTADOS FÍSICOQUÍMICOS

En cada tabla a continuación, se muestran los resultados de cada ril estudiado y especificados como original (correspondiente a la muestra 0) y ozonizado para describir el efecto del ozono en la respectiva muestra analizada.

Las técnicas analíticas utilizadas en los respectivos indicadores de calidad son los siguientes; para:

Temperatura	⇒ Termometría digital
PH	⇒ Electrometría
ORP	⇒ Electrometría
K	⇒ Electrometría
DQO	⇒ Vol. Dicromatométrica c/reflujo
DBO	⇒ Técnica Winkler c/Azida Sódica

MUESTRA 1

INDICADOR DE CALIDAD	RIL ORIGINAL (MUESTRA 0)	RIL OZONIZADO
Temperatura	21,5 °C	20,5 °C
PH	7,9 s/escala	7,88 s/escala
ORP: Potencial Redox	610 mV	679 mV
K. Conductividad Específica	2100 µmho/cm	2200 µmho/cm
DQO: Demanda Química de Oxígeno	385 mg/lt	295 mg/lt
DBO ₅₋₂₀ : Demanda Biológica de Oxígeno	209 mg/lt	172 mg/lt

MUESTRA 2

INDICADOR DE CALIDAD	RIL ORIGINAL (MUESTRA 0)	RIL OZONIZADO
Temperatura	21,5 °C	21 °C
PH	7,9 s/escala	7,82 s/escala
ORP: Potencial Redox	610 mV	650 mV
K. Conductividad Específica	2100 µmho/cm	2200 µmho/cm
DQO: Demanda Química de Oxígeno	385 mg/lt	180 mg/lt
DBO ₅₋₂₀ : Demanda Biológica de Oxígeno	209 mg/lt	115 mg/lt

MUESTRA 3

INDICADOR DE CALIDAD	RIL ORIGINAL (MUESTRA 0)	RIL OZONIZADO
Temperatura	21,5 °C	21,1 °C
PH	7,9 s/escala	7,80 s/escala
ORP: Potencial Redox	610 mV	576 mV
K. Conductividad Específica	2100 µmho/cm	2200 µmho/cm
DQO: Demanda Química de Oxígeno	385 mg/lt	171 mg/lt
DBO ₅₋₂₀ : Demanda Biológica de Oxígeno	209 mg/lt	110 mg/lt

MUESTRA 4

INDICADOR DE CALIDAD	RIL ORIGINAL (MUESTRA 0)	RIL OZONIZADO
Temperatura	21,5 °C	22,2 °C
PH	7,9 s/escala	7,87 s/escala
ORP: Potencial Redox	610 mV	491 mV
K. Conductividad Específica	2100 µmho/cm	2200 µmho/cm
DQO: Demanda Química de Oxígeno	385 mg/lt	166 mg/lt
DBO ₅₋₂₀ : Demanda Biológica de Oxígeno	209 mg/lt	95 mg/lt

MUESTRA 5

INDICADOR DE CALIDAD	RIL ORIGINAL (MUESTRA 0)	RIL OZONIZADO
Temperatura	21,5 °C	21,8 °C
PH	7,9 s/escala	7,78 s/escala
ORP: Potencial Redox	610 mV	495 mV
K. Conductividad Específica	2100 µmho/cm	2250 µmho/cm
DQO: Demanda Química de Oxígeno	385 mg/l	155 mg/l
DBO ₅₋₂₀ : Demanda Biológica de Oxígeno	209 mg/l	87 mg/l

MUESTRA 6

INDICADOR DE CALIDAD	RIL ORIGINAL (MUESTRA 0)	RIL OZONIZADO
Temperatura	21,5 °C	23,7 °C
PH	7,9 s/escala	7,79 s/escala
ORP: Potencial Redox	610 mV	345 mV
K. Conductividad Específica	2100 µmho/cm	2250 µmho/cm
DQO: Demanda Química de Oxígeno	385 mg/l	158 mg/l
DBO ₅₋₂₀ : Demanda Biológica de Oxígeno	209 mg/l	92 mg/l

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

Considerando lo anterior, el objetivo de esta etapa, fue disminuir la carga microbiana del ril industrial utilizando ozono con parámetros bien definidos de tiempo, flujo y concentración de ozono.

MUESTRA 1

TIPO DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO	RIL ORIGINAL MUESTRA 0	RIL OZONIZADO
Recuento de M.O. aerobios mesófilos viables, RAM.	50*10 ⁵ ufc/ml	25*10 ⁵ ufc/ml
Número mas probable NMP/100 ml	>1600	>1600
Coliformes Fecales/100 ml	>1600	>1600

MUESTRA 2

TIPO DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO	RIL ORIGINAL MUESTRA 0	RIL OZONIZADO
Recuento de M.O. aerobios mesófilos viables, RAM.	50*10 ⁵ ufc/ml	20*10 ⁵ ufc/ml

Número mas probable NMP/100 ml	>1600	>1600
Coliformes Fecales/100 ml	>1600	>1600

MUESTRA 3

TIPO DE ENSAYO MICROBIOLOGICO	RIL ORIGINAL MUESTRA 0	RIL OZONIZADO
Recuento de M.O. aerobios mesófilos viables, RAM.	$50 \cdot 10^5$ ufc/ml	$10 \cdot 10^5$ ufc/ml
Número mas probable NMP/100 ml	>1600	>1600
Coliformes Fecales/100 ml	>1600	1600

MUESTRA 4

TIPO DE ENSAYO MICROBIOLOGICO	RIL ORIGINAL MUESTRA 0	RIL OZONIZADO
Recuento de M.O. aerobios mesófilos viables, RAM.	$50 \cdot 10^5$ ufc/ml	$3 \cdot 10^5$ ufc/ml
Número mas probable NMP/100 ml	>1600	170
Coliformes Fecales/100 ml	>1600	79

MUESTRA 5

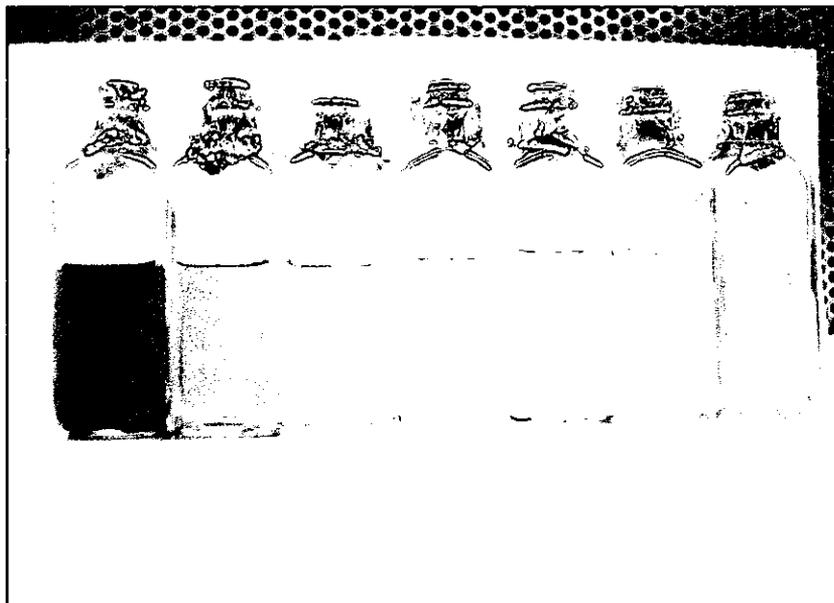
TIPO DE ENSAYO MICROBIOLOGICO	RIL ORIGINAL MUESTRA 0	RIL OZONIZADO
Recuento de M.O. aerobios mesófilos viables, RAM.	$50 \cdot 10^5$ ufc/ml	$1 \cdot 10^5$ ufc/ml
Número mas probable NMP/100 ml	>1600	280
Coliformes Fecales/100 ml	>1600	33

MUESTRA 6

TIPO DE ENSAYO MICROBIOLOGICO	RIL ORIGINAL MUESTRA 0	RIL OZONIZADO
Recuento de M.O. aerobios mesófilos viables, RAM.	$50 \cdot 10^5$ ufc/ml	$1 \cdot 10^5$ ufc/ml
Número mas probable NMP/100 ml	>1600	920
Coliformes Fecales/100 ml	>1600	31

OTROS RESULTADOS

En esta sección se incorpora una descripción visual (fotografía) de la evolución en el tiempo del ril tratado de ESSA mediante la metodología de difusión de micro burbujas. El ril más oscuro representa la muestra denominada "0" y que corresponde a la muestra original sin tratar. Cada muestra consecutiva representa una secuencia de difusión de ozono en el ril de un tiempo o intervalos de 30 minutos.



Evolución del ril de ESSA cuando es ozonizado mediante difusión de micro burbujas

ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS PARA RIL DE ESSA MEDIANTE METODOLOGIA DE DIFUSIÓN DE MICROBURBUJAS

Como una forma de presentar los resultados en forma sintética para efectos comparativos, en las gráficas siguientes se muestran las curvas de DQO en función del tiempo, DBO y Coliformes totales en función del tiempo. Las marcas establecidas en cada gráfica son los verdaderamente obtenidos en términos experimentales, sin embargo, la curva trazada corresponde a una aproximación del proceso para efectos de establecer las tendencias del fenómeno de abatimiento de la materia orgánica.

En cada gráfico, además de explicitar el ril y la metodología empleada, se ha establecido la relación volumétrica (en el tiempo) entre el ril y ozono, además, de las características de operación del generador. Este parámetro se ha considerado importante para efectos comparativos entre diferentes riles y metodologías a emplear en otras aplicaciones.

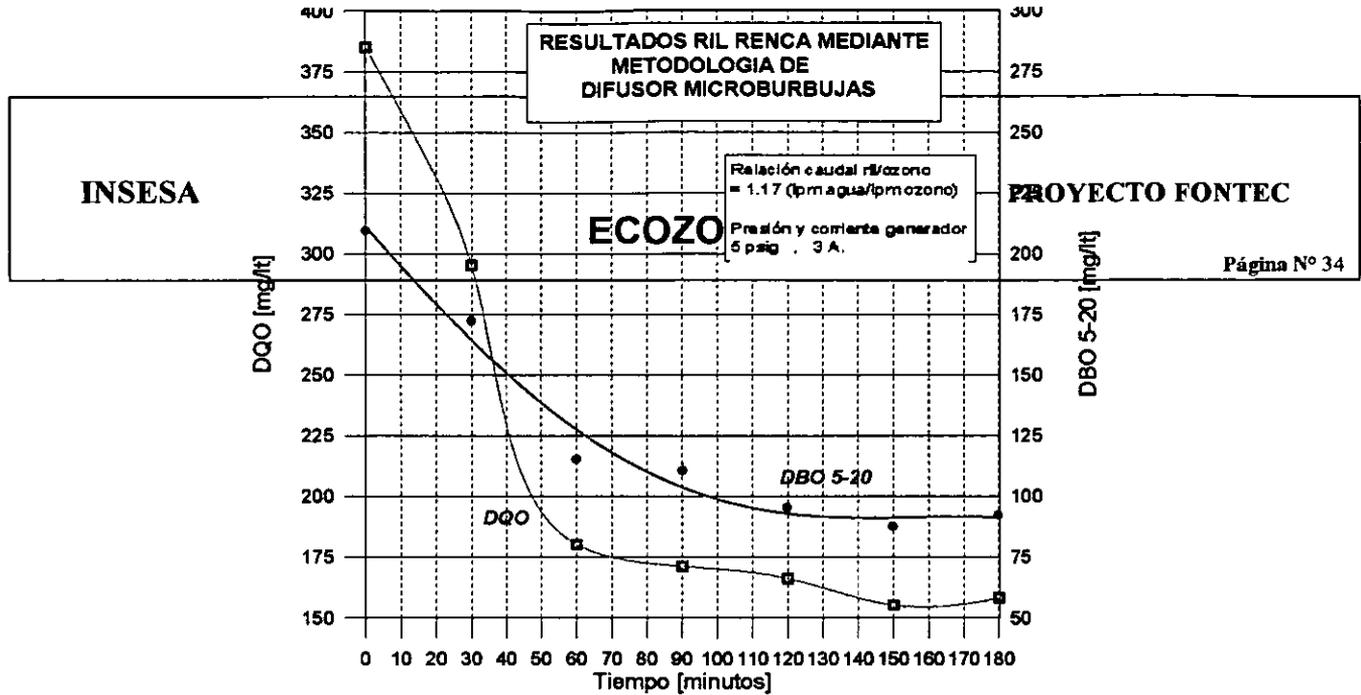


Gráfico del DQO y DBO en función del tiempo para Ril de ESSA mediante la metodología de difusión de micro burbujas

