

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARIA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

**Estudio de Prefactibilidad Técnica y Económica para la evaluación del reemplazo del Equipo
Generador de Ozono en Coca-Cola Embonor S.A.**

Trabajo de Titulación para optar al Título Profesional de
Ingeniero de Ejecución en Gestión Industrial.

Alumno:

Alejandro Alfaro Gallardo

Profesor Guía:

Augusto Vargas Schöler

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Estudio de Prefactibilidad Técnica y Económica para la evaluación del reemplazo del Equipo Generador de Ozono en Coca-Cola Embonor S.A.

Nombre del candidato(a): Alejandro Andres Alfaro Gallardo

Carrera / Grado: Ingeniería de ejecución en gestión industrial

Campus: Viña del mar Departamento: Electrotecnia e informática

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Augusto Vargas Schuler, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (marcar una opción):

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 25 Marzo 2026

Firma: Augusto A Vargas Schuler

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 25 Marzo 2026

Firma:

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

RESUMEN

KEYWORDS: Generación de ozono, viabilidad técnico-económica, tratamiento de agua, eficiencia operativa, calidad microbiológica, automatización industrial.

El presente estudio evalúa la viabilidad técnica y económica de la sustitución del generador de ozono CD30NX (30 g/h) por el modelo VOENZ Hidro V 80 g/h en la línea Ergo Bloq L de la planta Coca-Cola Embonor S.A., ubicada en Viña del Mar, Chile. El proyecto se plantea como una mejora operacional, orientada a reducir fallas del sistema de ozonización, disminuir pérdidas productivas y fortalecer la seguridad alimentaria en el proceso de embotellado de agua purificada, considerando una inversión inicial total de 3.204 UF, correspondientes a la adquisición del equipo, costos de implementación e imprevistos. El análisis técnico evidencia que el equipo Hidro V presenta un desempeño superior en confiabilidad y continuidad operativa, aumentando la disponibilidad de 93,6% a 95,4% (1,86%). Esta mejora reduce las detenciones no programadas y las pérdidas por botellas no conformes, asegurando un proceso de ozonización más estable y el cumplimiento de la normativa sanitaria vigente.

Desde el punto de vista económico, el proyecto genera ahorros operacionales de 681 UF anuales y presenta indicadores financieros positivos en todos los escenarios evaluados. No obstante, el nivel de rentabilidad obtenido depende fuertemente de la estructura de financiamiento utilizada. El proyecto puro, financiado íntegramente con recursos propios, alcanza un VAN de 685 UF, una TIR del 20 % y un periodo de recuperación de 4 años, mostrando una rentabilidad moderada.

Al incorporar financiamiento externo del 50 %, los resultados mejoran significativamente: el VAN aumenta a 1.013 UF, la TIR sube a 36 % y el PRI se reduce a 3 años, evidenciando un claro efecto positivo del apalancamiento sobre la rentabilidad del accionista.

Finalmente, bajo un esquema de financiamiento del 75 %, el proyecto alcanza su máximo desempeño financiero, con un VAN de 1.178 UF, una TIR de 65 % y un periodo de recuperación de solo 2 años. Este comportamiento se explica por la menor inversión de capital propio, el impacto del escudo tributario y la capacidad del proyecto para sostener flujos operacionales estables.

Tabla de contenido

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	1
Capítulo 1: Diagnóstico y objetivos del proyecto.....	2
1.0 Diagnóstico y objetivos del proyecto.....	3
1.1 Antecedentes de la empresa y del proceso actual.	3
1.1.1 Historia y evolución de Coca-Cola Embonor S.A.	3
1.1.2 La estrategia organizacional.....	4
1.2 Valores corporativos	5
1.2.1 Misión	5
1.2.2 Visión	5
1.3 Proceso actual de purificación de agua	6
1.3.1 Etapas del proceso	6
1.3.2 Problema u oportunidad de mejora.....	7
1.3.3 Análisis F.O.D.A. del proceso de embotellación de aguas planas.....	8
1.4 Objetivos del proyecto	10
1.4.1 Objetivo general	10
1.4.2 Objetivos específicos.....	10
1.5 Marco legal y normativo	10
1.5.1 Síntesis del marco normativo.....	12
1.6 Alcance de la mejora e impactos esperados.....	12
1.6.1 Alcance del proyecto	12
1.6.2 Impactos en la implementación.....	13
1.7 Indicadores de éxito del proyecto	15

1.7.1	Técnicos y operativos	15
1.7.2	Económicos	15
1.7.3	Calidad e inocuidad	15
1.7.4	Ambientales y de sostenibilidad	16
Capítulo 2: Análisis de Prefactibilidad del Mercado y Clientes.....		17
2.0	Análisis de prefactibilidad del mercado y clientes.....	18
2.1	Segmento de aguas purificadas: tendencias y posicionamiento	18
2.2	Variables críticas de la mejora (costos, tiempos, satisfacción y cumplimiento)	19
2.3	Benchmarking tecnológico y organizacional.....	20
2.3.1	Competidores directos en Chile	21
2.3.2	Prácticas de referencia internacional.....	22
2.3.3	Brecha tecnológica identificada	22
2.3.4	Justificación del recambio tecnológico	22
2.4	Precios y proyección de ingresos	23
2.4.1	Impacto económico indirecto	23
2.4.2	Demanda histórica y programación (2022 – 2025).....	23
2.4.3	Programación detallada de aguas planas (Año 2022 a 2025).....	25
2.4.4	Detenciones de equipo CD30NX (enero 2022 - octubre 2025).....	28
2.4.6	Desglose de la detención por formato.....	29
2.4.7	Personal interno involucrado por detención	29
2.4.7.1	Costo por hora - hombre durante detenciones - equipo CD30NX	30
2.4.8	Costos por detenciones registradas CD30NX.....	31
2.5.1	Costo total de detención	32
2.6	Proyección de la demanda futura (horizonte de 5 años)	32

2.6.1 Demanda - Equipo Hidro V Embonor Talca.....	32
2.6.2 Detenciones equipo Hidro V en Embonor Talca	33
2.6.3 Costo por hora - hombre durante detenciones - equipo Hidro V.....	33
2.6.4 Costo Total de detención - Equipo Hidro V (Talca)	34
2.7 Comparación de rendimientos operativos	35
2.7.1 Método de regresión lineal simple	35
2.8 Estimación de la demanda (año 2026 – 2030).....	36
2.8.1 Estimación de horas en Falla.....	36
2.8.2 Velocidades de Producción y Precios por Unidad.....	37
2.8.3 Ahorro proyectado al implementar equipo Hidro V	38
2.9 Beneficios económicos proyectados.....	38
Capítulo 3: Análisis de prefactibilidad técnica	40
3.0 Análisis de prefactibilidad técnica.....	41
3.1 Descripción del Proyecto	41
3.1.1 Situación actual	41
3.1.2 Requerimientos Técnicos del Nuevo Sistema	42
3.1.3 Alternativas tecnológicas	42
3.1.4 Especificaciones técnicas equipo “Hidro V” y comparación con el CD30nx	44
3.1.5 Condiciones de trabajo para la implementación	45
3.1.6 Costos operacionales comparados: escenario sin proyecto y con proyecto	46
3.1.6.4 Conclusión del análisis comparativo	48
3.1.7 Personal Actual Involucrado y Requerimientos de Capacitación.	48
3.2 Plazos de implementación	49
3.2.1 Lay-out actual y adaptaciones necesarias.....	49

3.3 Estimación de inversiones requeridas	54
3.4 Egresos Proyectados	55
CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN ECONÓMICA	57
4.0 Evaluación económica.....	58
4.1 Análisis de Ahorros Atribuibles a la Mejora	58
4.2. Consideraciones iniciales.	59
4.2.1. Horizonte de evaluación.	60
4.2.2. Impuestos.....	60
4.2.3. Tasa de descuento.....	60
4.2.4 Tasa libre de riesgo (R_f).....	61
4.2.5 Tasa de rentabilidad de mercado (R_m).....	61
4.2.6 Beta	62
4.2.7 Depreciación del equipo	63
4.2.8 Capital de trabajo	64
4.3 Proyecto puro.....	65
4.4 Proyecto con financiamiento externo del 50%.....	66
4.5 Proyecto con financiamiento externo del 75%.....	68
4.6 Resumen de rentabilidad del proyecto.....	70
4.7 Análisis de sensibilidad.....	72
4.8 Conclusión	75
Bibliografía	76

Índice de Tablas

Tabla 1.1 Análisis F.O.D.A.....	9
Tabla 2.1 Variables Críticas que justifican la mejora	19
Tabla 2.2 Demanda histórica aguas planas, enero 2022 a octubre 2025	24
Tabla 2.3 Demanda histórica para Benedictino sin gas 0,5 litros	25
Tabla 2.4 Demanda histórica para Benedictino sin gas 1,5 litros	26
Tabla 2.5 Demanda histórica para Benedictino sin gas 2 litros	27
Tabla 2.6 Costos por personal involucrado.....	30
Tabla 2.7 Costo H/H por detención equipo CD30NX	30
Tabla 2.8 Pérdida por botella no producida, CD30NX	31
Tabla 2.9 Costo total de detención – equipo CD30NX.....	32
Tabla 2.10 Demanda equipo Hidro V – Embonor Talca	33
Tabla 2.11 Detenciones equipo Hidro V – Embonor Talca.....	33
Tabla 2.12 Costo h/h equipo Hidro V – Embonor Talca	34
Tabla 2.13 Costo total de detención equipo Hidro V – Embonor Talca.....	34
Tabla 2.14 Comparación de rendimientos por equipos.....	35
Tabla 2.15 Estimación de la demanda.....	36
Tabla 2.16 Estimación de horas en falla - Equipo CD30NX	36
Tabla 2.17 Estimación de horas en falla - Equipo Hidro V	37
Tabla 2.18 Velocidades de producción y precios por unidad	37
Tabla 2.19 Ahorro proyectado al implementar equipo Hidro V	38
Tabla 2.20 Ingresos proyectados.....	39
Tabla 3.1 Matriz Comparativa de Evaluación.....	43
Tabla 3.2 Comparaciones técnicas entre CD30NX e Hidro V	44
Tabla 3.3 Condiciones para la implementación	45
Tabla 3.4 Comparación y ahorro estimado	47
Tabla 3.5 Personal con requerimiento de capacitación.....	48
Tabla 3.6 Inversión total del proyecto	54
Tabla 3.7 Egresos Proyectados.....	55