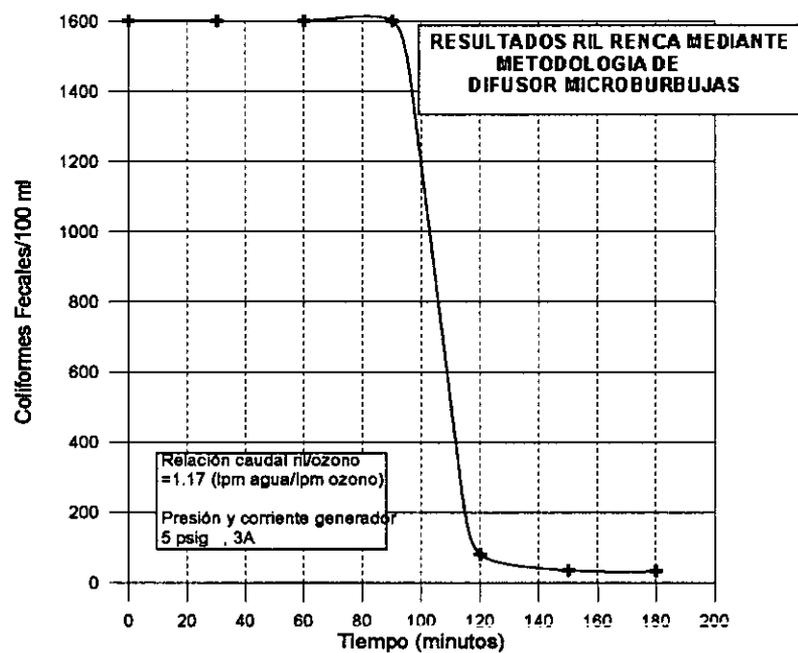


Gráfico de los coliformes fecales en función del tiempo para Ril de ESSA mediante la metodología de difusión de micro burbujas

DISCUSIÓN DE RESULTADOS FISICOQUIMICOS PARA RIL DE ESSA MEDIANTE DIFUSION DE MICROBURBUJAS

La presencia de ozono en el RIL nuevamente no afecta significativamente el valor del ph del agua (PH : 7,8-7,9) ni tampoco la conductividad específica del agua (2100-2200 µmho/cm). Sin embargo, cabe hacer notar que la temperatura del agua es muy superior a la determinada cuando la

técnica de introducción del ozono , se produjo mediante el uso de venturi. En este caso, la temperatura es muy estable con una media de 21,4° C. El RIL estudiado presenta un potencial redox original también mas elevado que en el caso anterior, lo cual posibilita que en presencia de ozono, este elemento reaccione rápidamente con la materia oxidable, fundamentalmente orgánica, reduciéndose en forma sistemática con el tiempo dicho potencial. Esta situación contraria a la observada en experiencias anteriores, se puede explicar por la presencia de un control cinético de la reacción de degradación , en desmedro del termodinámico que supone solubilidad del ozono en el agua y ley de acción de masas en reacción de degradación de la materia orgánica. Con el objeto de aclarar lo señalado, se puede decir que al bajar la temperatura, la solubilidad del gas aumenta, sin embargo esto desfavorece la cinética de la reacción de degradación de la materia orgánica, pero hace disponible al ozono en el agua, lo que explica, un posible aumento del valor del potencial redox (ORP).Lo expresado coincide con una caída en el valor tanto del DQO como DBO₅ , pero manteniéndose una relación elevada entre ambos parámetros (1,7) con el RIL ozonificado. Sólo las muestras N° 2 y N° 3, presentan valores inferiores, pero siempre superiores a 1,4 ; lo cual indica que el RIL tratado presenta materia orgánica no biodegradable. Cabe hacer notar que al término de 2 hrs. el RIL estaba prácticamente decolorado, lo cual no fue observable de la misma forma y a iguales tiempos, cuando el sistema de introducción de ozono fue mediante la técnica de venturi.

Finalmente cabe hacer notar que la relación caudal de agua/caudal de ozono aplicada con el uso de venturi, fue ligeramente mayor (1,5) que cuando se utilizó la técnica de micro burbujas (1,1-1,2).

DISCUSIÓN DE RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS PARA RIL DE ESSA MEDIANTE DIFUSIÓN DE MICROBURBUJAS

Como en el caso anterior, los residuos industriales líquidos no clorados generados por la industria ESSA presentaron inicialmente cargas microbianas que superaban altamente lo dispuesto por la normativa chilena vigente, que establece un máximo de 1000 coliformes fecales por 100 ml de agua de ril.

Como metodología de trabajo propuesta, se trataron los riles con el método de ozonización mediante la difusión de burbujas y sus efectos fueron determinados en recuentos microbiológicos seriados.

Los resultados obtenidos con este método también muestran una gran efectividad. Mediante los ensayos microbiológicos se logró verificar que la ozonización permitió la disminución de la carga microbiana fecal en el Ril de ESSA. Se cuantificó un número de coliformes fecales adecuados y concordantes con las normas de nuestro país para este tipo de aguas industriales, lográndose esto a partir de un tratamiento de 90 minutos.

Además, se logró verificar una disminución del color en las muestras tratadas con ozono directamente proporcional al tiempo de tratamiento. Esto debido a que el ozono es capaz de desestabilizar la estructura química de los compuestos orgánicos presentes en aguas de riles.

El olor detectado en las muestras también disminuyó mediante la ozonización. Este olor amoniacal, debido a la presencia de compuestos orgánicos y a otras bacterias metabolizadores de compuestos orgánicos, fue reducido o inhibido totalmente por el ozono en una relación directa con el tiempo de ozonización.

Como conclusión podríamos destacar que los métodos de ozonización propuestos en este Proyecto, proporcionan al agua de ril un aspecto mucho más agradable e inocuo ya que eliminan olor, disminuyen la coloración café intensa y bajan el número de microorganismos aerobios y coliformes fecales considerablemente, hasta límites o valores aceptados por la norma chilena vigente de contaminación microbiológica de aguas.

DEFINICIÓN DE PARÁMETROS DE DISEÑO

Las actividades realizadas anteriormente permiten evaluar técnicamente los diseños más aconsejados de unidades generadoras de ozono para los requerimientos presentados por las empresas Explotaciones Sanitarias S.A.

DETERMINACIÓN DE CANTIDAD DE OZONO A DIFUNDIR

La evaluación de la cantidad de ozono a difundir en un ril determinado pasa por conocer los valores de DBO o DQO obtenidos luego de ozonizar el ril, tomándolos como referencia para determinar el tiempo necesario para un DBO o DQO determinado. Luego de conocer el tiempo necesario, se determina la cantidad de ozono aplicado al ril en ese período de tiempo, a continuación se calcula el caudal a ozonizar en el mismo tiempo de aplicación del ensayo. Se calcula la cantidad de ozono necesaria a difundir para obtener el mismo valor de DBO o DQO para el ril, es decir, se extrapola linealmente desde un valor de laboratorio al valor estimado para la aplicación industrial, es relevante señalar que la viabilidad de aplicación de ozono a un ril en particular está definida por la cantidad de ozono calculado y especialmente de la capacidad de generación de ozono del que se disponga. Es conocido que el comportamiento de las aguas frente a la difusión de ozono no es lineal, pero de esta forma es posible saber el rango más cercano para la aplicación de ozono que debe ser impuesto al ril.

APLICACIÓN DE OZONO A RIL ESSA.

Las aguas utilizadas en esta investigación es resultado del aporte de residuos de diferentes empresas del sector, por lo que la composición de las mismas es muy variable, además se suma el hecho de tratar una elevada cantidad de ril.

El volumen a tratar para esta aplicación de ozono corresponde 150 lt/s como máximo, realizando un cálculo de la cantidad de ozono necesaria para lograr bajar la DQO en un 52,63% y que corresponden a disminuir un DQO de 209 ml/l a 110 ml/l.

Se requiere de una generación instalada de 81 kg de ozono por hora para satisfacer los requerimientos de micro organismos, fisicoquímicos, de color y olor.

La capacidad de generación por unidad generadora no supera los 50 grO₃/hr, por esta razón resulta inviable la realización de este proyecto con los niveles actuales de desarrollo de los equipos.

OZONIZACIÓN AGUAS PLANTA PATAGONIA SALMON, BAHÍA ILQUE, PUERTO MONTT

ENSAYO OZONIZACIÓN RIL AGUA-SANGRE

La ozonización de estas aguas está prevista como un tratamiento de carácter terciario, esto quiere decir, una vez lograda la separación de los sólidos del agua-sangre y del tratamiento tradicional de limpieza química, se difunde ozono en el ril de manera que oxide y elimine las posibles trazas de sólidos así como de químicos no disueltos.

La utilización de ozono substituye al cloro como agente oxidante, el ozono oxida más rápidamente y con una menor o nula carga de residuos, además dentro de sus características es que actúa como eliminador de los olores y del color de la sustancia tratada.

El ensayo de ozonización de agua sangre permitirá determinar el grado de eficiencia del ozono como agente desinfectante a nivel de tratamiento terciario para el ril agua-sangre proveniente de la planta faenadora de pescado.

En primer lugar se realizará una experiencia donde se tratará un volumen definido de ril en estudio en recirculación, la inyección de ozono al ril es realizada por dos inyectores venturi instalados entre la bomba y el mezclador estático. Se tomarán muestras de ril tratado a distintos intervalos de tiempo. La carga de ozono sobre el ril se mantendrá constante durante el ensayo.

La segunda experiencia difiere del ensayo anterior pues consiste en ozonizar el ril después de ser tratado en una planta piloto a régimen constante y en serie, es decir el ril ya tratado químicamente es atacado por el ozono en un tiempo de exposición relativamente corto, luego de la ozonización del ril este es arrojado al mar. Los análisis comprenden cuatro muestras de ril tres de las cuales son extraídas de un estanque de contacto y una es resultado de una compuesta del mismo ril. Se tomaron dos juegos de muestras que serán analizadas por dos laboratorios uno en Santiago y otro en Puerto Montt.

ENSAYO OZONIZACIÓN RIL AGUA-SANGRE POR RECIRCULACIÓN

El ensayo de ril agua –sangre se realizó el 15 de enero de 2002, este ensayo permitirá determinar a nivel piloto la factibilidad técnica de incorporar ozono como agente oxidante al el final del tratamiento de limpieza de las aguas para luego ser arrojadas al mar.

Anteriormente se realizaron pruebas a nivel de laboratorio (resultados reportados en el segundo informe del presente proyecto), las que reportaron una gran eficiencia del ozono tanto en la destrucción de la materia orgánica como en el decoloración y desodorización del ril agua-sangre. Los rangos de ozonización para este proceso fueron elevados en comparación con el volumen de ril tratado.

Para este ensayo se tomaron seis muestras correspondientes:

N° Muestra	Descripción	Observaciones
M1	Agua de sangre sin ningún tratamiento.	Extraída de tonel de acopio externo
M2	Agua sangre sólo con tratamiento de sólidos.	Ril obtenido a la entrada de la unidad de tratamiento químico.
M3	Agua sangre con tratamiento de sólidos y químicos	Ril tratado en unidad de tratamiento.
M4	Agua sangre con tratamiento de ozonización	Ril obtenido
M5	Agua sangre con tratamiento sólidos, químico y Ozonización	Aplicación del tratamiento completo.
M0	Agua sangre para DBO	Ril extraído antes del tratamiento químico.

OBJETIVOS

- Determinar la respuesta del ril agua-sangre frente al ozono inyectado.
- Determinar la cantidad de ozono necesaria para un caudal de 45 m³ de agua tratada.
- Determinar el valor de la DBO (Demanda biológica de oxígeno) para el agua-sangre.

PARÁMETROS DE ENSAYO

Se ozonizarán dos volúmenes, ambos provenientes del sangrado de pescado.

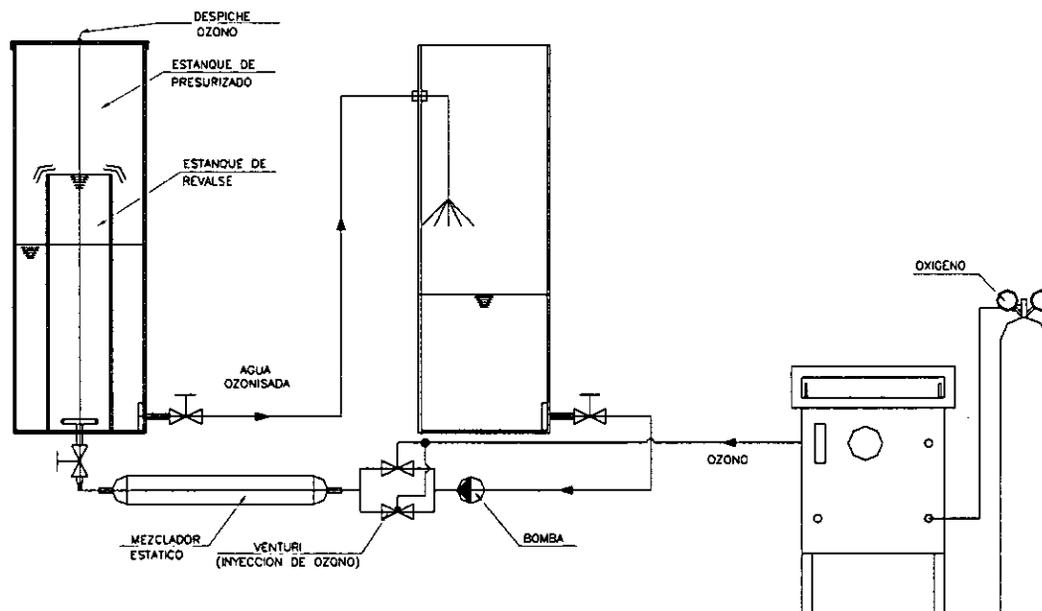
El primero de los riles es extraído desde el estanque de acopio ubicado en el exterior de la planta de tratamiento, sin pasar por la máquina de tratamiento químico convencional.

La segundo ril ozonizado proviene de la máquina de tratamiento químico justo antes de ser arrojado al mar, este volumen de ril no es tratado con cloro, para ambos casos la cantidad de agua-sangre corresponde a 200 litros, la dosificación de ozono corresponde según gráfico de generación

a 30 gr de ozono por hora aproximadamente. La ozonización ocurre en un periodo de tiempo de 13 minutos a una tasa de 15 litros por minuto de caudal.

El ril es movido por una bomba centrífuga hacia los inyectores, la presión negativa producida en el interior del venturi, posible inyectar eficientemente el ozono en el ril. La mezcla líquido-gas es conducida a un estanque presurizado donde permanecerá alrededor de 10 minutos para luego ser devuelta al estanque de recirculación.

A continuación se presenta un esquema que detalla la distribución del equipamiento utilizado.



Esquema de Instalación

EQUIPAMIENTO PLANTA

- Estanque Presurizado 200 lts.
- Estanque de Recirculación 200lts.
- Dos Inyectores Venturi, marca Mazzei, modelo 584.
- Bomba de Recirculación, 100 l/min, 2500 rpm.
- Mezclador Estático Diámetro 110 mm. Largo 700 mm.
- Equipo Generador de Ozono, M 300/4 de prueba.
- Botella de Oxígeno seco.

RESULTADOS DE LOS DIFERENTES ANÁLISIS

Los análisis realizados al ril corresponden tanto a análisis microbiológico como de observación de las muestras y el análisis fisicoquímico.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Muestra	Tipo de Muestra	RAM ucf /ml	Nº tubos positivos	NMP /100 ml	Nº tubos positivos EC	Coliformes fecales /100ml
M1	Agua Sangre	6,5 x 10 ⁴	5.5.5	>1600	0.0.0	0
M2	Agua sangre con T/S	1,1 x 10 ⁵	5.5.5	>1600	0.1.0	< 200
M3	Agua Sangre Con T/S/Q	7,0 x 10 ⁴	0.0.0	0	0.0.0	0
M4	Agua sangre con T/O	5,0 x 10 ³	0.0.0	0	0.0.0	0
M5	Agua sangre con T/S/Q/O	1,0 x 10 ⁴	0.0.0	0	0.0.0	0
M0	Agua para DBO	7,5 x 10 ⁴	5.5.5	>1600	0.0.1	< 100

T=Tratamiento, S=Sólido, Q=Químico, O=Ozonización

COMENTARIOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Se observa que la prueba presuntiva (caldo LST) para las muestras M3, y M5 como en la confirmativa (EC) para las muestras M1, M2, M6 existe crecimiento bacteriano, pero estas bacterias son incapaces de producir CO₂ utilizando lactosa como sustrato, dando el resultado como negativo.

Con respecto a las muestras ozonizadas no se observó crecimiento de microorganismos en los tubos de caldo EC. Lo que indica que la utilización de ozono como inhibidor del crecimiento y destructor de la población de microorganismos.

El número de microorganismos coliformes encontrado para todas las muestras es bajo, la aplicación de ozono en estos casos garantiza una total eliminación de estos agentes, además de sustituir eficientemente al cloro como tratamiento terciario para aguas ril previamente tratadas.

Como conclusión se destaca que el ozono, proporciona al agua de ril un aspecto, mucho más agradable e inocuo ya que elimina olor, disminuya la coloración sanguinolenta y baja el número de microorganismos aerobios y coliformes fecales considerablemente.

OBSERVACIÓN DE LAS MUESTRAS

De la observación de las muestras recibidas se reporta la descripción visual y olfativa, este reporte cualifica el color mediante comparación con muestra patrón (M6).

Muestra	Tipo de Muestra	Color	Olor
M1	Agua Sangre	Rojo	Desagradable, similar a heces fecales
M2	Agua sangre con T/S	Rosado tenue	Desagradable, similar a heces fecales más tenue que muestra 1
M3	Agua Sangre Con T/S/Q	Amarillo dorado	Inodora
M4	Agua sangre con T/O	Incolora	Inodora
M5	Agua sangre con T/S/Q/O	Amarillo tenue	Inodora
M0	Agua Testigo para DBO	Rojo	Desagradable, similar a heces fecales más tenue que muestra 1

RESULTADOS OBSERVACIÓN DE MUESTRAS

Se puede observar claramente que hay una disminución del color en las muestras tratadas con ozono. Ya que el ozono es capaz de desestabilizar la estructura química de la hemoglobina que se encuentra en los eritrocitos de la sangre.

El olor detectado en las muestras, al parecer no tiene directa relación con el número de microorganismos patógenos encontrados. Este olor puede ser debido a la presencia de compuestos fenólicos y/o indólicos y a otras bacterias metabolizadores de compuestos orgánicos no patogénicas.

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

A continuación se presenta una tabla con los valores obtenidos para las muestras de ril de Patagonia, para riles con alto contenido de materia orgánica.

Muestra	Tipo de Muestra	Temperatura (°C)	PH (s/escala)	K Conductividad Específica (µ mho)	OD Oxígeno Disuelto (mg/L)	DBO 5-20 Demanda Biológica de Oxígeno
M1	Agua Sangre	11,0	6,9	44.800	7,2	1506
M2	Agua sangre con T/S	10,9	7,9	44.000	6,7	527
M3	Agua Sangre	11,1	7,9	51.500	7,1	490

	Con T/S/Q					
M4	Agua sangre con T/O	10,5	8,1	51.500	6,8	475
M5	Agua sangre con T/S/Q/O	10,5	8,1	50.200	4,4	8,6
M0	Agua Testigo para DBO	12,0	7,3	25.500	7,4	375

T=Tratamiento, S=Sólido, Q=Químico, O=Ozonización

COMENTARIOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

La experiencia cinética entrega valores concordantes con la información internacional (EPA: Agencia Ambiental Americana), es decir, los valores encontrados demuestran gran estabilidad.

Dichos valores están a 20 °C, se pueden ajustar a otras temperaturas utilizando en consecuencia las ecuaciones de EPA.

La muestra M5 presenta un valor de DBO que está muy por debajo de la norma. Lo que indica de con una cantidad apropiada de ozono diluida en el agua se mejora notablemente este parámetro.

El tratamiento completo entrega una DBO5-20 de gran eficiencia en el abatimiento de la materia orgánica.

ENSAYO OZONIZACIÓN RIL AGUA-SANGRE EN LÍNEA

Se define la necesidad de implementar la ozonización como tratamiento de desinfección y depuración de las aguas utilizadas en el desangre de los salmones de la planta faenadora de pescado antes de entrar al proceso de fileteo, el ril agua-sangre corresponde a aguas saladas con un alto contenido de materia orgánica.

El ensayo consiste en ozonizar el ril agua-sangre, luego del tratamiento impuesto por una planta piloto suministrada por Tecionic, que tiene una capacidad máxima de 15.000 litros por hora.

Se realizará muestreos tanto de la calidad de las aguas antes y después del tratamiento de Tecionic, así como después del tratamiento de ozonización, es este punto, se realizarán dos muestreos, uno a la salida del estanque de contacto y otro desde la válvula ubicada en la base del mismo estanque.

OBJETIVOS RIL AGUA-SANGRE

- Determinar la factibilidad de instalación en línea del sistema de ozonización para un caudal de 15.000 litros por hora de ril, y de esta forma extrapolar los datos para un caudal máximo de 50.000 litros por hora.
- Determinar la calidad del agua tratada, analizando los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos.

OZONIZACIÓN RIL AGUA-SANGRE

La ozonización del ril es lograda por medio de un sistema de inyección venturi, el equipo a utilizar corresponde al modelo M 300/4 que genera ozono a razón de 30 gr por hora.

La existencia de un estanque de contacto permite retener el agua ozonizada por un periodo de tiempo lo suficientemente largo, de tal forma de mejorar la acción del ozono.

PARÁMETROS DE INSTALACIÓN RIL AGUA-SANGRE

Se instala un inyector venturi después de la planta piloto, se utiliza una bomba centrífuga para elevar la presión de la línea posibilitando la utilización del venturi como inyector de ozono.

La producción de ozono es realizada por un equipo M-300/4, que permite obtener 20 a 30 gramos de ozono a una presión de 5 PSI, con un flujo de oxígeno de 10 litros por minuto y una corriente impuesta de 2 amperes. El suministro eléctrico corresponde a 220 Volts. El venturi utilizado corresponde al modelo 584 de marca MAZZEI.

El tiempo de ozonización es de 10 minutos. Se considera un tiempo de espera entre la partida del proceso hasta la primer muestreo, el tiempo de espera corresponde al mínimo necesario para garantizar un reemplazo del volumen de agua contenido en el estanque de contacto.

A continuación se presenta el esquema de instalación para este ensayo.

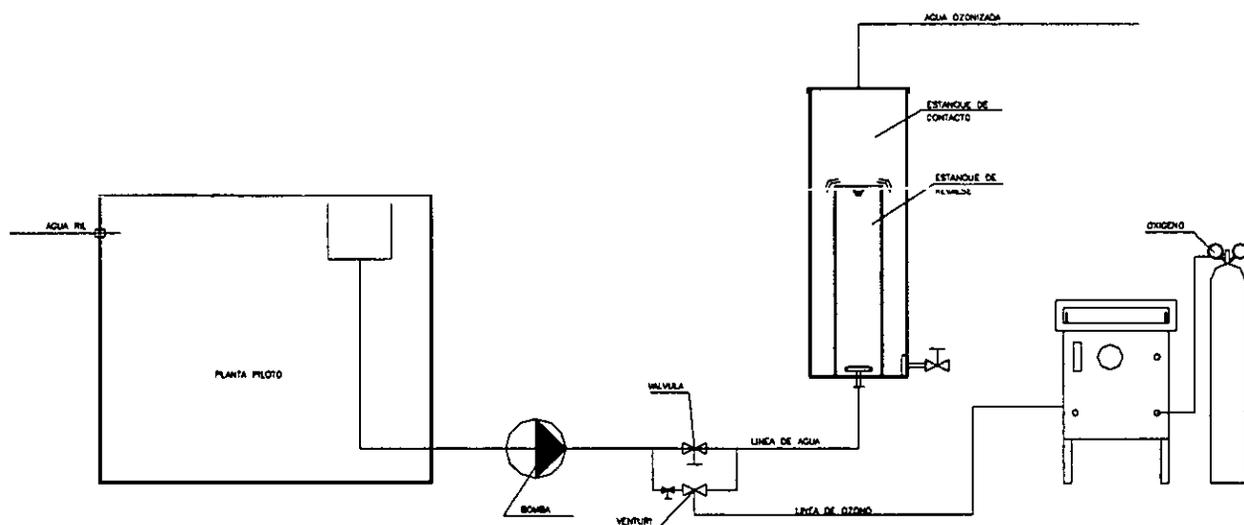


Figura esquemática sistema instalado

OPERACIÓN ENSAYO RIL AGUA-SANGRE

Luego de la instalación del equipo de ozono y del sistema de inyección venturi, se realizan los siguientes trabajos:

- Dar paso de oxígeno desde botella a equipo de ozono, esto permite limpiar de posibles impurezas los módulos generadores, este procedimiento se realiza durante un minuto.
- Se regula la succión del venturi con las llaves de paso instaladas.
- Al mismo tiempo se calibra la presión y el caudal de oxígeno, que es en definitiva la presión y caudal de ozono en el sistema.
- La presión y caudal de oxígeno deben permanecer constantes, acto seguido, se enciende el equipo de ozono.
- La corriente eléctrica suministrada al equipo de ozono, está gobernada por un potenciómetro y visualizada por un amperímetro.

LÓGICA DE OPERACIÓN AGUA-SANGRE

El sistema trata el ril desde una planta piloto de tratamiento físico y químico, un electro bomba de caudal variable impulsa el ril desde la planta hacia el venturi en donde se producirá la mezcla de agua y ozono, a continuación se encuentra un estanque de contacto para el agua durante un tiempo determinado, luego de ese tiempo el agua tratada es expulsada desde el estanque.

MUESTREO AGUA-SANGRE.

Las muestras a analizar corresponden a:

Una compuesta tomada en cinco etapas de un litro cada una. (agua tratada por la planta piloto) y tres tomadas desde estanque de contacto.

Tres muestras tomadas desde el estanque de contacto, detalladas a continuación:

Las muestras 2 y 3 corresponden a una ozonización con 2 amperes, 5 psi y 10 lpm de caudal. La muestra 4 fue ozonizada a 4 amperes, 5 psi y 10 lpm de caudal. En ambos casos la ozonización se realizó en un tiempo de 10 minutos.

Se observó presencia de sólidos en suspensión a partir de la muestra 2, aumentando la cantidad de sólidos a medida que transcurre el tiempo, estos sólidos corresponden al material separado del ril, que contaminó eventualmente el agua tratada por la planta piloto.