Tabla 4.1 Crédito bancario 50%	59
Tabla 4.2 Crédito bancario 75%	59
Tabla 4.3 Tasa libre de riesgo	61
Tabla 4.4 Tasa de rentabilidad de mercado	61
Tabla 4.5 Beta.....	62
Tabla 4.6 Flujo de caja proyecto puro	65
Tabla 4.7 Proyecto financiado al 50%	66
Tabla 4.8 Amortización financiamiento al 50%.....	67
Tabla 4.9 Proyecto financiado al 75%	68
Tabla 4.10 Amortización financiamiento al 75%.....	69
Tabla 4.11 Resumen de rentabilidad del proyecto	70

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Vista general de línea Ergo Bloq L	8
Ilustración 2 Agua sin gas Benedictino.....	19
Ilustración 3 Productos CCU	21
Ilustración 4 Programación formato 500cc.....	25
Ilustración 5 Programación formato 1500cc.....	26
Ilustración 6 Programación formato 2000cc.....	27
Ilustración 7 Carta Gantt	49
Ilustración 8 Lay out para nuevo equipo.....	50
Ilustración 9 Equipo Hidro V.....	51
Ilustración 10 Trabajos de instalación.....	51
Ilustración 11 Dimensiones toma lateral equipo Hidro V	52
Ilustración 12 Dimensiones toma superior equipo Hidro V.....	52
Ilustración 13 Sistema de Bypass para equipo Hidro V.....	53
Ilustración 14 Sensibilidad del VAN ante variación de ingresos (ahorros).	73
Ilustración 15 Sensibilidad del VAN ante variación de egresos	74

INTRODUCCIÓN

En la industria de bebidas, la eficiencia operativa y el aseguramiento de la calidad constituyen factores críticos para la competitividad y sostenibilidad de las organizaciones. En este contexto, los procesos de tratamiento y desinfección del agua adquieren un rol fundamental, especialmente en la producción de aguas embotelladas, donde la inocuidad microbiológica es un requisito normativo y estratégico.

Coca-Cola Embonor S.A. es una de las principales embotelladoras del sistema Coca-Cola en Chile y Bolivia, operando plantas productivas altamente automatizadas que deben cumplir estrictos estándares técnicos, sanitarios y corporativos. Dentro de estos procesos, la planta ubicada en Viña del Mar presenta una línea de producción de aguas planas cuya continuidad operativa depende directamente del correcto funcionamiento del sistema de generación de ozono.

A partir del análisis del desempeño operacional, se ha identificado que el equipo generador de ozono actualmente instalado presenta limitaciones técnicas que afectan la estabilidad del proceso, incrementan los tiempos improductivos y generan pérdidas económicas relevantes. Esta situación justifica la evaluación de una alternativa tecnológica que permita mejorar la disponibilidad operativa, asegurar la calidad del producto final y reducir los costos asociados a fallas y reprocesos.

En este marco, el presente trabajo desarrolla un estudio de prefactibilidad técnica y económica orientado a evaluar el reemplazo del generador de ozono existente por un equipo de mayor capacidad y nivel de automatización, con el fin de fortalecer la eficiencia productiva y el cumplimiento normativo de la operación.

Capítulo 1: Diagnóstico y objetivos del proyecto

1.0 Diagnóstico y objetivos del proyecto.

El presente capítulo tiene como propósito presentar el diagnóstico del proceso productivo actual y los antecedentes relevantes de la empresa, identificando la problemática que da origen al proyecto.

1.1 Antecedentes de la empresa y del proceso actual.

Coca-Cola Embonor ha crecido por seis décadas, consolidando liderazgo, innovación y sostenibilidad en bebidas.

1.1.1 Historia y evolución de Coca-Cola Embonor S.A.

Coca-Cola Embonor S.A. fue fundada en 1962 bajo el nombre de Embotelladora Arica, con operaciones iniciales en las ciudades de Arica e Iquique. Desde sus inicios, la empresa ha experimentado un crecimiento sostenido, marcado por hitos estratégicos que han consolidado su posición en la industria de bebidas en América Latina.

Durante la década de 1970, la compañía fortaleció su capacidad productiva con la inauguración de una planta en Arica (1974), seguida por una nueva planta en Iquique en 1988. El verdadero punto de inflexión se produjo en los años 90, cuando en 1995 adquirió Embol en Bolivia, lo que le permitió triplicar su escala y posicionarse como un actor relevante en ese mercado.

En 1999, la expansión continuó con la adquisición de operaciones en Chile y Perú, lo que cuadruplicó su tamaño y le otorgó una participación del 90% en el mercado peruano. Este proceso de expansión fue respaldado por emisiones de acciones en las bolsas de Nueva York y Santiago, consolidando su carácter multinacional.

En el año 2000, la empresa adoptó oficialmente el nombre Coca-Cola Embonor S.A. y, en 2004, decidió concentrar sus operaciones en Chile y Bolivia, vendiendo sus activos en Perú. A partir de entonces, inició una etapa de diversificación de portafolio, incorporando nuevas categorías como aguas, jugos y marcas propias como Benedictino, además de innovaciones en envases PET y alianzas estratégicas.

Desde 2011, la compañía ha reforzado su infraestructura en ambos países y ha incrementado su participación en empresas como Vital. Entre 2014 y 2016, optimizó sus operaciones mediante el

cierre de plantas, emisión de bonos y la creación de Coca-Cola del Valle New Ventures, enfocada en bebidas no carbonatadas. En los últimos años, Embonor ha apostado por la diversificación y la sostenibilidad. Incorporó marcas como Ades (2017) y Guallarauco (2018), amplió su distribución a nuevas categorías como vinos, cervezas y piscos, y lanzó su canal de e-commerce E-Embonor. En 2021, impulsó la sostenibilidad con la creación de Re-Ciclar S.A., orientada al reciclaje de PET, y fortaleció su red logística.

En 2022, al cumplir 60 años, reafirmó su liderazgo con nuevos lanzamientos como Schweppes, inversiones en distribución y proyectos de eficiencia energética. Finalmente, en 2023, firmó un acuerdo estratégico de largo plazo con The Coca-Cola Company y realizó una nueva colocación de bonos, consolidando así seis décadas de expansión, innovación y compromiso con el desarrollo sostenible. (Coca-Cola Embonor S.A., s.f.)

1.1.2 La estrategia organizacional

La estrategia organizacional de Coca-Cola Embonor S.A. se orienta a consolidarse como un embotellador de excelencia, generando valor sustentable para todos sus grupos de interés en los territorios donde opera, principalmente en Chile y Bolivia. Esta estrategia se implementa bajo las directrices del Directorio y se articula en torno a los siguientes ejes:

- Coordinación efectiva con The Coca-Cola Company.
- Desarrollo de franquicias mediante excelencia operativa, disciplina en la ejecución de mercado e innovación en el portafolio.
- Búsqueda constante de eficiencia operativa a través de la incorporación de tecnologías y mejora continua de procesos.
- Fortalecimiento de redes de distribución y logística centradas en las necesidades de clientes y consumidores.
- Promoción de un ambiente laboral motivador, basado en el trabajo colaborativo y el desarrollo de competencias del personal.
- Optimización del manejo financiero para asegurar sostenibilidad económica.
- Compromiso con las comunidades locales, construyendo relaciones de confianza y contribuyendo a su progreso. (Embonor, s.f.)

1.2 Valores corporativos

Los valores de Coca-Cola Embonor S.A. reflejan su compromiso con la excelencia, la sostenibilidad y el desarrollo humano. A continuación, se detallan los principales pilares que sustentan su cultura organizacional:

1.2.1 Misión

“Ser un embotellador de excelencia bajo licencia de The Coca-Cola Company y crear valor sustentable para todos nuestros stakeholders”.

1.2.2 Visión

“Ser una Compañía Total de Bebidas, líder en todos los mercados en los que opera”.
(Embonor, s.f.)

Enfoque en la sostenibilidad

La sostenibilidad es un eje transversal en la gestión de Embonor. La empresa ha implementado políticas orientadas a la eficiencia en el uso de recursos, tales como:

- Restricciones horarias en el uso de energía eléctrica para optimizar el consumo.
- Reducción del uso de agua en procesos de limpieza CIP (Cleaning In Place).
- Aplicación de principios de economía circular mediante segregación y reciclaje de insumos. (Embonor, s.f.)

Calidad y seguridad

La empresa opera bajo estándares internacionales de calidad y seguridad alimentaria. Aplica planes HACCP (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control) en toda su cadena productiva, con auditorías y trazabilidad. Además, cuenta con certificaciones ISO 9001, ISO 14001 y FSSC 22000.