La muestra 4 fue ozonizada a 4 amperes, es decir, con una carga mayor de ozono, manteniendo constante los parámetros de presión y caudal de oxígeno. Este cambio obedece a dos causas, la primera el aumento de la cantidad de material sólido reportado anteriormente, y la segunda, registrar el comportamiento del ril frente a un aumento de la cantidad de ozono.

Conjuntamente con la toma de muestras realizada por INSESA S.A., se realizó otro muestreo a cargo de TecnoLab Ltda., que permitirá definir con mayor exactitud los parámetros físico-químicos y microbiológicos.

Muestra 1	Agua Procesada Planta piloto (compuesta)
Muestra 2	Agua después de ozono salida estanque superior (ozonización 2 amperes)
Muestra 3	Agua después de ozono salida estanque inferior (ozonización 2 amperes)
Muestra 4	Agua después de ozono salida estanque inferior (ozonización 4 amperes)

RESULTADOS

Los resultados obtenidos a partir de las muestras, son presentados en la siguiente tabla, y reportados por el CECTA de la Universidad de Santiago de Chile para el análisis microbiológico y la empresa CIMA LTDA. para el análisis físicoquímico.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Todas las muestras llegaron frías el día 25 de febrero, en botellas de vidrio estériles de 200 ml y analizadas en medio LST.

Tabla 1 Aspecto Visual

Muestra	Color	Olor
1	incolora	mar
2	incolora	mar
3	incolora	mar
4	Incolora, turbia	Mar, con residuos sólidos

Tabla 2 Resultados Microbiológicos.

Muestra	Tipo de Muestra	RAM ufc/ml	N° tubos positivos LST	NMP coliformes/100 ml	N° tubos positivos EC	NMP Coliformes fecales/100 ml
1	Agua s/tratamiento O ₃	> 30 x 10 ⁵	1. 0. 0.	2.0	0. 0. 0	0
2	Agua/O ₃ salida superior 2ª	> 30 x 10 ⁶	5. 3. 0.	79	0. 0. 0	0
3	Agua/O ₃ salida inferior 2ª	> 30 x 10 ⁵	5. 5. 4	1600	1. 0. 0	2.0
4	Agua/O ₃ salida inferior 4ª	> 30 x 10 ⁵	4. 5. 0	41	0. 3. 0	5.6

Resultados entregados por Cecta, Usach

COMENTARIOS

El número de microorganismos coliformes fecales encontrado es bajo.

En la prueba presuntiva (caldo LST) para las muestras 2, 3, y 4 existe crecimiento bacteriano, pero estas bacterias son incapaces de producir CO₂ utilizando lactosa como sustrato, dando un resultado negativo para coliformes fecales.

Con respecto a las muestras ozonizadas, el tratamiento de la muestra 4 logró disminuir el NMP de coliformes a valores aceptables por la norma chilena.

El aumento en la dosificación de ozono para la muestra 4 reflejó una mejoría en el conteo de NMP de coliformes, a pesar del aumento del material sólido en suspensión.

El número de coliformes fecales encontrado en las muestras 3 y 4 obedece a los sólidos en suspensión, se estima que un aumento en la cantidad de ozono impuesta al sistema mejorará sustancialmente la calidad final del agua.

RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS

PARÁMETROS	M1	M2	M3	M4
Temperatura (°C)	10,5	10,0	10,7	12,1
PH (s/escala)	6,74	6,46	6,73	6,64
ORP Porcentaje Oxido-Reducción (mV)	+134	+565	+503	+395

K. Conductividad Específica (μ mho/cm)	1790	2850	2780	3580
DQO: Demanda Química de oxígeno (mg/L)	454	345	418	395
DBO ₅₋₂₀ : Demanda Biológica de Oxígeno (mg/L)	86	43,4	105	54

Resultados obtenidos por CIMA LTDA.

COMENTARIOS

Los valores obtenidos para la DBO₅₋₂₀ son bastante bajos una vez recibido el tratamiento de Ozono.

Ello quiere decir que la materia orgánica biodegradable supuestamente existente en mayor masa reaccionó eficientemente ante el tratamiento con Ozono.

Sin embargo, la relación, DQO/DBO₅₋₂₀ en todos los casos es superior a cuatro, identifica a un cuerpo de agua que contiene materia orgánica no biodegradable superior a la que realmente biodegradó.

Una demanda biológica de oxígeno al quinto día y en condiciones de 20 °C , es capaz de detectar aproximadamente un 70 a 75% de material biodegradable. De aquí nace la idea de extrapolar hasta 100% multiplicando por 1,4 para así obtener una DBO última o final para el proceso de biodegradación.

Tomando como ejemplo la muestra 3, con resultado de DBO₅₋₂₀ = 105 mg/L, aplicando la expresión:

$$\text{DBO última} = \text{DBO}_{5-20} \times 1,4$$

Se obtendría que DBO última = 147 mg/L

Si reconocemos que la DQO identifica prácticamente a toda la materia orgánica presente en el agua, se concluye que a los 418 mg/L de materia orgánica identificada por la DQO de la muestra 3, restándole la última DBO, originaría una presencia de materia orgánica no biodegradable de 271 mg/L, valor cercano al doble de materia orgánica no degradable. En las demás muestras se aumenta esta diferencia.

RESULTADOS OBTENIDOS POR TECNOLAB LTDA.

Además de los datos obtenidos y presentados anteriormente se tomaron cinco muestras de ril agua-sangre por parte de Patagónia Salmon, las que fueron analizadas por la empresa Tecnolab, estos valores fueron analizados al día siguiente del ensayo por lo que reflejan fielmente la

demanda biológica de oxígeno del ril para los diferentes estados que presenta durante el tratamiento.

Muestra	Parámetro	Valor (mg/ L)
Ril pre-tratado	DBO ₅	375
Ril post-tratado	DBO ₅	250
Ril planta piloto	DBO ₅	175
Ril con hipoclorito	DBO ₅	50
Ril ozonizado	DBO ₅	<1

Resultados obtenidos por Tecnolab Ltda.

COMENTARIOS

- La aplicación de ozono como tratamiento terciario en el ril ensayado, resulta muy ventajoso en comparación con los resultados obtenidos al tratar el ril con hipoclorito.
- La obtención de valores de DBO₅ por debajo de 1 mgr/L asegura el cumplimiento de las normas vigentes.
- Se estima que para el volumen tratado de 15.000 Lt/hr, la cantidad de ozono utilizado en esta aplicación, así como el tiempo de contacto entre ril y ozono, es suficiente para reducir drásticamente el valor de DBO₅.

CONCLUSIONES

Como conclusión se destaca que el ozono proporciona al agua un aspecto mucho más agradable e inocuo, eliminando o bajando drásticamente el número de microorganismos contaminantes.

Se observa que la cantidad de ozono producida de 30 grO₃/hr fue suficiente para desestabilizar y eliminar la materia orgánica contenida en los 15.000 Lt/hr.

La utilización de ozono como tratamiento terciario resulta eficiente en la destrucción de la materia orgánica aún presente en el ril, luego del tratamiento en la planta piloto.

APLICACIÓN DE OZONO A RIL DE PATAGÓNIA SALMON.

La aplicación de ozono para el ril agua-sangre se estima de acuerdo a experiencia de ril en línea explicada anteriormente. Se estima que para tratar 15 000 litro/hora de ril se utilizará una unidad de generación de ozono que corresponde a 30 gr O₃/hora, estos valores son resultado de la experiencia de ozonización en línea, en ella se obtuvo un valor de DQO de menos de 1 ml/litro.

Si se pretende ozonizar un caudal de 45.000 litros/hora de ril como máximo, que corresponden al triple de lo incorporado al ril a la salida de la planta piloto. Se estima que tres equipos generadores de ozono cumplirán satisfactoriamente el trabajo de reducir el valor de la DQO a niveles más que aceptables por la normativa vigente.

OTROS ENSAYOS RELACIONADOS CON OZONIZACIÓN DE AGUA.

Adicionalmente se realizaron una serie de experiencias relacionadas con la utilización del ozono como neutralizador del proceso de descomposición de los productos conservados en frío, o aumentar la vida útil del producto.

En particular, con el fin de observar el comportamiento del salmón se instaló una máquina ozonizadora acoplada al sistema de generación de hielo, se analizó la composición microbiana del agua-hielo así como del comportamiento de una variedad de salmón conservada en bins con agua-hielo ozonizada obteniendo las características organolépticas del pescado. Todos los análisis realizados, a saber el agua y el pescado, se compararon con muestras testigos contemporáneas.

OZONIZACIÓN DE AGUAS-HIELO

Se realizó un ensayo de ozonización sobre las aguas utilizadas en la generación de hielo, instalando un sistema venturi de inyección inmediatamente antes de uno de los generadores de hielo. La inyección de ozono es producida gracias al caudal y a la diferencia de presión del agua generada en el interior del venturi.

OBJETIVOS AGUA-HIELO

- Determinar las características fisicoquímicas del agua utilizada como materia prima.
- Determinar la microbiología de las Agua-Hielo.

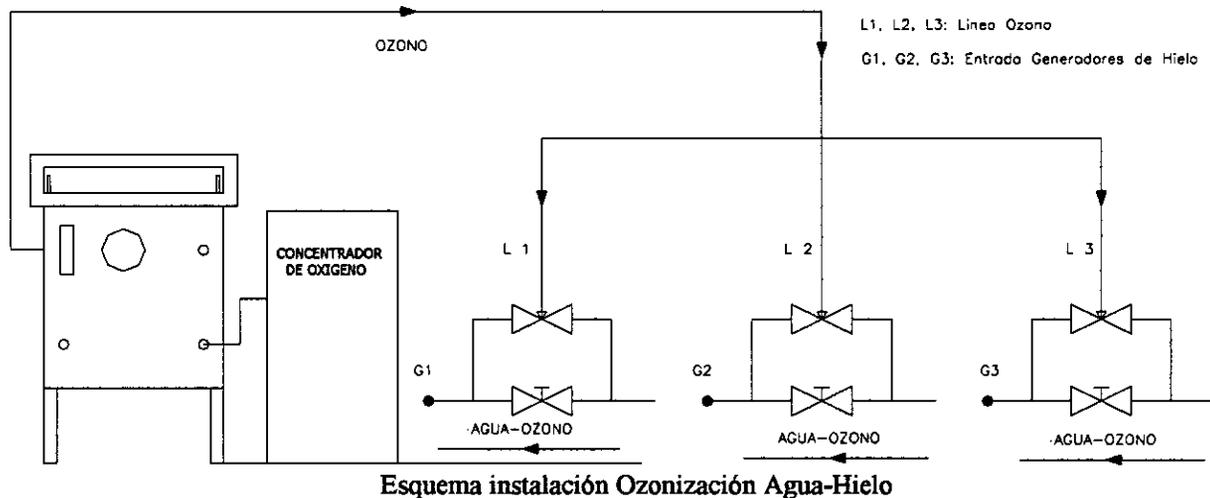
- Determinar la influencia del ozono en la apariencia del pescado luego de un periodo de tiempo de almacenaje. (Características Organolépticas).

PARÁMETROS DE INSTALACIÓN AGUA-HIELO

Se instala in inyector venturi antes de uno de los generadores de hielo.

La producción de ozono es realizada por un equipo M-300/4, que permite obtener 30 gramos de ozono a una presión de 10 PSI, con un flujo de oxígeno de 10 litros por minuto y una corriente de 3 amperes. El suministro eléctrico corresponde a 220 Volts. El venturi utilizado corresponde al modelo 584 de marca MAZZEI. El tiempo de ozonización es de 30 minutos.

A continuación se presenta el esquema de instalación para esta aplicación.



PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN AGUA-HIELO

Luego de la instalación del equipo de ozono y del sistema de inyección venturi, se realizan los siguientes trabajos:

- Dar paso de oxígeno desde botella a equipo de ozono, esto permite limpiar de posibles impurezas los módulos generadores, este procedimiento se realiza durante un minuto.
- Se regula la succión del venturi con las llaves de paso instaladas.
- Al mismo tiempo se calibra la presión y el caudal de oxígeno, que es en definitiva la presión y caudal de ozono en el sistema.
- La presión y caudal de oxígeno deben permanecer constantes, acto seguido, se enciende el equipo de ozono.

- La corriente eléctrica suministrada al equipo de ozono, está gobernada por un potenciómetro y visualizada por un amperímetro.

ANÁLISIS AGUAS-HIELO

El análisis del agua-hielo ozonizada está dividido en dos partes:

La primera da cuenta de grado de ozonización alcanzado por el agua-hielo y el desempeño fisicoquímico y microbiológico del agua-hielo tratado. Para tal efecto se tomarán muestras de agua-hielo con y sin ozono.

La segunda parte consiste en evaluar la conservación de salmón sumergido en agua-hielo ozonizado, se realiza esta experiencia llenando dos bins con salmones frescos y agua-hielo, conservando uno de ellos con agua-hielo ozonizada, se estudiarán las características fisicoquímico-organoléptica de los pescados, dos días después del procedimiento.

ANÁLISIS AGUA-HIELO

El análisis a efectuar corresponde a un análisis microbiológico de comparación entre dos muestras de agua-hielo, una ozonizada y otra no ozonizada.