1.2.5 Cultura organizacional y desarrollo humano

Coca-Cola Embonor S.A. implementa un enfoque en la mejora continua, bajo este enfoque fomenta la participación e interacción de todas las áreas involucradas en el proceso productivo, implementando capacitaciones técnicas, de liderazgo y prevención de riesgos. Genera espacios de comunicación fortaleciendo al personal interno mediante la retroalimentación, fortaleciendo

el compromiso y su sentido de integración. (Embonor, s.f.)

1.3 Proceso actual de purificación de agua

La planta embotelladora de Coca-Cola Embonor S.A., ubicada en Viña del Mar, opera bajo un sistema productivo altamente automatizado, alineado con estándares internacionales de inocuidad como HACCP e ISO 22000. Estas certificaciones garantizan la calidad microbiológica y física del agua utilizada en la elaboración de bebidas y aguas planas, asegurando la seguridad del producto final.

1.3.1 Etapas del proceso

El proceso de tratamiento del agua se compone de múltiples etapas diseñadas para alcanzar niveles óptimos de pureza:

1. Extracción y cloración inicial: El agua se extrae desde pozos profundos y se somete a una cloración primaria, que actúa como primera barrera microbiológica.
2. Pretratamientos físicos y químicos: Incluyen el uso de filtros de arena verde para la oxidación y remoción de hierro y manganeso, y filtros de carbón activo para la absorción de compuestos orgánicos, cloro y olores.
3. Desinfección ultravioleta (UV): Se aplica radiación UV para la inactivación de microorganismos patógenos.
4. Acumulación y sostenibilidad: El agua pretratada se almacena en estanques y pasa por sistemas complementarios como el Squeezer, que permite la extracción y compactación de residuos, contribuyendo a la sostenibilidad del proceso.
5. Nanofiltración y ósmosis inversa: Estas tecnologías avanzadas eliminan sales, dureza, metales pesados, compuestos orgánicos y contaminantes emergentes, logrando una pureza superior al 99%.
6. Ozonización: Se añade ozono al agua para la desinfección bacteriana, inactivación de virus y quistes, y oxidación de materiales inorgánicos precipitados como hierro, manganeso, sulfuros, nitruros y metales pesados unidos orgánicamente.
7. Inyección de nitrógeno líquido: Este procedimiento actúa como sello microbiológico final,

evitando la contaminación durante el almacenamiento y distribución del producto.

1.3.2 Problema u oportunidad de mejora

En el contexto de la embotellación de aguas planas, productos de alta sensibilidad que requieren niveles máximos de pureza se ha identificado una problemática crítica relacionada con el equipo generador de ozono CD30nx. Este dispositivo no cumple con los estándares de calidad exigidos por Coca-Cola Embonor, generando desviaciones en los rangos de ozono permitidos (0,15 a 0,40 ppm), lo que compromete la calidad del agua embotellada.

El análisis cualitativo de la instalación revela que el equipo ozonizador presenta tecnología obsoleta y múltiples deficiencias operativas:

- Baja disponibilidad operativa: Solo alcanza un 20,8% de disponibilidad en la línea de Benedictino 2000cc.
- Inestabilidad en la concentración de ozono: Las fluctuaciones dificultan una desinfección uniforme y segura.
- Alta frecuencia de fallas técnicas: Se registra un promedio mensual de 4,6 horas de tiempo improductivo, con requerimientos frecuentes de mantenimiento.
- Falta de automatización: No cuenta con sensores ni sistemas de control en tiempo real.
- Pérdida directa de producción: Entre enero y mayo de 2025, de 88,7 horas programadas, solo se ejecutaron 70,26 horas efectivas, lo que representa una pérdida de 294.720 botellas, valoradas en aproximadamente \$36.291.835.
- Impacto en la planificación: Las interrupciones del flujo continuo impiden cumplir con las metas de embotellado, afectando los volúmenes de despacho y obligando a reprogramar o sustituir lotes.
- MTTR (Tiempo Medio de Reparación): Se estima en 20 minutos por evento.
- Estas deficiencias afectan directamente los indicadores de eficiencia global del equipo (OEE), incluyendo disponibilidad, rendimiento y calidad, además de generar costos operativos adicionales. La situación plantea una clara oportunidad de mejora tecnológica y operativa para garantizar la continuidad del proceso y la calidad del producto final.



Ilustración 1 Vista general de línea Ergo Bloq L

1.3.3 Análisis F.O.D.A. del proceso de embotellación de aguas planas

Línea de Producción N°3 Ergo Bloq L

El análisis F.O.D.A. (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) constituye una herramienta estratégica fundamental para evaluar el estado actual del proceso de elaboración y embotellado de aguas planas en la línea de producción N°3 Ergo Bloq L. Esta línea se encuentra actualmente en evaluación para el reemplazo del equipo generador de ozono, debido a las deficiencias técnicas previamente identificadas.

A continuación, se presenta el análisis detallado en tabla 1.1 Análisis F.O.D.A:



tabla 1.1 Análisis F.O.D.A

Este análisis permite visualizar con claridad las áreas críticas del proceso y fundamenta la necesidad de una intervención tecnológica que asegure la continuidad operativa, la calidad del producto y la eficiencia del sistema productivo.

1.4 Objetivos del proyecto

1.4.1 Objetivo general

“Evaluar la viabilidad técnica y económica del reemplazo del equipo generador de ozono en la línea de producción N°3 Ergo Bloq L, mediante la realización de un estudio de prefactibilidad”.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Analizar el desempeño técnico del actual generador de ozono en la línea de producción N°3.
2. Comparar alternativas tecnológicas disponibles que aseguren eficiencia y calidad en el proceso.
3. Estimar los costos de inversión, operación y mantenimiento asociados al reemplazo del equipo.

1.5 Marco legal y normativo

El ozono se ha consolidado como un desinfectante eficaz y seguro en la industria de bebidas, gracias a su alta capacidad oxidante y a la ausencia de subproductos químicos persistentes. En Coca-Cola Embonor S.A., su aplicación es clave para asegurar la inocuidad del agua en la producción de aguas planas y cumplir con estándares internacionales de calidad.

El generador actual presenta limitaciones en eficiencia energética, costos de mantenimiento y vida útil, lo que justifica su reemplazo dentro de una estrategia orientada a mantener altos estándares productivos, cumplir la normativa vigente y avanzar en sostenibilidad ambiental.

El proyecto de mejora se encuentra regulado por un conjunto de normativas que abarcan aspectos sanitarios, ambientales, laborales y técnicos, tanto a nivel nacional como internacional.

A continuación, se detallan los principales cuerpos normativos que rigen el uso de ozono en procesos industriales:

Normativa sanitaria nacional:

- Código Sanitario (MINSAL): Regula la calidad del agua potable y los procesos de desinfección aplicables en la industria alimentaria.
- Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS): Establece parámetros de potabilidad y control de procesos en plantas de producción de agua y bebidas.
- Reglamento de la autoridad sanitaria: Exige trazabilidad y validación de los métodos de desinfección, incluyendo el uso de ozono.

Normativa ambiental:

- Ley N°19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente: Regula el impacto ambiental de las operaciones industriales.
- Decreto Supremo N°90/2000 (MMA): Establece límites para la descarga de aguas tratadas y residuos líquidos.
- Lineamientos del Ministerio de Energía: Promueven el uso de tecnologías eficientes en procesos industriales, en el marco de la política de eficiencia energética.

Normativa laboral y de seguridad:

- Ley N°16.744 sobre Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales: Obliga a identificar y mitigar riesgos asociados a la manipulación de ozono, considerando sus límites de exposición ocupacional.
- Decreto Supremo N°594/1999: Regula las condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo, incluyendo concentraciones máximas permitidas de contaminantes como el ozono.

Normativa técnica:

- ISO 22000: Sistemas de gestión de inocuidad alimentaria.
- ISO 9001: Gestión de calidad.
- ISO 14001: Gestión ambiental.
- OSHA (Estados Unidos): Define límites de exposición ocupacional al ozono (0,1 ppm en jornadas de 8 horas).
- ASME e IEC: Establecen estándares para recipientes a presión y seguridad eléctrica en equipos industriales.

1.5.1 Síntesis del marco normativo

La decisión de reemplazar el equipo generador de ozono debe considerar no solo criterios técnicos y operativos, sino también el cumplimiento riguroso de la normativa vigente en materia sanitaria, ambiental, laboral y técnica. La incorporación de un nuevo equipo permitirá mantener las certificaciones de calidad e inocuidad exigidas por los organismos reguladores, reducir los riesgos de incumplimiento normativo y fortalecer la sostenibilidad de los procesos productivos en Coca-Cola Embonor S.A. (Coca-Cola Company, s.f.)

1.6 Alcance de la mejora e impactos esperados

Esta intervención busca asegurar la continuidad operativa del proceso de embotellado de aguas planas, optimizar la eficiencia productiva y garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad e inocuidad exigidos por la normativa vigente.