RESULTADOS ANÁLISIS AGUA-HIELO

A continuación se presentas los resultados de los análisis para las aguas-hielo ozonizadas y las sin ozonizar.

	Aguas	Recuento mesófilos viables en placa (22 °C) (u.f.c./ml.)	Recuento mesófilos viables en placa (32 °C) (u.f.c./ml.)	Coliformes Fecales (N.M.P/100 ml.)
1	Agua-hielo Salada con ozono	14	2	<1,8
2	Agua-hielo Salada sin ozono	59	22	<1,8

Información laboratorio TecnoLab.

COMENTARIOS AGUA-HIELO

Aunque los valores de microorganismos son bajos para ambas muestras reportadas por TecnoLab. Se observa que las aguas-hielo ozonizadas el recuento de los mesófilos viables, es menor que para las aguas-hielo sin ozonizar a iguales temperaturas.

El valor obtenido para los coliformes fecales en ambos casos resulta mínimo.

De lo anterior se argumenta que la variable ozono presente en el agua-hielo disminuye aún más la probabilidad de crecimiento de microorganismos patógenos, aumentando de esta forma la vida útil de los productos conservados en este tipo de ambientes.

ENSAYO SALMÓN CONSERVADO EN HIELO

Como se explicó anteriormente el ensayo consiste en conservar pescado fresco en dos bins uno con ozono y otro sin ozono.

Se realizan don pruebas sobre los pescados refrigerados, un análisis físico químico –organoléptico, y un análisis microbiológico.

El tiempo de conservación corresponde a dos días de refrigeración.

La siguiente tabla presenta los datos relativos al análisis físico-químico–organoléptico.

RESULTADOS FÍSICOQUÍMICOS-ORGANOLÉPTICOS, ENSAYO SALMÓN CONSERVADO EN HIELO

Especie	Salmón Coho	
Presentación	H/G Fresco, Crudo	
Aspecto	Normal	
Textura	Firme	
Olor	Característico	
Color	Típico	
Parásitos	Vivos: Ausencia Muertos: No existe evidencia de presencia.	
	M1	M2
Nitrógeno básico volátil total (mg/100g)	15,69	14,00
NTMA (mg/100g)	0,27	0,26
Mercurio (ppm)	0,016	0,012

Información laboratorio Tecnolab.

RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO ENSAYO SALMÓN CONSERVADO EN HIELO

		Recto. Mesófilos aeróbios viables (30°C) (u.f.c./g.)	Recto. Mesófilos aeróbios viables (35°C) (u.f.c./g.)	Coliformes fecales (N.M.P./g)	Staphylococcus Aureus (N.M.P./g)	Salmonella /25 g. (P/A)	Anaerobio Sulfito reductor (u.f.c./g.)	Listeria monocytogenes /25 g. (P/A)
1	Con Ozono	240	60	<3	<3	Ausencia	<10	Ausencia

2	Sin Ozono	480	70	<3	<3	Ausencia	<10	Ausencia
---	-----------	-----	----	----	----	----------	-----	----------

COMENTARIOS, ENSAYO SALMÓN CONSERVADO EN HIELO

Se establece que las características físico-químicas y organolépticas del salmón, no son alteradas por la acción de un ambiente ozonizado, luego de la conservación en hielo.

La disminución de la población de microorganismos en la muestra ozonizada permite suponer que al almacenar salmón en hielo-ozonizado, este podrá mantenerse por mayor tiempo fresco. La literatura señala que para pescado fresco el tiempo de vida útil varía entre un 50 a un 80%, e el caso específico del ozono se ha observado un aumento del 50% de tiempo de vida útil (tabla 3.2 Aumento del tiempo de almacenamiento aplicando ozono, Ozone Systems, pag 221).

Según los datos obtenidos después de la experiencia se observa que el valor del parámetro, recuento de mesófilos aeróbicos viables a 30 °C, para el pescado refrigerado con ozono, es la mitad que el resultado obtenido para el pescado mantenido con agua-hielo no ozonizada. En cuanto al recuento de mesófilos a 35 °C también sufre una disminución al comparar ambos datos.

El ensayo efectuado al hielo y posteriormente al salmón, fue realizado ozonizando sólo una tercera parte del total de agua-hielo producido, presumiblemente al ozonizar la totalidad del agua-hielo mejorará la atmósfera sanitizante que rodea al pescado, disminuyendo aún más la población de microorganismos y con ello aumentando la vida útil de pescado almacenado.

RESULTADOS DEL DISEÑO Y PRUEBAS DEL GENERADOR DE OXIGENO

Se hizo la revisión bibliográfica actualizada de tecnologías modernas de generación de oxígeno desde el aire. Se escogió como el método de generación de oxígeno, el ciclo PSA, el que prometió ser relativamente barato en cuanto al costo de generación para concentraciones medianas y altas del mismo. Se revisaron los modelos matemáticos macroscópicos contemporáneos que describen, a nivel de volumen de control diferencial, la separación del aire en oxígeno y nitrógeno por zeolitas en la atmósfera con presión variable en el tiempo. Se escogió y construyó un modelo matemático transiente que permite analizar la concentración y producción del oxígeno mediante 4 intervalos de tiempo: t_c , tiempo de compresión; t_a , tiempo de adsorción y producción del oxígeno; t_d , tiempo de descompresión del cilindro en producción y t_p , tiempo de purga del mismo cilindro. El funcionamiento del concentrador según cada etapa del ciclo completo se presenta en la serie de fotografías que se adjuntan con el texto presente. En la primera fotografía se presenta el equipo completo junto con el compresor. Los resultados se interpretaron y presentaron en la forma de gráficos correspondientes y de fórmulas algebraicas las que en forma explícita entregan sus valores, este ítem es ampliamente desarrollado en la memoria de titulación de Ingeniería Civil Mecánica de Fernando Fuentes (2002).

Se construyó la solución analítica del modelo matemático que predice la concentración del oxígeno y los tiempos de cada etapa en función de la relación Presión máxima / Presión mínima, L = la altura del cilindro y βA , βB que son las isothermas de la zeolita.

Se hizo el diseño de un prototipo de generación de oxígeno que trabaje con cuatro tiempos y la relación de presiones $P_{max} / P_{min} = 3$, la razón de aspecto del cilindro, altura / diámetros = $0,32m / 0,1 m$, el flujo del aire a la entrada de $40 l/min$ y el flujo de oxígeno a la salida de $15 l/min$. Se hizo la predicción teórica de la producción del oxígeno con la concentración aproximadamente 51%.

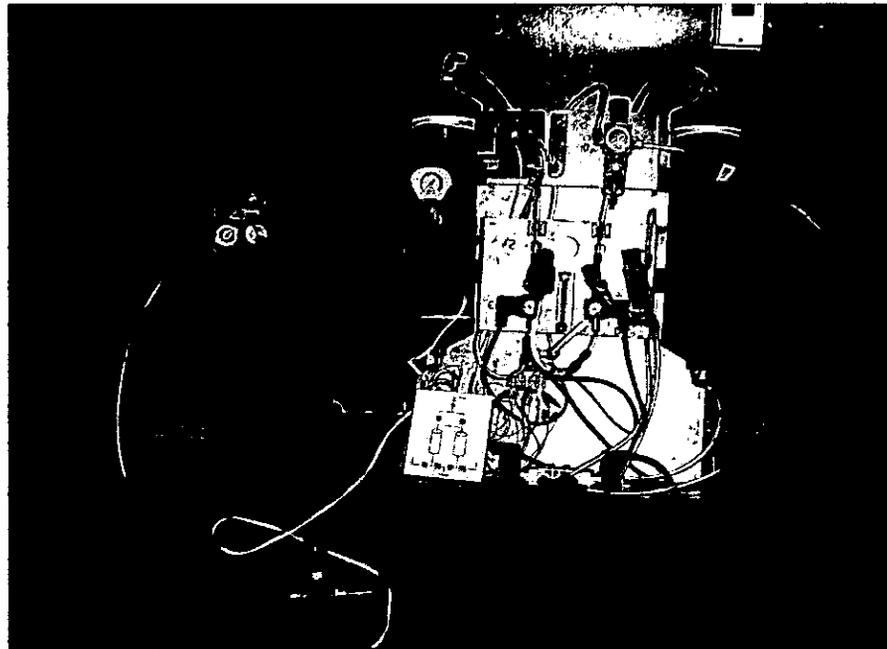
El compresor que provee de aire libre de aceite corresponde a la marca DARI con un flujo de aire de $3,9 scfm$ a una presión de 116 PSI, potencia 0,75 HP, corriente 220 V y 50 HZ.

Finalmente, se construyó el concentrador de oxígeno con presiones y flujos de trabajo correspondientes a las predicciones teóricas. Para poder controlar los cuatro tiempos de un ciclo de la producción, se hizo el diseño y el desarrollo de un sistema electrónico de control que dirige las cuatro válvulas del sistema. Se hicieron dos ensayos de prueba con los flujos y presiones de trabajo mencionados arriba con el propósito de ajustar los resultados teóricos y los experimentales. Después de haber eliminado todos los desperfectos de las conexiones en el sistema, durante el segundo ensayo se llegó a la concentración del oxígeno a la salida del reactor igual a 48,5%. Este dato demuestra que todo lo anterior desarrollado en forma teórica y contenido en el trabajo de tesis de Fernando Fuentes es validado y puede ser usado para el diseño de este tipo de equipos con características controladas. La medición de la concentración se hizo mediante el método ORSAT por el profesor Eduardo Valero del Depto. de Química de la Universidad de Santiago de Chile.

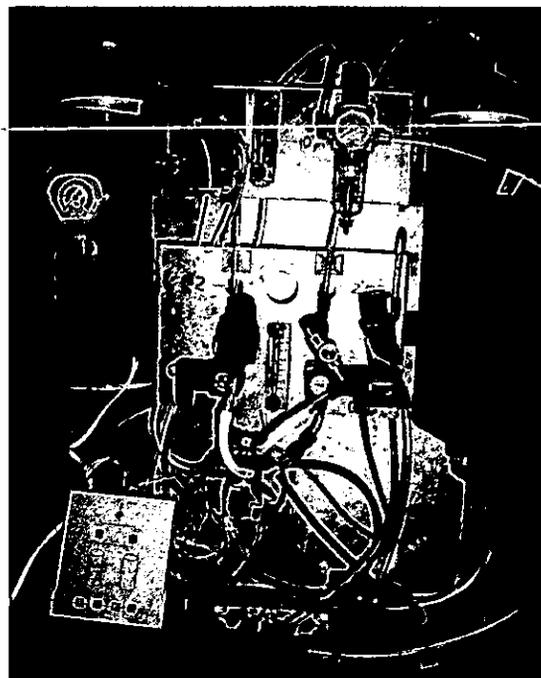
Finalmente, se puede concluir que tanto el grupo de trabajo como la experiencia adquiridos pueden ser realizados en alguna aplicación particular de esa tecnología con un poco de tiempo de dedicación sin necesidad de investigar sino partiendo directamente con el diseño del equipo y su construcción y el ajuste. Siempre hubo, hay y habrá la necesidad importantísima de disponer de un medidor confiable de concentración propio del equipo de trabajo. Considerando que cada medición con el método ORSAT dura cerca de 30 min., es complicado pedir que alguien lo hiciera de afuera pues hay que transportar o el equipo o el ORSAT.

Como fue mencionado, el desarrollo y metodología del diseño del concentrador de oxígeno se encuentra descrito en la tesis de titulación de Ingeniería Civil Mecánica de Fernando Fuentes. En ella, se encuentra el modelo matemático de adsorción y las ecuaciones que permiten determinar en forma teórica los tiempos de compresión, adsorción así como el tamaño de los cilindros portadores de zeolita. Como complemento del presente informe, en el apéndice se encuentra el diseño del circuito controlador de las válvulas solenoidales utilizadas en el equipo además de los parámetros electrónicos que definen los distintos tiempos del ciclo.

**REPRESENTACIÓN FOTOGRÁFICA DEL EQUIPO DE GENERACIÓN DE
OXIGENO**

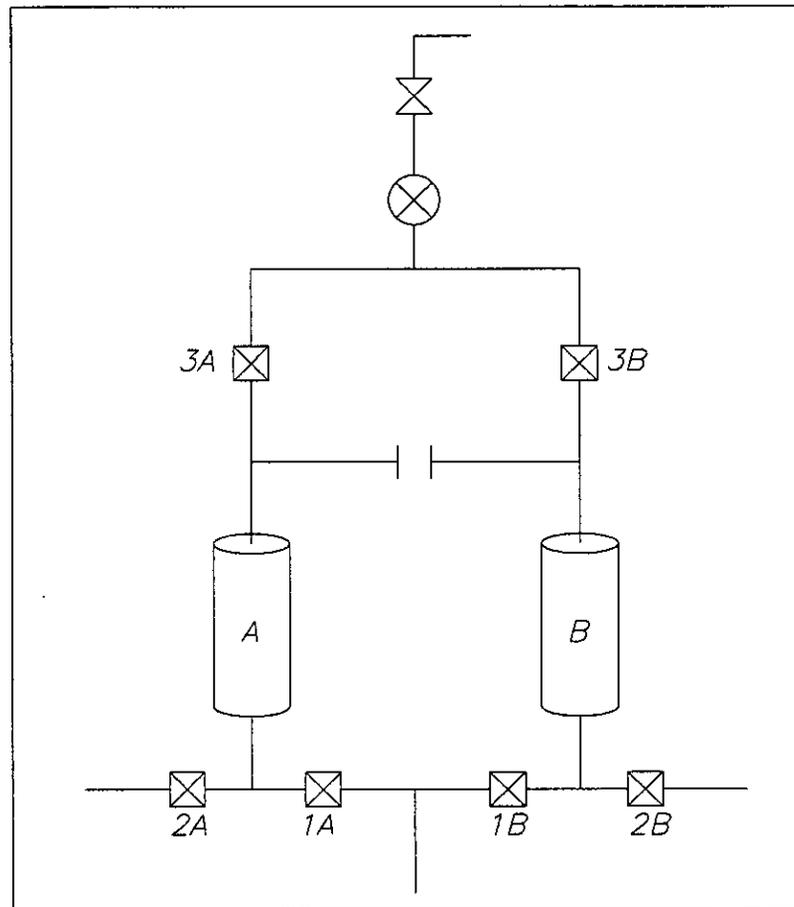


Representación general del concentrador de oxígeno diseñado y construido.



DISEÑO DEL CONTROLADOR DE VALVULAS DEL CONCENTRADOR DE OXIGENO

Esquema de válvulas solenoidales existentes en el equipo.



El sistema de válvulas y cilindro con zeolita se encuentra duplicado, funcionando en forma antagonista. En la figura muestra un cilindro A y otro B y 6 válvulas llamadas 1A, 2A, 3A, 1B, 2B y 3B.

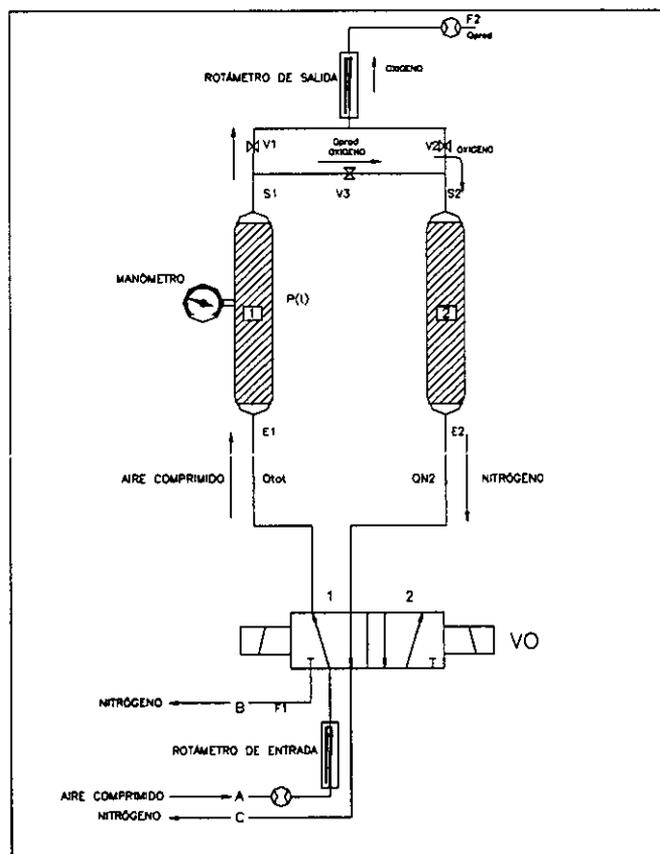
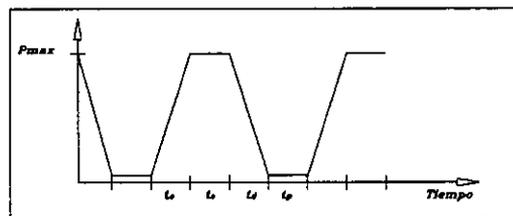
La estructura final del equipo comprende la instalación de una válvula 5/2 en reemplazo de las cuatro válvulas de entrada al sistema (2A, 1A, 1B y 2B), además se incorporaron dos rotámetros uno a la entrada de aire al sistema y otro a la salida del oxígeno, por último se instaló un manómetro en uno de las torres de zeolita para censar la presión en su interior. Todo lo anteriormente descrito aparece esquematizado en la siguiente figura.

ECOZONO

La imagen siguiente corresponde al ciclo de funcionamiento de uno de los cilindros con zeolita. Este ciclo queda definido por los tiempos de compresión, adsorción, descompresión y purga, t_c , t_a , t_d y t_p respectivamente.

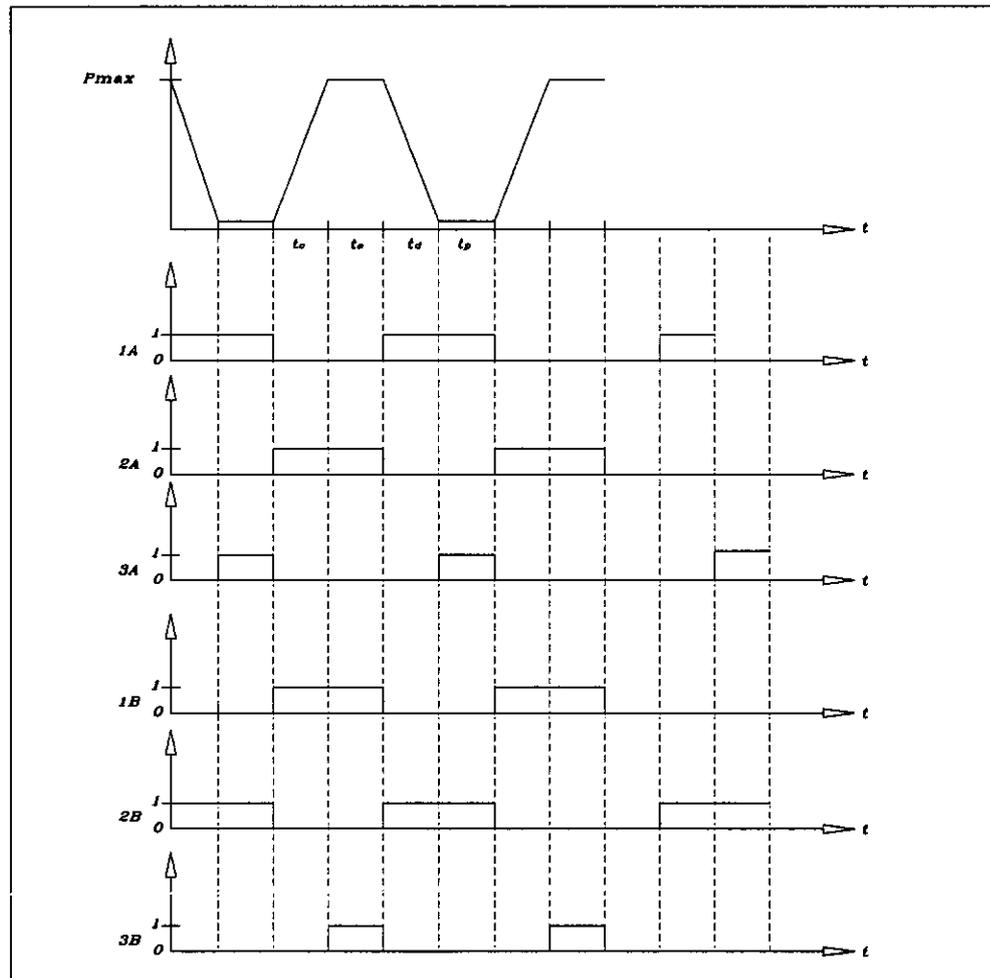
Por las características del ciclo los tiempos:

$$t_c = t_d \quad \text{y} \quad t_a = t_p$$

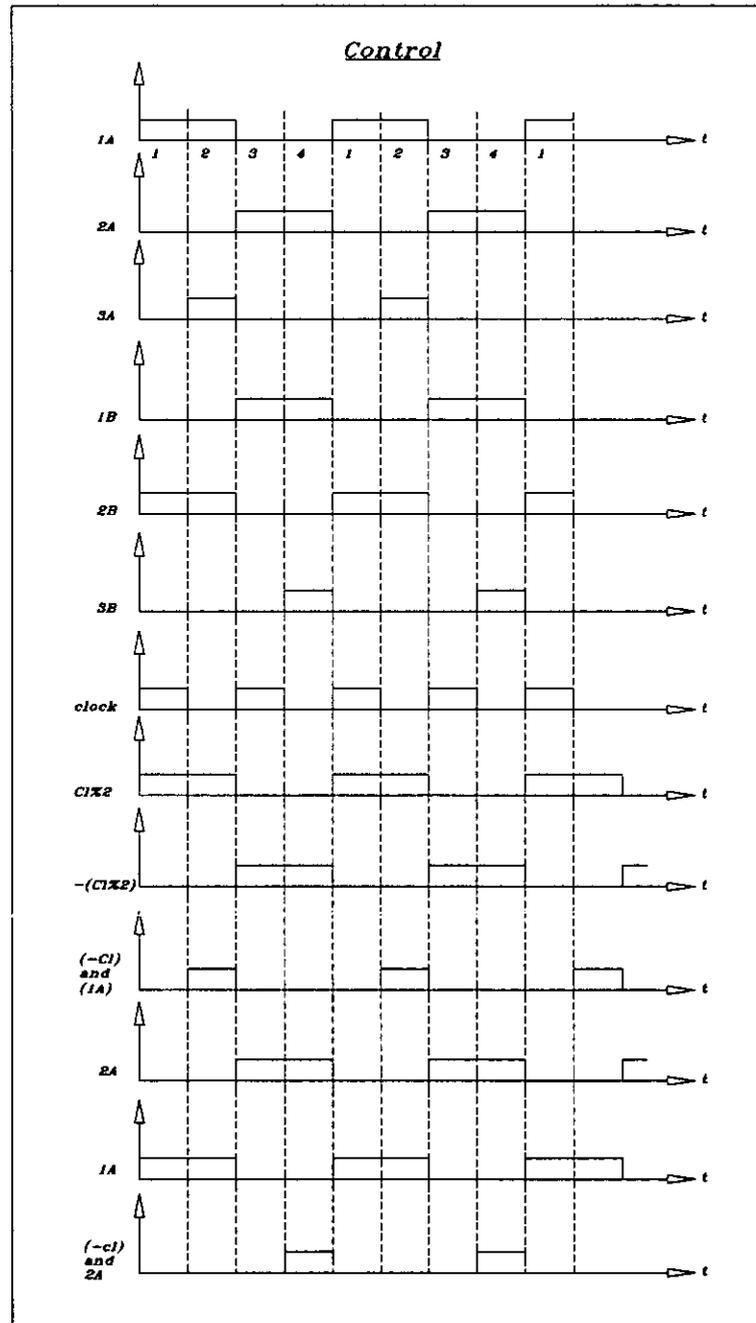


57

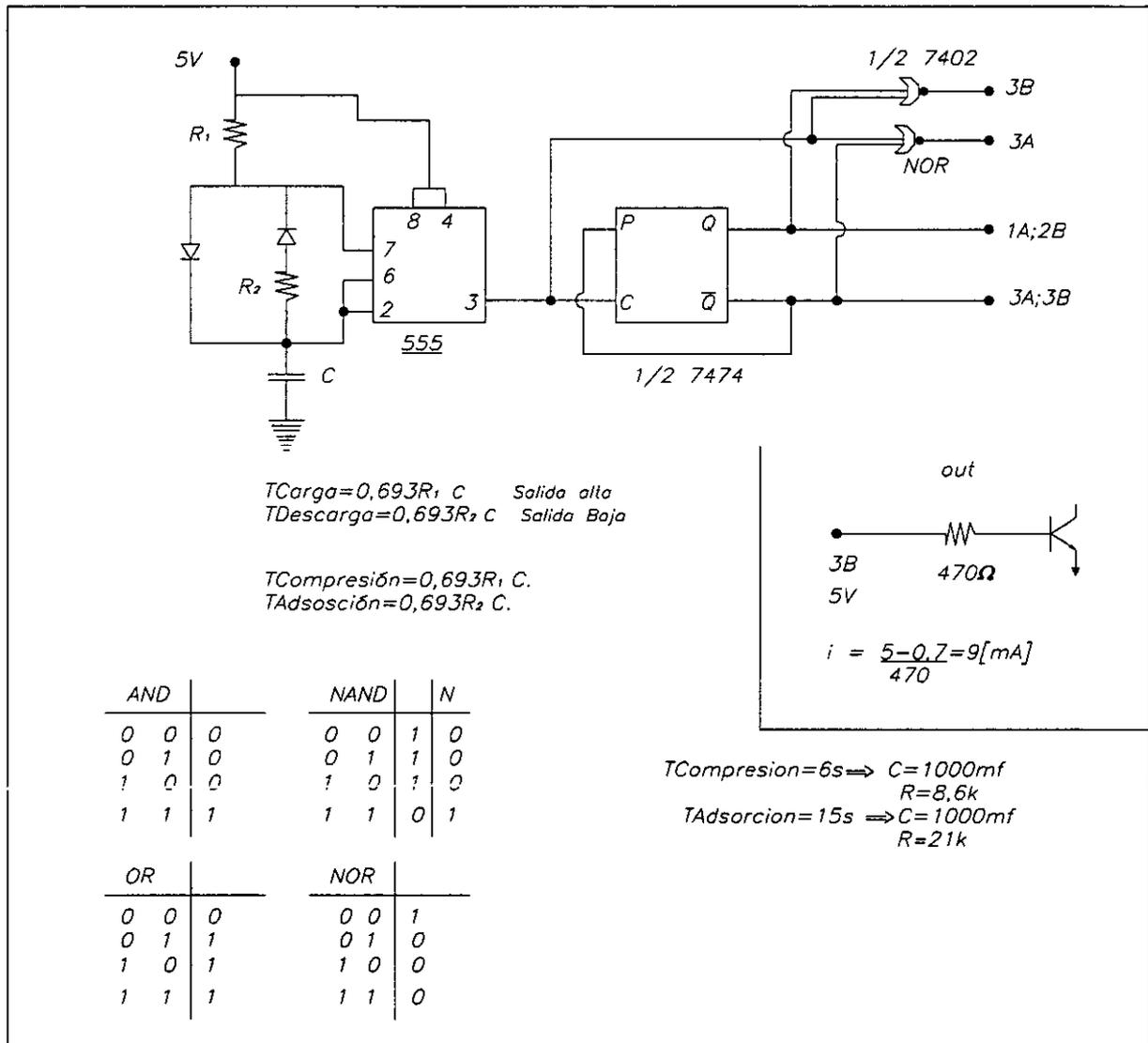
En la figura siguiente se muestra un diagrama de control de las diferentes válvulas solenoides involucradas en el separador de oxígeno. En los diferentes diagramas 1 significa válvula abierta y 0 válvula cerrada. Delante de cada gráfica se encuentra el código que indica a que válvula corresponde.