1.6.1 Alcance del proyecto

El alcance del proyecto contempla las siguientes acciones:

- Diagnóstico del equipo actual: Evaluación de la capacidad operativa, eficiencia energética, costos de mantenimiento y riesgos asociados al equipo generador de ozono CD30NX (30g/h).
- Revisión de alternativas tecnológicas: Identificación y análisis comparativo de equipos generadores de ozono disponibles en el mercado, considerando criterios de desempeño, compatibilidad técnica y eficiencia.
- Evaluación económica preliminar: Estimación de los costos de inversión, operación y mantenimiento del nuevo equipo, junto con los beneficios proyectados en términos de reducción de pérdidas, mejora de indicadores OEE y retorno de inversión.
- Verificación de cumplimiento normativo: Revisión de los requisitos legales, sanitarios, ambientales y de seguridad laboral aplicables al proceso de ozonización y a la instalación de nuevos equipos.
- Retiro del equipo obsoleto: Desinstalación del generador de ozono CD30NX, que actualmente presenta deficiencias operativas.

- Instalación del nuevo equipo: Montaje e integración del generador de ozono seleccionado, conforme a los estándares técnicos de la planta.
- Fabricación e instalación de bypass inoxidable: Implementación de un sistema de derivación que permita mantener la continuidad del proceso durante mantenciones, limpiezas o contingencias.
- Integración de sistema automatizado: Incorporación de sensores y controles en tiempo real para monitorear la concentración de ozono y asegurar la trazabilidad del proceso.
- Soporte técnico durante marcha blanca: Acompañamiento especializado durante el primer mes de operación del nuevo equipo, para ajustes, validaciones y resolución de contingencias.
- Capacitación al personal involucrado: Formación técnica para los operadores y encargados del proceso, orientada al manejo del nuevo sistema y a la prevención de riesgos laborales.

1.6.2 Impactos en la implementación

La implementación del nuevo equipo generador de ozono en la planta embotelladora de Coca-Cola Embonor S.A. proyecta una serie de impactos positivos en distintas dimensiones del proceso productivo. Estos impactos se agrupan en seis categorías clave: técnicos-operativos, económicos, de calidad e inocuidad, ambientales y estratégicos, los cuales se detallan a continuación.

Impactos técnicos y operativos:

- Incremento de la confiabilidad del proceso: El equipo actual CD30NX alcanza solo un 20,8% de disponibilidad en la línea Benedictino 2000cc, mientras que el nuevo Hidro V proyecta una disponibilidad de 95,4%, superando el umbral del 90% y asegurando continuidad productiva.
- Reducción de fallas y detenciones no programadas: El CD30NX registra un promedio mensual de 4,6 horas de improductividad, mientras que el Hidro V reduce las detenciones a un nivel que permite ahorrar más de 2.418 UF en tres años, gracias a su automatización y estabilidad.

Impactos económicos:

- Disminución de costos por mantenimiento correctivo: Los costos por improductividad

bajan con el Hidro V.

- Reducción de pérdidas productivas: Entre enero y mayo de 2025, el CD30NX provocó una pérdida de 294.720 botellas, valoradas en \$36,3 millones. Con el Hidro V se espera eliminar estas pérdidas.
- Optimización del uso de recursos: El nuevo equipo opera con mayor eficiencia energética y capacidad de producción (80 g/h de ozono vs. 30 g/h del CD30NX), reduciendo consumo eléctrico y mejorando el aprovechamiento de agua y ozono.

Impactos en calidad e inocuidad:

- Cumplimiento riguroso de normativas internacionales: El Hidro V permite mantener concentraciones de ozono estables dentro del rango exigido (0,15–0,40 ppm), asegurando cumplimiento de HACCP e ISO 22000.
- Aseguramiento de la calidad microbiológica del agua: La nueva tecnología garantiza una desinfección uniforme, evitando desviaciones que antes comprometían la inocuidad.
- Mayor seguridad en estándares corporativos: El equipo Hidro V obtuvo una calificación técnica de 9,3 en la evaluación comparativa, validando su alineación con los lineamientos de The Coca-Cola Company.

Impactos ambientales:

Disminución del uso de químicos alternativos: El incremento de capacidad de ozono (de 30 g/h a 80 g/h) permite prescindir de otros desinfectantes, reduciendo el impacto ambiental.

Impactos estratégicos:

- Aumento de la competitividad de la planta: La mejora tecnológica eleva la disponibilidad operativa de 93,6% a 95,4%, posicionando a la planta de Viña del Mar como referente en eficiencia.
- Fortalecimiento de la imagen corporativa: La reducción de pérdidas y cumplimiento normativo refuerzan la percepción positiva ante consumidores y autoridades.
- Apoyo a la estrategia de crecimiento sostenible: La inversión de \$97,6 millones (2.462 UF) se alinea con los pilares de eficiencia, innovación y control de pérdidas de Embonor.

1.7 Indicadores de éxito del proyecto

La evaluación del éxito del proyecto de mejora propuesto se realizará mediante un conjunto de indicadores que permiten medir el impacto técnico, económico, sanitario y ambiental de la implementación del nuevo equipo generador de ozono. Estos indicadores han sido definidos en función de los objetivos específicos del estudio y de los estándares operativos de Coca-Cola Embonor S.A.

1.7.1 Técnicos y operativos

- Disponibilidad del equipo (OEE): Incremento desde 20,8% (CD30NX) a 95,4% (Hidro V), asegurando continuidad productiva.
- Reducción de fallas y detenciones: Disminución de un promedio mensual de 4,6 horas improductivas, con impacto directo en la eficiencia global.
- Capacidad de producción de ozono (g/h): Aumento de 30 g/h a 80 g/h, garantizando la desinfección estable y suficiente para la demanda proyectada.

1.7.2 Económicos

- Reducción de costos de mantenimiento: Baja de costos por improductividad en 30%.
- Reducción de pérdidas productivas: Eliminación de pérdidas equivalentes a 294.720 botellas, valoradas en 915 UF (\$36,3 millones).
- Ahorro proyectado: Se estima un ahorro anual de 820 UF por concepto de producción.

1.7.3 Calidad e inocuidad

- Cumplimiento normativo: Conformidad con HACCP, ISO 22000 y parámetros de ozono exigidos por The Coca-Cola Company (0,15–0,40 ppm).
- Reducción de desviaciones microbiológicas: Disminución de resultados fuera de especificación gracias a la estabilidad del nuevo sistema.
- Estabilidad en la desinfección: Control de variaciones en la dosis de ozono, garantizando uniformidad y seguridad microbiológica del agua.

1.7.4 Ambientales y de sostenibilidad

- Uso eficiente de energía: Reducción de consumo eléctrico y tiempos de detención, con impacto positivo en la huella de carbono.
- Optimización del uso de ozono: Mayor capacidad de producción permite reducir el uso de químicos alternativos, minimizando impactos ambientales.
- Alineación con políticas corporativas: Cumplimiento de compromisos de sostenibilidad y economía circular de Coca-Cola Embonor S.A.

Capítulo 2: Análisis de Prefactibilidad del Mercado y Clientes

2.0 Análisis de prefactibilidad del mercado y clientes.

Este capítulo analiza la prefactibilidad del mercado de aguas embotelladas en Chile. Se revisa la posición de Coca-Cola Embonor en el segmento de aguas purificadas y la respuesta a la creciente demanda por productos saludables. Además, se destaca la importancia de procesos que aseguren calidad e inocuidad.

2.1 Segmento de aguas purificadas: tendencias y posicionamiento

Coca-Cola Embonor S.A. participa en el mercado de bebidas no alcohólicas, específicamente en el segmento de aguas y bebidas embotelladas. Este mercado se caracteriza por su diversidad y masividad, atributos que reflejan la naturaleza global de la marca Coca-Cola, respaldada por la licencia de The Coca-Cola Company.

En el contexto chileno, el consumo de agua embotellada ha experimentado un crecimiento sostenido en la última década. Según datos de Euromonitor International, el consumo per cápita aumentó en un 114% entre 2006 y 2016, pasando de 13 litros a 29 litros anuales por persona. Esta tendencia continúa al alza, impulsada por una creciente preferencia por opciones saludables, naturales y libres de aditivos químicos (Arancibia, 2025).

El proyecto de mejora se enfoca en el subsegmento de aguas purificadas, donde Coca-Cola Embonor opera con marcas reconocidas como Benedictino y Vital. Estas marcas atienden tanto al canal retail como a pequeños comercios, posicionándose como referentes en calidad y confianza sanitaria.

El cambio cultural hacia estilos de vida saludables ha generado una demanda creciente por productos que ofrezcan mayor pureza, sabor neutro y garantías de inocuidad. En este contexto, la generación de ozono se vuelve un componente crítico del proceso productivo, ya que permite asegurar la calidad microbiológica del agua embotellada, cumpliendo con las expectativas del consumidor y los estándares regulatorios del mercado.



Ilustración 2 Agua sin gas Benedictino

2.2 Variables críticas de la mejora (costos, tiempos, satisfacción y cumplimiento)

La evaluación de variables críticas permite identificar los factores que inciden directamente en el desempeño del proceso de embotellado de aguas planas en la planta de Coca-Cola Embonor S.A. Estas variables evidencian la necesidad de reemplazar el equipo generador de ozono CD30NX, no solo como una solución técnica, sino como una decisión estratégica orientada a mejorar la competitividad, eficiencia y sostenibilidad del proceso productivo.

A continuación, se presenta el análisis comparativo de las principales variables críticas.

Tabla 2.1 Variables críticas:

Variable	Situación Actual	Impacto en la Operación	Meta con la Mejora
Intervenciones de mantenimiento	Alto, por fallas recurrentes del sistema CD30NX	Incremento en costos por producto no realizado y Mant. Correctivas	Reducción de 6,42% a 4,5 % porcentaje de fallas
Tiempo improductivo	Elevado por detenciones no programadas	Disminuye la eficiencia general	Reducción de Detenciones en $\geq 30\%$
Satisfacción del cliente	Riesgo por reprocesos y demoras	Pérdida de confianza y retrasos logísticos	Cumplimiento 100% de entregas en tiempo
Cumplimiento normativo	Desviaciones en parámetros de ozono	Riesgo de incumplimiento HACCP e ISO	Conformidad plena con estándares corporativos

Tabla 2.1 Variables Críticas que justifican la mejora

Estas variables reflejan que el reemplazo del sistema generador de ozono no solo responde a una necesidad operativa, sino que constituye una acción estratégica que:

- Mejora la eficiencia técnica del proceso.
- Reduce costos asociados a fallas y reprocesos.
- Fortalece la confianza del cliente y la reputación de la marca.
- Asegura el cumplimiento normativo y la sostenibilidad del sistema productivo.

2.3 Benchmarking tecnológico y organizacional

El análisis de benchmarking permite identificar las mejores prácticas implementadas por empresas líderes del sector, con el fin de establecer comparaciones relevantes y orientar decisiones estratégicas de mejora. En el caso del mercado chileno de embotelladoras, destacan competidores de alto nivel tecnológico como CCU, Embotelladora Andina y Aguas San Pellegrino, los cuales han realizado importantes inversiones en automatización de procesos de purificación y desinfección de agua.

Estas empresas han adoptado tecnologías avanzadas que representan estándares de referencia para la industria:

- Sistemas de generación de ozono con control automatizado: Incorporan monitoreo continuo de la concentración de ozono y funciones de autodiagnóstico de fallas, lo que permite una operación más segura, eficiente y trazable.
- Redundancia operativa: Las plantas modernas cuentan con equipos de respaldo que aseguran la continuidad del proceso productivo ante eventuales fallas, minimizando el riesgo de detenciones no programadas.
- Mantenimiento predictivo integrado: La gestión de calidad e inocuidad se articula con sistemas de mantenimiento predictivo, que permiten anticipar fallas, optimizar recursos y reducir tiempos de inactividad.

El proyecto de recambio tecnológico propuesto para la planta de Coca-Cola Embonor S.A. en Viña del Mar se alinea con estas prácticas líderes, al incorporar un sistema de ozonización moderno, automatizado y eficiente. Esta mejora no solo permitirá elevar los estándares técnicos del proceso, sino que también fortalecerá la posición competitiva de la planta, incrementando su

capacidad de respuesta frente a las exigencias del mercado y las expectativas de los consumidores.



Ilustración 3 Productos CCU

El presente análisis comparativo se fundamenta en un ejercicio de benchmarking nacional e internacional, orientado a identificar las tendencias tecnológicas y organizacionales adoptadas por plantas embotelladoras con capacidad productiva similar a la de Coca-Cola Embonor S.A. Este ejercicio permite establecer brechas de desempeño y oportunidades de mejora en el proceso de generación de ozono para la desinfección de aguas planas.

2.3.1 Competidores directos en Chile

1. Embotelladora Andina S.A. (Coca-Cola Santiago): Utiliza sistemas de ozonización con control digital Siemens PLC, que permiten la medición continua de concentraciones de ozono y cuentan con alarmas integradas para la gestión de desviaciones operativas.
2. CCU S.A. (Cachantun y Pure Life): Opera con equipos redundantes de ozono, integrados al sistema SCADA central de la planta, lo que permite eliminar tiempos muertos y asegurar la continuidad del proceso.
3. Aguas San Pellegrino (Grupo Nestlé): Implementa ozonizadores con sensores ópticos de flujo y sistemas automáticos de purga de residuos gaseosos, optimizando la eficiencia y seguridad del proceso.

2.3.2 Prácticas de referencia internacional

En plantas embotelladoras de países como México, Argentina y Brasil, se observan las siguientes tendencias:

- Sistemas inteligentes de autodiagnóstico: Capaces de ajustar la concentración de ozono en función de la carga orgánica del agua, mejorando la precisión del tratamiento.
- Integración de tecnologías IoT: Incorporan sensores, software y conectividad para el monitoreo remoto de variables críticas como ozono, presión y temperatura.
- Recuperación de energía: Utilizan convertidores de frecuencia que permiten reducir el consumo eléctrico total del sistema.
- Mantenimiento predictivo avanzado: Aplican protocolos con alarmas tempranas que detectan desgaste o ineficiencia, anticipando fallas y optimizando la disponibilidad operativa.

2.3.3 Brecha tecnológica identificada

A partir de esta comparación, se estima que Coca-Cola Embonor S.A. presenta una brecha tecnológica de entre un 25% y 30% respecto a plantas más modernas, especialmente en aspectos de automatización, eficiencia energética y monitoreo en línea. Esta diferencia limita la capacidad de respuesta de la planta frente a exigencias operativas y normativas cada vez más estrictas.

2.3.4 Justificación del recambio tecnológico

La sustitución del equipo generador de ozono CD30NX por un sistema de nueva generación permitirá:

- Alinear los procesos productivos con estándares internacionales, fortaleciendo la competitividad técnica de la planta.
- Mejorar el rendimiento operacional y la confiabilidad del suministro, reduciendo tiempos improductivos y costos asociados.
- Aumentar la sostenibilidad corporativa, mediante el uso eficiente de recursos y el cumplimiento de políticas ambientales, lo que contribuirá a reforzar la reputación institucional de Coca-Cola Embonor S.A.

2.4 Precios y proyección de ingresos

La renovación del generador de ozono en Coca-Cola Embonor S.A. asegura mayor eficiencia y menos desperdicios, fortaleciendo la rentabilidad sin afectar los precios al consumidor. Una inversión estratégica para maximizar resultados.

2.4.1 Impacto económico indirecto

La implementación de un sistema de ozonización más eficiente permitirá:

- Reducción de costos operativos: Se disminuirán los gastos asociados a mantenimiento correctivo, tiempos programados de intervención y reprocesos derivados de fallas técnicas.
- Disminución de pérdidas por merma: La mejora en la estabilidad del proceso de desinfección reducirá la cantidad de producto terminado que debe ser descartado por desviaciones de calidad.
- Incremento de la capacidad efectiva de producción: Al mejorar la disponibilidad operativa del equipo, se podrá cumplir con las metas de producción sin incurrir en sobrecostos, generando ahorros por eficiencia.
- Mayor confiabilidad logística: La continuidad del proceso y la reducción de fallas evitarán sanciones por incumplimiento en entregas, así como la pérdida de contratos con clientes estratégicos.

En conjunto, estos factores contribuyen a fortalecer la rentabilidad del proceso productivo, mejorar la planificación operativa y asegurar la sostenibilidad financiera de la planta, sin necesidad de modificar las tarifas comerciales establecidas.

2.4.2 Demanda histórica y programación (2022 – 2025)

Con el objetivo de dimensionar el impacto operativo de las fallas asociadas al equipo generador de ozono, se ha realizado un análisis del requerimiento histórico de producción de aguas planas “Benedictino sin gas” en la planta de Coca-Cola Embonor S.A., correspondiente al periodo comprendido entre enero de 2022 y octubre de 2025.

Este análisis permite identificar la magnitud de la demanda atendida por formatos que dependen

directamente del proceso de ozonización para garantizar la calidad microbiológica del agua embotellada.

2.4.2.1 Demanda histórica por formato

A continuación, se presenta una tabla detallada de la programación para Benedictino sin gas 500cc, 1500cc y 2000cc.

Tabla 2.2 Demanda histórica aguas planas

El detalle de requerimiento de embotellación por formato es:

Periodo histórico	Formato	Botellas/programadas	h/programadas
enero 2022 a octubre 2025	BENE.SG 500cc	8.241.738	469
enero 2022 a octubre 2025	BENE.SG 1500cc	1.732.476	108
enero 2022 a octubre 2025	BENE.SG 2000cc	506.231	40

Tabla 2.2 Demanda histórica aguas planas, enero 2022 a octubre 2025

Interpretación de datos:

- El formato de 500cc representa el mayor volumen de producción, con más de 8 millones de botellas programadas en 469 horas de operación, lo que lo convierte en el más sensible a interrupciones del proceso de ozonización.
- Los formatos de 1500cc y 2000cc también presentan una demanda significativa, con más de 2 millones de botellas combinadas, distribuidas en 148 horas de programación.
- La totalidad de estos productos depende del correcto funcionamiento del sistema de ozonización, por lo que cualquier falla técnica impacta directamente en la capacidad de cumplimiento de la programación, la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente.

Este requerimiento histórico evidencia la necesidad de contar con un sistema de ozonización confiable, eficiente y automatizado, que permita sostener la producción sin interrupciones, asegurar la calidad del producto y evitar pérdidas económicas por reprocesos o mermas.

2.4.3 Programación detallada de aguas planas (Año 2022 a 2025)

Con el fin de dimensionar la carga operativa del sistema de ozonización y su impacto en la planificación productiva, se presenta a continuación la programación histórica de producción de aguas planas “Benedictino sin gas” en sus tres principales formatos: 500cc, 1500cc y 2000cc. Esta información permite visualizar la evolución de la demanda y el tiempo asignado a cada formato en la línea de producción.

2.4.3.1 Programación anual por formato – Benedictino sin Gas 500cc

A continuación, se presenta una tabla detallada de la programación para Benedictino sin gas 500cc.