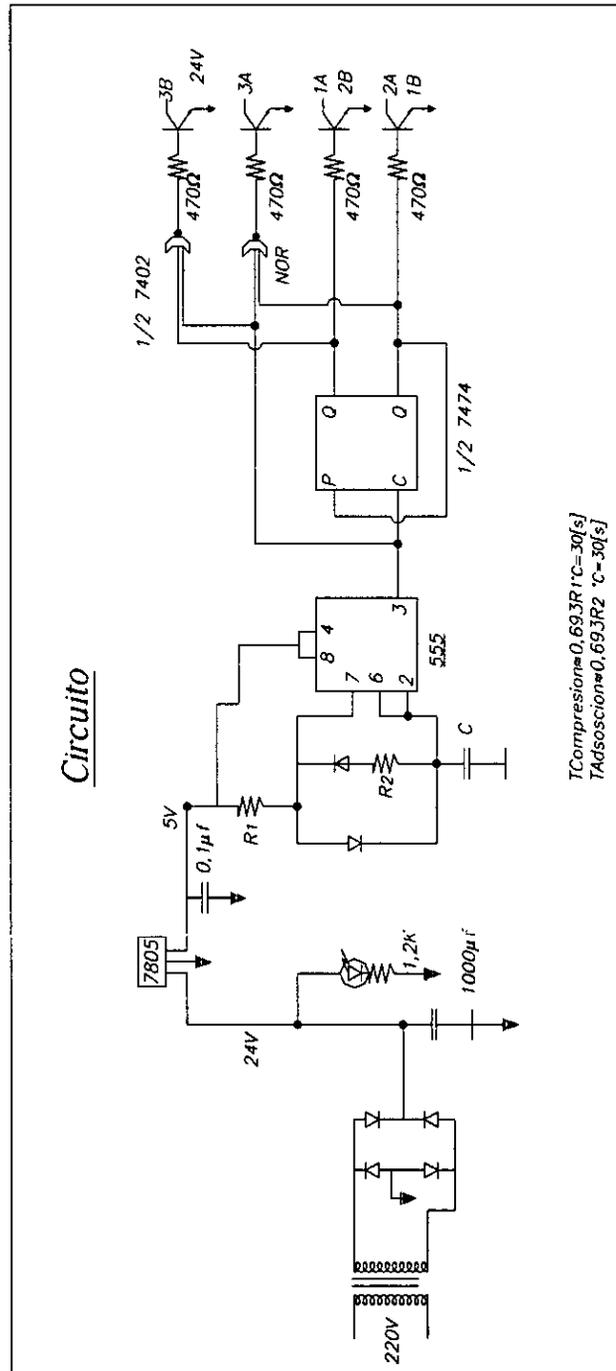
En el siguiente gráfico se encuentra nueva mente la información de los ciclos de encendido de cada válvula y la reducción a un sistema automático comandado por un reloj (gráfico clock).



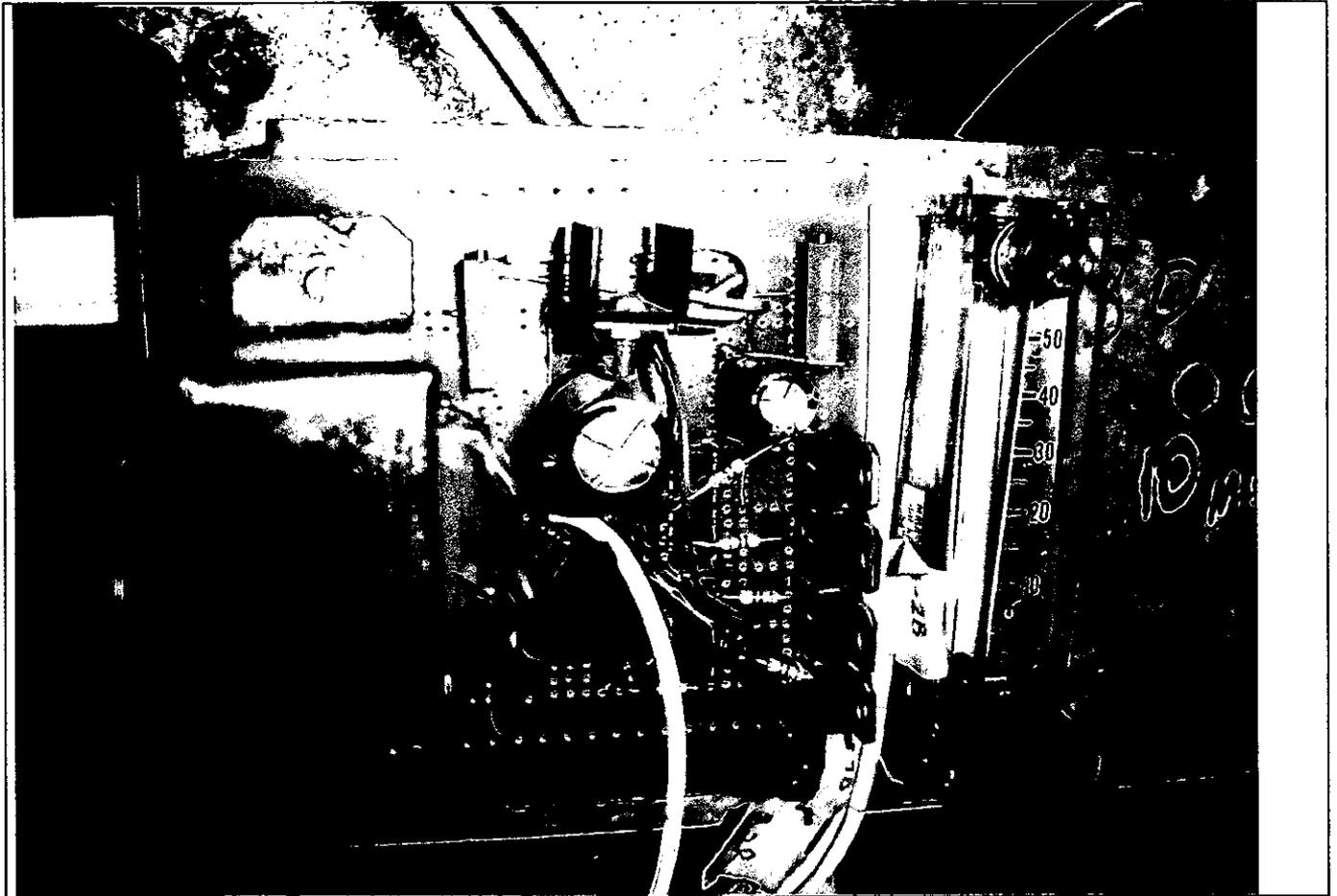
En la siguiente figura se muestra el circuito del reloj (clock) y el flip-flop utilizado para dividir la señal del reloj con el propósito de controlar todo el ciclo. También se encuentran las ecuaciones usadas para definir el tiempo de compresión (tiempo de carga) y el tiempo de adsorción (tiempo descarga) y se detallan los componentes electrónicos usados en el circuito de control.



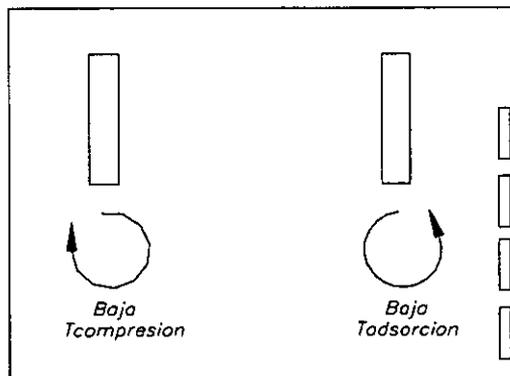
En la figura siguiente se encuentra el circuito completo de control, incluida la etapa de alimentación y los transistores de potencia que alimenta directamente las válvulas solenoidales.



En la foto siguiente se puede ver el circuito de control y su montaje.



En la gráfica siguiente se puede observar la posición de los potenciómetros usados para variar los tiempos de compresión y adsorción, destacándose la dirección en la cual hay que girar los potenciómetros con el propósito de aumentar o disminuir los tiempos antes mencionados.



CONCLUSIONES

Se ha logrado diseñar, construir y evaluar un generador de ozono que permite ser utilizado en riles industriales. El desempeño de los modelos diseñados ha sido estudiado mediante los niveles de energía consumida así como las concentraciones de ozono que cada equipo puede generar. La técnica de caracterización ha sido desarrollada en el contexto del presente proyecto y descrita en el primer informe. Específicamente, se puede establecer que las concentraciones de ozono alcanzadas para los diferentes equipos corresponde a concentraciones de ozono de 30 gr/hr en condiciones confiables y de 50 gr de O₃/hr a plena potencia en tiempos limitados de uso.

La aplicación de ozono se ha realizado sobre riles industriales que cuentan con un tratamiento primario y secundario, de esta forma, la aplicación de ozono en riles se ha realizado como un método terciario. La naturaleza de los riles tratados corresponde a los de las empresas Explotaciones Sanitarias S.A. y Patagónia Salmon Farming S.A. La naturaleza de cada uno de estos riles es completamente diferente. Considerando, que la primera trata residuos de muchas industrias del sector de Quilicura y que Patagónia trata riles exclusivos del proceso de salmón.

Las pruebas realizadas permitieron observar el comportamiento de los parámetros de aspecto, fisico-químico (DQO, DBO) así como los microbiológicos de los riles frente a la acción del ozono. De esta forma todos los resultados obtenidos demostraron abatimiento de la materia orgánica y eliminación de microorganismos patógenos en tiempos variables según la técnica utilizada y según el tipo de ril.

Para el ril de ESSA se obtuvo un abatimiento de DBO y de DQO similar para ambos índices y que está entorno del 58%. En cuanto a los resultados microbiológicos luego de unos minutos de exposición al ozono, la cantidad de coliformes fecales se redujo drásticamente de valores mayores de 1600 a valores del orden de 31 coliformes/100ml en el mejor de los casos. En gran medida, el olor y el color de un ril está sujeto a la población de microorganismos presentes en él, para el caso de las aguas de ESSA se observa una mejoría considerable de estos aspectos una vez transcurridos 90 minutos de ensayo a niveles de Ozonización detallados con anterioridad.

El ril denominado agua-sangre estudiado para Patagónia Salmón presentó niveles elevados de contaminación orgánica. Para este ril en particular, los valores de DBO₅ obtenidos luego de una ozonización son extremadamente bajos llegando en algunos casos a valores por debajo de la unidad. Por esto, la tendencia de los resultados microbiológicos indica que una vez tratado químicamente el ril, este, contiene una baja población de coliformes por lo que la adición de ozono garantizará una mínima población microbiana en el ril antes de ser arrojado al mar. El color del ril es drásticamente reducido de rojo fuerte a un tenue amarillo, el olor de este ril una vez tratado, es prácticamente imperceptible, por lo que, la reducción de estos dos aspectos, el olor y el color, dan una mejor apariencia al ril una vez tratado.

El proyecto permitió estudiar la dinámica ozono-ril a diferentes niveles de escala. Es así como se estudió tanto a nivel de laboratorio, piloto e industrial, pudiendo conocer cualitativa y cuantitativamente el comportamiento de los riles frente al tratamiento con ozono.