Tabla 2.3 Demanda histórica Benedictino 500cc

Detalle anual periodo 2022 a 2025 del formato 500cc:

Año	Formato	Botellas/programadas	h/programadas
2022	BENE.SG 500cc	2.332.018	133
2023	BENE.SG 500cc	1.720.140	98
2024	BENE.SG 500cc	2.016.170	115
2025	BENE.SG 500cc	2.173.411	123

Tabla 2.3 Demanda histórica para Benedictino sin gas 0,5 litros

El siguiente grafico de barras representa la programación del formato 500cc de Benedictino sin gas por año.

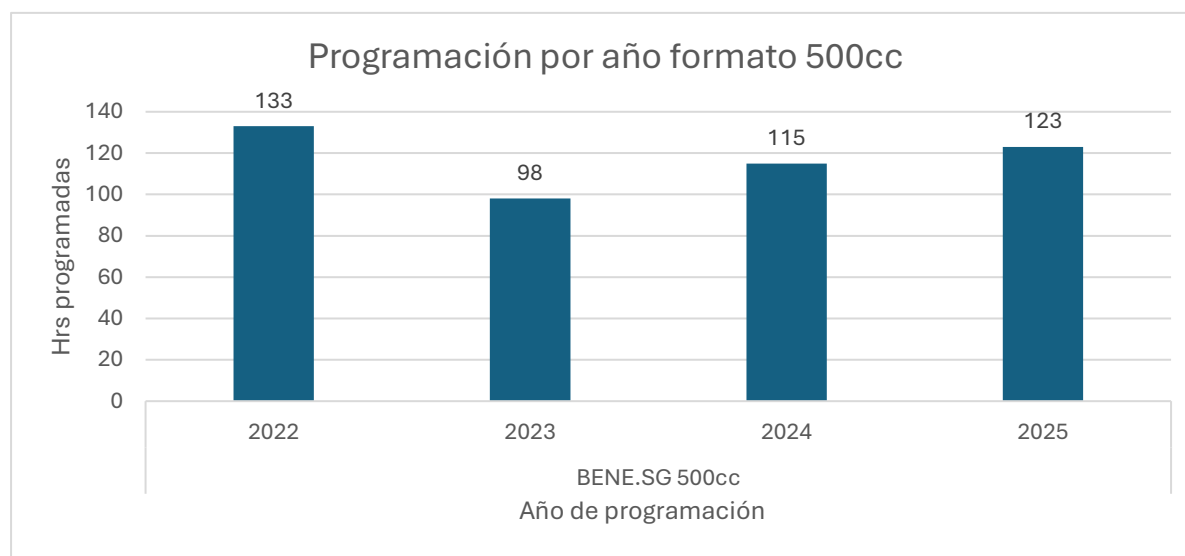


Ilustración 4 Programación formato 500cc

2.4.3.2 Programación anual por formato – Benedictino sin Gas 1500cc

A continuación, se presenta una tabla detallada de la programación para Benedictino sin gas 1500cc.

Tabla 2.4 Demanda histórica Benedictino 1500cc

Detalle anual periodo 2022 a 2025 del formato 1500cc:

Año	Formato	Botellas/programadas	h/programadas
2022	BENE.SG 1500cc	509.214	32
2023	BENE.SG 1500cc	353.754	22
2024	BENE.SG 1500cc	468.358	29
2025	BENE.SG 1500cc	401.150	25

Tabla 2.4 Demanda histórica para Benedictino sin gas 1,5 litros

El siguiente gráfico de barras representa la programación del formato 1500cc de Benedictino sin gas por año.

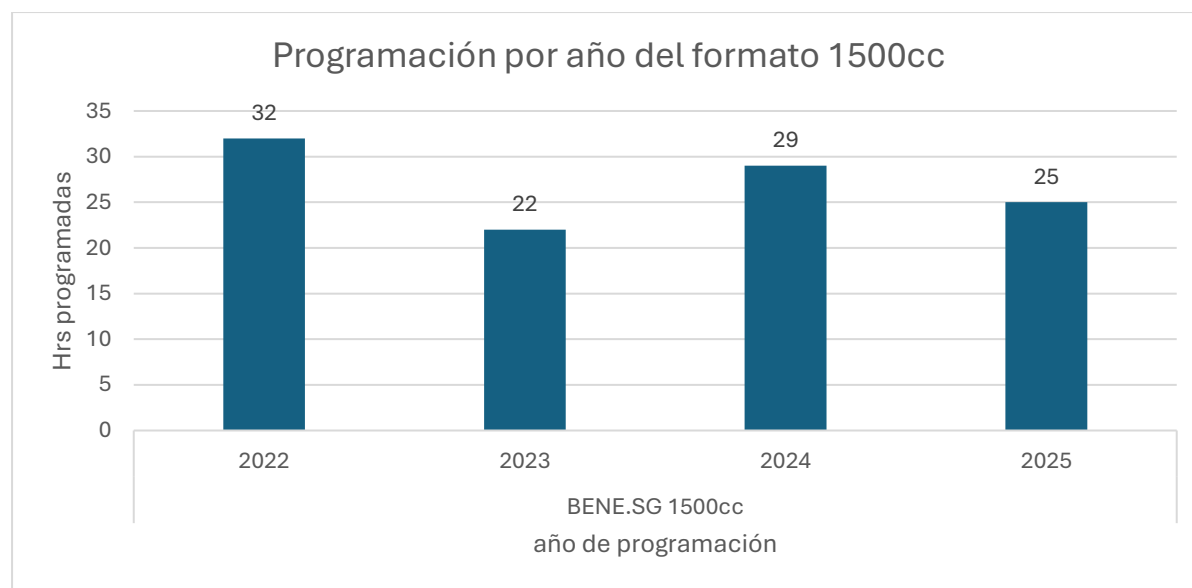


Ilustración 5 Programación formato 1500cc

2.4.3.3 Programación anual por formato – Benedictino sin Gas 2000cc

Detalle anual periodo 2022 a 2025 del formato 2000cc.

Tabla 2.5 Demanda histórica Benedictino 2000cc

Detalle anual periodo 2022 a 2025 del formato 2000cc:

Año	Formato	Botellas/programadas	h/programadas
2022	BENE.SG 2000cc	150.642	12
2023	BENE.SG 2000cc	163.188	12,7
2024	BENE.SG 2000cc	20.183	2
2025	BENE.SG 2000cc	172.218	13,5

Tabla 2.5 Demanda histórica para Benedictino sin gas 2 litros

El siguiente gráfico de barras representa la programación del formato 2000cc de Benedictino sin gas por año.

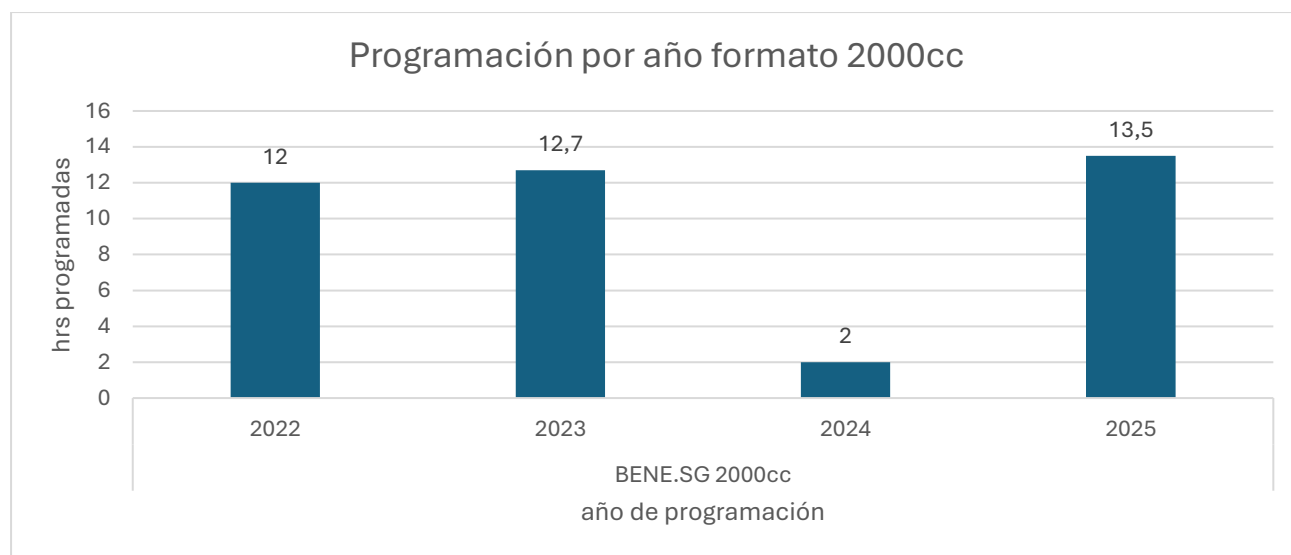


Ilustración 6 Programación formato 2000cc

2.4.4 Detenciones de equipo CD30NX (enero 2022 - octubre 2025)

Este análisis examina la demanda histórica de producción de aguas planas y las detenciones causadas por fallas en la incorporación de ozono al agua embotellada. Los datos permiten dimensionar la carga operativa del sistema de ozonización y su impacto en la eficiencia productiva.

Se evidencia una alta dependencia del proceso productivo respecto a este sistema, especialmente en el formato de 500 cc, que representa más del 75% del volumen programado. Por ello, la continuidad operativa del sistema de ozonización resulta crítica para cumplir los planes de producción y garantizar la sostenibilidad del negocio.

2.4.5 Situación sin proyecto de mejora

El análisis de las detenciones asociadas al equipo generador de ozono CD30NX durante el periodo comprendido entre enero de 2022 y octubre de 2025 revela una tendencia creciente tanto en la frecuencia de intervenciones como en el tiempo total de fallas. Esta situación se ve reflejada en un aumento sostenido de los minutos improductivos, alcanzando su punto más crítico en el año 2024.

A continuación, se puede apreciar en el gráfico en color azul las intervenciones por año y de color naranja las horas en que la línea se detuvo a causa de estas.

Gráfico de Intervenciones y detenciones causadas por equipo CD30NX

El siguiente gráfico de barras representa las intervenciones y horas en falla en cada formato Benedictino sin gas por año.

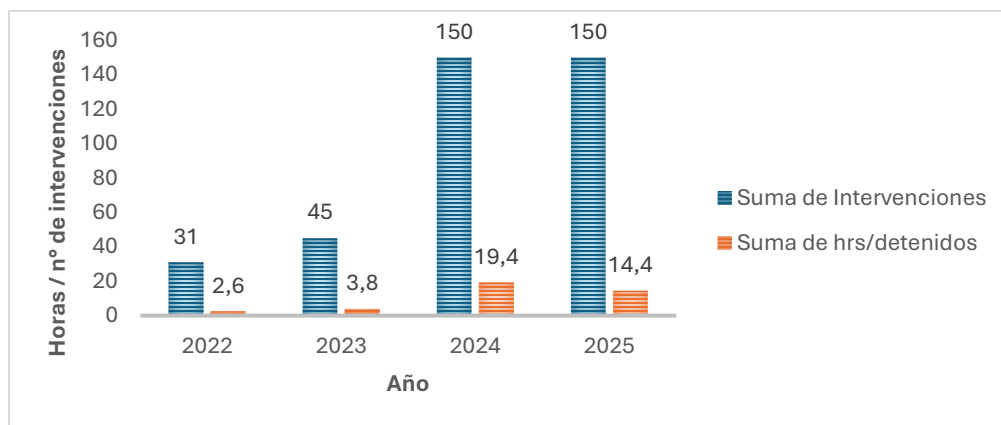


Gráfico de intervenciones y detenciones, CD30NX (elaboración propia)

Este comportamiento evidencia el deterioro progresivo del equipo, lo que afecta directamente la continuidad operativa de la línea de producción de aguas planas y compromete el cumplimiento de los planes de producción.

2.4.6 Desglose de la detención por formato

Para proyectar el ahorro potencial derivado de la implementación de un nuevo sistema de ozonización, se utilizará como base el tiempo total de detención registrado entre enero de 2022 y octubre de 2025. Este desglose por formato permite identificar con precisión las áreas de mayor impacto y establecer escenarios de mejora:

- Formato 500cc: 10,96 horas de detención con un impacto significativo, formato que representa el mayor volumen de producción.
- Formato 1500cc: 12,36 horas de detención, representando el mayor costo económico por su menor velocidad de producción.
- Formato 2000cc: 10,93 horas de detención, con menor impacto económico relativo, pero igualmente relevante para la eficiencia global del proceso.

La sustitución del equipo CD30NX por un sistema moderno y automatizado permitirá reducir significativamente estos tiempos de detención, mejorar la disponibilidad operativa y generar ahorros sustanciales en costos directos e indirectos.

2.4.7 Personal interno involucrado por detención

El análisis de los costos asociados al personal involucrado en la atención de fallas del sistema generador de ozono permite dimensionar el impacto económico indirecto, que estas detenciones generan en la operación. Para ello, se ha calculado el costo por hora y por minuto de cada uno de los cargos que participan en la resolución de incidencias, considerando sus remuneraciones mensuales y la carga horaria estándar.

Tabla 2.6 Costos del personal involucrado:

Desglose de los sueldos del personal involucrados en las fallas asociadas al ozono:

Cargo	Sueldo mensual	\$/h	\$/min
Jefe de mantenimiento	\$1.300.000	\$7.386	\$123
Supervisor de producción	\$1.300.000	\$7.386	\$123
Supervisor de calidad	\$950.000	\$5.398	\$90
Eléctrico de turno	\$900.000	\$5.114	\$85
Asistente de línea	\$850.000	\$4.831	\$81
7 operadores de línea	\$4.900.000	\$27.839	\$462
Total, H/H por minuto		\$57.954	\$964

Tabla 2.6 Costos por personal involucrado

El costo total por hora de intervención del personal involucrado en la atención de fallas del sistema generador de ozono asciende a \$57.840. Este valor representa un componente significativo dentro del costo total de detención, ya que se acumula durante cada hora en que el equipo permanece fuera de operación.

Entre enero de 2022 y octubre de 2025, las detenciones sumaron un total de 40,2 horas, lo que equivale a un costo aproximado de \$2.325.168 en recursos humanos. Este análisis evidencia la importancia de implementar una solución tecnológica que reduzca tanto la frecuencia como la duración de estas fallas, no solo por su impacto en la producción, sino también por los costos laborales indirectos que generan.

2.4.7.1 Costo por hora - hombre durante detenciones - equipo CD30NX

Además de las pérdidas por producto no realizado, las detenciones implican un costo adicional asociado al personal técnico y operativo involucrado en la atención de las fallas. A continuación, se presenta el cálculo en pesos del costo por hora de intervención ($h/h \times h/falla = \text{Costo } \$$):

Tabla 2.7 Costos por hora/hombre

Desglose de costos hora hombre por formato:

Formato	h/h	h/falla	Costo \$
500cc	\$57.954	10,96	\$635.176
1500cc	\$57.954	12,36	\$716.311
2000cc	\$57.954	10,91	\$632.278
Total			\$1.983.765

Tabla 2.7 Costo H/H por detención equipo CD30NX

TOTAL, Valor H/H \$635.176+\$716.311+\$632.278 = \$1.983.765 (50 UF)

Este valor representa aproximadamente 50 UF, lo que refuerza la importancia de reducir las detenciones no programadas para optimizar el uso de recursos humanos.

2.4.8 Costos por detenciones registradas CD30NX

Durante el periodo analizado, se registraron múltiples detenciones en la línea de producción asociadas a fallas del equipo generador de ozono CD30NX. Estas interrupciones impactaron directamente en la producción de botellas de agua purificada, generando pérdidas económicas significativas por unidades no realizadas.

Pérdida por botella no producida:

Este análisis evidencia que las fallas del sistema de ozonización han generado una pérdida acumulada de 2570 UF, siendo el formato de 1500cc el más afectado en términos económicos con 1033 UF.

Tabla 2.8 Pérdida por botella no producida

Para el cálculo de la pérdida productiva generada se multiplicaron las horas de detención (h/detención) por el costo por unidad, multiplicado por las botellas producidas por hora y finalmente dividido por el valor de la UF (\$39.643).

Formato	h/detención	Intervenciones	Costo unidad	Bot/h	Pérdida UF
500cc	10,96	108	\$ 499	17.600	2.428
1500cc	12,36	88	\$ 940	16.000	4.689
2000cc	10,91	105	\$ 1.040	12.800	3.664
Total, en perdida Improductiva					10.781

Tabla 2.8 Pérdida por botella no producida, CD30NX

2.5.1 Costo total de detención

Al integrar las pérdidas por producto no realizado y los costos laborales asociados a las detenciones, se obtiene el costo total acumulado atribuible a las fallas del equipo CD30NX durante el periodo analizado:

Tabla 2.9 Costo total de detención – equipo CD30NX

Desglose del costo total de las detenciones asociadas al ozono:

Perdida por botella no realizada	10.781 UF
Costo del personal involucrado	50,04 UF
Total	10.831,04 UF

Tabla 2.9 Costo total de detención – equipo CD30NX

Costo Total = \$ 429.374.918 (10.831 UF)

Este valor representa una pérdida significativa para la operación, justificando plenamente la necesidad de reemplazar el equipo generador de ozono por una solución tecnológica más confiable, eficiente y alineada con los estándares actuales de la industria.

2.6 Proyección de la demanda futura (horizonte de 5 años)

Con el objetivo de afinar la proyección de la demanda futura se consideran los registros de fallas del nuevo equipo Hidro V implementado en la planta Embonor de Talca, de esta manera el porcentaje de fallas registrados por el equipo permitirán estimar las fallas ante una implementación en Viña del Mar.

2.6.1 Demanda - Equipo Hidro V Embonor Talca

Para estimar con mayor precisión se consideran los registros recopilados en la planta Embonor ubicada en Talca, Chile. La planta Embonor de Talca para la embotellación de aguas planas operan con un equipo Hidro V.

Periodo: Junio – octubre 2025

En la siguiente tabla se analiza el requerimiento de ozono en el periodo junio a octubre, operando con el equipo Hidro V.

Tabla 2.10 Demanda equipo Hidro V – Embonor Talca

Detalle de la demanda de botellas programadas en Embonor Talca:

Periodo	Formato	Bot/programadas	h/programadas
Junio a octubre 2025	500cc	1.363.050	77
Junio a octubre 2025	1500cc	166.859	10
Junio a octubre 2025	2000cc	95.142	7

Tabla 2.10 Demanda equipo Hidro V – Embonor Talca

Estos datos sirven como base para proyectar la demanda anual mediante regresión lineal simple, considerando la estacionalidad y el comportamiento productivo observado.

2.6.2 Detenciones equipo Hidro V en Embonor Talca

Para cumplir con el requerimiento de embotellación de aguas planas en la planta Embonor Talca se registraron las siguientes detenciones a causa del equipo Hidro V.