A nivel piloto se estudiaron dos metodologías que permitieron una optimización de los mecanismos de difusión en el ril, en particular, para este propósito se utilizaron las aguas contaminadas provenientes de la empresa ESSA. La primera fue la difusión de ozono mediante un inyector venturi y la segunda consistió en difundir ozono a través de una membrana porosa, mecanismo denominado "micro burbujas". Se observó que el método de micro burbujas tiene ventajas comparativas respecto al sistema venturi, sobretodo cuando se analiza la eficiencia de abatimiento en los primeros minutos para el DBO.

A nivel de aplicación general, el sistema venturi es aconsejable para sistemas de recirculación de bajo caudal y gran presión, para aguas con reducida carga microbiana y sólida, este método conjuga la inyección de ozono en el ril con la presión y caudal aplicados al sistema. Esta íntima relación entre caudal de agua e inyección de ozono puede generar problemas derivados de la disminución de la presión de línea, deprimiendo la inyección de ozono y aumentando la probabilidades de falla en la unidad generadora de ozono.

Por su parte, el método de micro burbujas, permite escalar sus resultados con mayor facilidad que el método venturi, este método posibilita gobernar independientemente la difusión de ozono del caudal de ril impuesto

Cualitativamente se han obtenido resultados sorprendentes respecto del ril de ESSA que por naturaleza es complejo ya que contiene compuestos no biodegradables desde que la relación $DQO/DBO > 1,4$ esto asociado al nivel de color y disminución de microorganismos patógenos obtenidos para este ril.

Se ha verificado de acuerdo a la literatura y a la experiencia obtenida que un buen diseño de planta de tratamiento depende del tipo de ril a tratar, del tiempo de tratamiento y del caudal a tratar. Esto permite concluir que en cada caso es fundamental realizar ensayos a nivel de laboratorio que permitan determinar, en concreto, la cantidad de ozono a difundir en el agua para obtener los resultados esperados.

El desarrollo del proyecto permitió establecer parámetros de diseño aplicables a nivel industrial para la difusión del ozono en el ril. El diseño industrial está definido por un número definido de generadores de ozono un estanque de contacto una serie de membranas difusoras más el equipamiento técnico necesario para controlar el sistema.

Desde que el generador de ozono diseñado permite obtener con seguridad una cantidad de ozono de 30 gr O_3/hr para regímenes constantes de aplicación y 50 gr O_3/hr para solicitudes puntuales de ozono en tiempos cortos se desarrolló un prototipo de tipo comercial que cumple con las características necesarias de funcionalidad, de visualización los parámetros de operación y control así como de seguridad. De esta misma forma, el acoplamiento entre el generador de oxígeno diseñado y construido permite acoplar un sistema comercial de generación de ozono a partir de un generador de oxígeno.

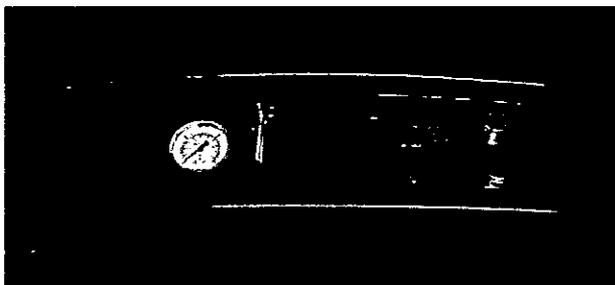
ANEXO IV DISEÑO DE LOS EQUIPOS COMERCIALES

DISEÑO Y FABRICACIÓN EQUIPO GENERADOR DE OZONO

El diseño del generador de ozono está basado en la necesidad de entregar al mercado un equipo con una apariencia vistosa y a la vez fácil de operar. El diseño comercial permite operar rápida y certeramente la unidad generadora, controlando en todo momento los parámetros de operación del sistema, los instrumentos de control se encuentran ubicados sobre una placa termoformada de color gris denominada panel de control.

La entrada y salida de los gases, oxígeno y ozono respectivamente, el suministro eléctrico monofásico y el switch termomagnético se ubican en la puerta trasera de la unidad. (ver esquema).

El panel de control ubicado al frente y arriba del cuerpo de la unidad consta de dos zonas, una eléctrica y otra neumática. La siguiente fotografía muestra el panel de control antes de ser instalado en la estructura del M 300/4.

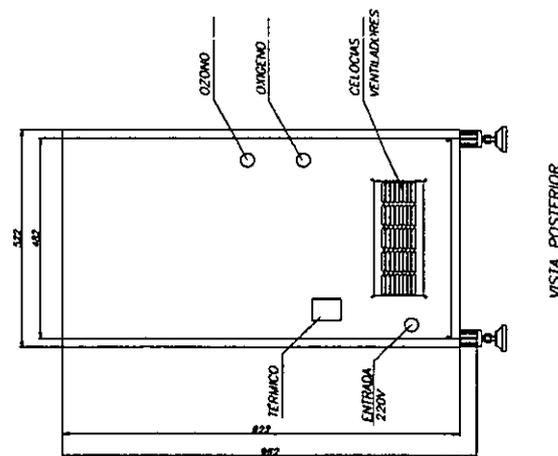
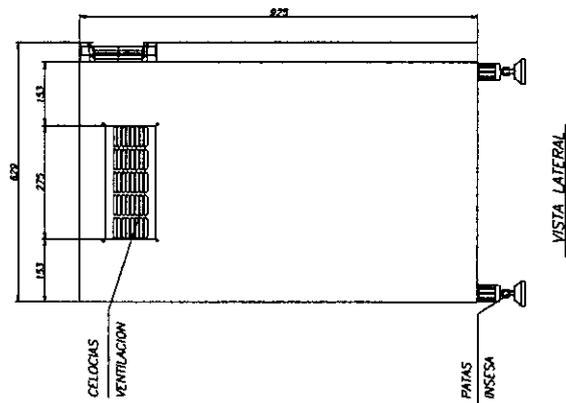
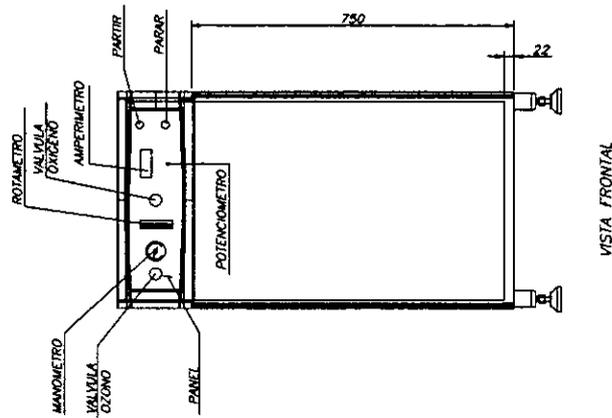


Zona eléctrica: Observando el panel de control de derecha a izquierda son fácilmente ubicables las botoneras luminosas partir, color verde, y parar, color rojo. A continuación se encuentra un potenciómetro con pantalla luminosa esta registra el grado de intensidad de corriente aplicada al equipo.

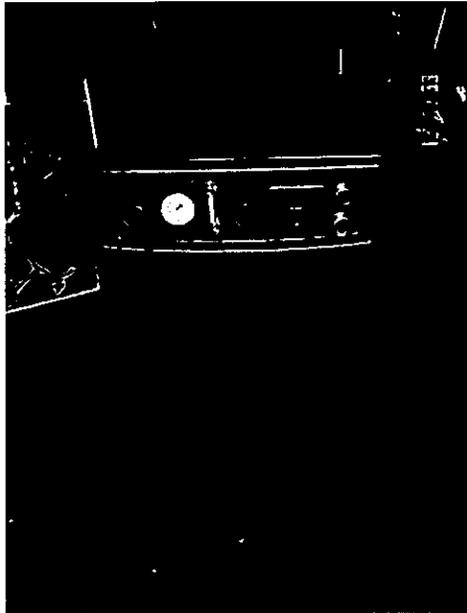
Zona neumática: Esta unidad posee dos válvulas de control de flujo, a la entrada del oxígeno y a la salida del ozono, las funciones principales de estas válvulas son restringir el paso de oxígeno y aumentar la presión en el interior de los módulos de generación de ozono. El caudal de generación es controlado y censado por un rotámetro de bola instalado a la izquierda de la válvula de control de oxígeno. La presión de trabajo de la unidad generadora es visualizada por el manómetro ubicado entre el rotámetro y la válvula de control de flujo de ozono. La válvula de control de flujo de ozono es el último elemento instalado en el panel.

La puerta posterior es completamente abatible, lo que permite acceder fácilmente al circuito electrónico y a los módulos generadores de ozono. La unidad está diseñada para operar en donde la

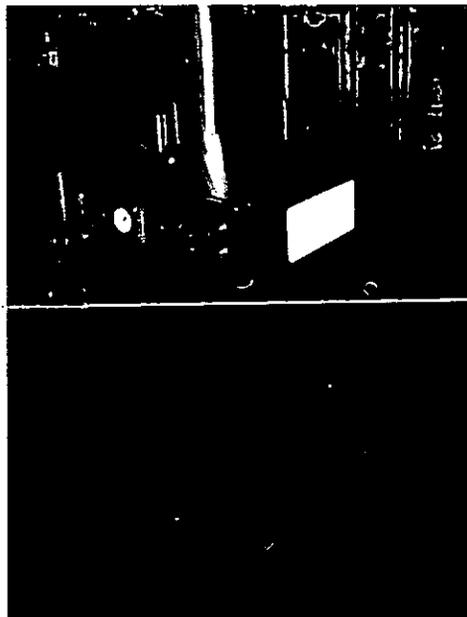
carga de humedad sea moderada, los circuitos de control y de potencia se están a varios centímetros del suelo.



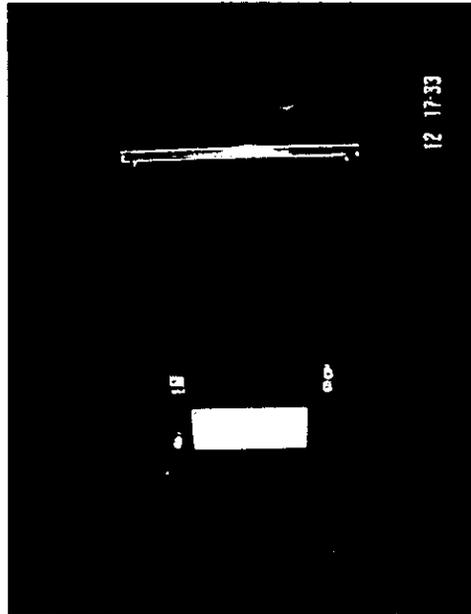
A continuación se presentan tres vistas de la unidad prototipo M 300/4, con panel de control instalado. Este equipo fue desarrollado en acero inoxidable, soldado y apornado interiormente.



Vista Frontal



Vista en perspectiva



Vista posterior

Datos Técnicos

Nombre:	Equipo Generador de Ozono
Modelo:	M 300/4
Producción:	Nominal: 30-35 gr O3/hr @5 psi, 10 lpm O2. Plena Carga: 45-50 gr O3/hr @5 psi, 10 lpm O2
Alimentación:	Voltaje: 220 V, monofásico. Corriente: 10 A. Potencia : 2200 Watt
Dimensiones:	Alto: 92,5 cm Ancho: 52,2 cm Largo: 62,9 cm
Peso:	80 kilogramos
Conexión de gases:	Oxígeno: Tubo 8mm diámetro exterior. Ozono: Tubo 8mm diámetro exterior.

DISEÑO Y FABRICACIÓN EQUIPO GENERADOR DE OZONO

El concepto de concentrador de oxígeno desarrollado consiste en una unidad compacta de gran estética fácil de operar, pudiendo ser instalada como parte de un sistema de generación de ozono como de producción de oxígeno para otras prestaciones, esta unidad aloja en su interior todo el equipamiento y los controladores necesarios para su funcionamiento.

La unidad consta de tres partes, la primera es una tapa termo formada, que lleva instaladas las botoneras de control y el rotámetro de oxígeno.

La segunda parte del conjunto son dos planchas metálicas una frontal y otra posterior, ambas al unirse forman una base trapezoidal.

La tercera parte del conjunto cumple con permitir la sujeción interna de los instrumentos y dispositivos que forman la unidad concentradora de oxígeno, así como de soporte entre las planchas delantera y trasera y la tapa termoformada.

Las características técnicas de esta unidad corresponden a las necesarias para surtir de oxígeno al generador de oxígeno que surgió del presente proyecto.

El funcionamiento de la unidad depende tanto del compresor de aire, como del control electrónico de las válvulas solenoides, el control de los tiempos de operación de cada válvula es definida gracias a un conjunto de potenciómetros que regulan los cierres y aperturas de ellas. La operación de la unidad es sencilla, necesitando solamente de pulsar el switch encendido-apagado y el control del caudal desde el rotámetro instalado al frente de la unidad concentradora.

Características técnicas:

Caudal entregado:	15 lpm
Presión de servicio:	15 PSI
Voltaje:	220 V
Frecuencia:	50 HZ
Aire libre de aceite	
Alto:	850 mm
Ancho:	500mm
Espesor:	400mm
Peso	30 kg aprox.

A continuación se presenta una serie de gráficas computacionales mostrando el diseño comercialmente proyectado.