Tabla 2.11 Detenciones equipo Hidro V – Embonor Talca

Detalle de las detenciones del periodo junio a octubre 2025 del equipo Hidro V:

Periodo	Formato	h/falla	Intervenciones	Pérdida	total, pérdida
2025	500cc	2,5	43	\$21.956.000	1.210 UF
2025	1500cc	0,88	18	\$13.235.200	
2025	2000cc	0,96	4	\$12.779.520	

Tabla 2.11 Detenciones equipo Hidro V – Embonor Talca

La reducción significativa en el número de fallas y pérdidas económicas con un valor de 1.210 UF versus 10.781 UF respecto al equipo CD30NX evidencia la eficiencia operativa del equipo Hidro V.

2.6.3 Costo por hora - hombre durante detenciones - equipo Hidro V

Durante una falla hay un personal que en el minuto se ve involucrado y su costo se ve representado en la siguiente tabla.

Tabla 2.12 Costo h/h equipo Hidro V – Embonor Talca

Cálculo de la tabla h/h x h/falla = Costo \$.

Formato	h/h	h/ falla	Costo \$
500cc	\$57.954	2,5	\$144.600
1500cc	\$57.954	0,88	\$51.092
2000cc	\$57.954	0,96	\$55.912
Total			\$251.604

Tabla 2.12 Costo h/h equipo Hidro V – Embonor Talca

TOTAL, Valor H/H 144.600+ 51.092+55.912 = \$ 251.604 (6,3 UF)

Este valor representa aproximadamente 6,3 UF, lo que confirma la eficiencia en la gestión de recursos humanos durante las intervenciones técnicas.

2.6.4 Costo Total de detención - Equipo Hidro V (Talca)

En la siguiente tabla se resumen los costos asociados a la perdida de producción y costo por personal involucrado en la falla por generación de ozono

Tabla 2.13 Costo total de detención equipo Hidro V – Embonor Talca

Pérdida por botella no realizada	1.210 UF
Costo personal involucrado	6,3 UF
Total	1.216,3 UF

Tabla 2.13 Costo total de detención equipo Hidro V – Embonor Talca

Costo Total = \$ 48.217.780 (1.216 UF)

2.6.4.1 Conclusión Proyectiva

La implementación del equipo Hidro V en la planta de Talca ha demostrado una mejora sustancial en términos de eficiencia operativa, reducción de fallas y ahorro económico. Al extrapolar estos resultados mediante el método de regresión lineal simple, se proyecta que la planta de Viña del Mar podría alcanzar beneficios similares en el horizonte de 5 años del proyecto, consolidando una operación más confiable, rentable y alineada con los estándares internacionales de calidad y sostenibilidad.

2.7 Comparación de rendimientos operativos

La disponibilidad operativa es un indicador clave para evaluar el desempeño de los equipos generadores de ozono. Se calcula como el porcentaje de tiempo en que el equipo se encuentra operativo respecto al tiempo total programado. A continuación, se presenta la comparación entre el equipo CD30NX (actualmente en uso en Viña del Mar) y el equipo Hidro V (implementado en Talca):

Tabla 2.14 Comparación de rendimientos por equipos

En esta tabla se compara el rendimiento de los equipos frente a la demanda requerida en horas.

Equipo	h/programadas	h/falla	Disponibilidad Operacional
CD30NX	533,9	34,26	93.58%
HIDRO V	95,3	4,35	95.44%

Tabla 2.14 Comparación de rendimientos por equipos

La diferencia de disponibilidad entre ambos equipos es de 1,86%, lo que representa una mejora significativa en términos de continuidad operativa. Esta diferencia es clave para proyectar ahorros en producción, costos laborales y pérdidas por producto no realizado.

2.7.1 Método de regresión lineal simple

Con el objetivo de estimar la demanda futura y el ahorro potencial derivado de la implementación de un nuevo equipo generador de ozono, se ha aplicado el método de regresión lineal simple utilizando datos reales obtenidos de la plataforma Shoplogix de la operación del equipo CD30NX desde el año 2022 hasta octubre 20225, en planta Embonor Viña del Mar.

2.8 Estimación de la demanda (año 2026 – 2030)

Para estimar la demanda futura de aguas planas, se ha aplicado el modelo de regresión lineal, utilizando datos históricos de producción. A continuación, se presenta la programación estimada por formato para los años 2026 al 2030:

Tabla 2.15 Estimación de la demanda

Estimación en detalle de la programación anual de aguas planas:

horas programadas por año					
Formato	Año 2026	Año 2027	Año 2028	Año 2029	Año 2030
500cc	136,5	131,3	133,8	136,4	139
1500cc	19	15,3	11,5	7,7	3,9
2000cc	8,4	7,6	6,8	6,1	5,3

Tabla 2.15 Estimación de la demanda

2.8.1 Estimación de horas en Falla

A continuación, realizaremos una comparación estimativa de las horas en falla por equipo según el porcentaje de fallas registradas en la programación histórica.

Tabla 2.16 Estimación de horas en falla - Equipo CD30NX:

Detalle de la programación estimada considerando detenciones para un horizonte de 5 años:

CD30NX 6,42% de fallas										
Horas programadas por año										
Formato	año 2026	h/Perdida año 2026	año 2027	h/Perdida año 2027	año 2028	h/Perdida año 2028	año 2029	h/Perdida año 2029	año 2030	h/Perdida año 2030
500cc	136,5	8,76	131,3	8,43	133,8	8,58	136,4	8,75	139	8,92
1500cc	19	1,2	15,3	0,98	11,5	0,73	7,7	0,49	3,9	0,25
2000cc	8,4	0,54	7,6	0,48	6,8	0,43	6,1	0,39	5,3	0,34
TOTAL	163,9	10,52	154,2	9,89	152,1	9,76	150,2	9,64	148,2	9,51

Tabla 2.16 Estimación de horas en falla - Equipo CD30NX

Para 768,6 horas programadas se estiman 49,32 horas en falla al utilizar equipo CD30NX.

Pérdida en formato 500cc

Tabla 2.17 Estimación de horas en falla - Equipo Hidro V:

Detalle de la programación estimada considerando detenciones para un horizonte de 5 años:

Hidro V 4,56% de fallas										
Horas programadas por año										
Formato	año 2026	h/Perdida año 2026	año 2027	h/Perdida año 2027	año 2028	h/Perdida año 2028	año 2029	h/Perdida año 2029	año 2030	h/Perdida año 2030
500cc	136,50	6,22	131,30	5,99	133,80	6,10	136,40	6,22	139,00	6,34
1500cc	19,00	0,87	15,30	0,70	11,50	0,52	7,70	0,35	3,90	0,18
2000cc	8,40	0,38	7,60	0,35	6,80	0,31	6,10	0,28	5,30	0,24
TOTAL	163,9	7,47	154,20	7,03	152,10	6,94	150,20	6,85	148,20	6,76

Tabla 2.17 Estimación de horas en falla - Equipo Hidro V

Para 768,6 horas programadas se estiman 35 horas en falla al utilizar equipo Hidro V.

Ahorros atribuibles a la implementación del nuevo equipo:

2.8.2 Velocidades de Producción y Precios por Unidad

En la tabla siguiente visualizamos el formato, velocidad de producción, costo de producción por unidad y el valor venta por unidad (Fuente de valores: micocacola.cl).

Tabla 2.18 Velocidades de producción y precios por unidad

La siguiente tabla muestra la velocidad nominal de trabajo por formato y sus valores de costo y venta por unidad:

Formato	Bot/h	Costo (un/\$)	Valor (un/\$)
500cc	17600	112	499
1500cc	16000	207	940
2000cc	12800	268	1040

Tabla 2.18 Velocidades de producción y precios por unidad

2.8.3 Ahorro proyectado al implementar equipo Hidro V

La Tabla 2.8.3 presenta el ahorro económico proyectado al reemplazar el equipo generador de ozono modelo CD30NX por el equipo Hidro V. Dicho ahorro se origina en la reducción de horas de detención no programadas y en la disminución de pérdidas asociadas a botellas no conformes, manteniéndose constante el nivel de producción y sin considerar incrementos de capacidad ni ventas adicionales.

El análisis se realiza en unidades de fomento (UF) y se fundamenta en la comparación del desempeño operativo de ambos equipos, considerando un incremento de eficiencia productiva equivalente a un 1,86%, asociado principalmente a la mejora en la continuidad operacional del proceso de embotellado.

Tabla 2.19 Ahorro proyectado al implementar equipo Hidro V

La siguiente tabla muestra el costo asociado a botellas no conformes y el costo por pérdida de botellas potencialmente comercializables, expresados en valores unitarios, junto con las horas promedio de detención por falla. Los parámetros de velocidad de embotellado y costos unitarios utilizados se detallan previamente en la Tabla 2.18.

	h/falla	Costo un/falla	Valor un/falla
CD30NX	49,27	2.654	11.740
HIDRO V	35,05	1.889	8.357
Ahorro	14,22	765	3.384

Tabla 2.19 Ahorro proyectado al implementar equipo Hidro V

El resultado del análisis evidencia que la implementación del equipo Hidro V permite reducir las horas improductivas en 14,22 horas por evento, lo que se traduce en una disminución acumulada de pérdidas equivalentes a 3.384 UF en un horizonte de evaluación de cinco años. Este resultado confirma que el recambio tecnológico genera una mejora sustancial en la eficiencia operativa, justificando técnicamente la evaluación económica del proyecto.

2.9 Beneficios económicos proyectados

A continuación, se presenta el detalle de los beneficios económicos proyectados, asociados a la implementación del nuevo generador de ozono modelo Hidro V. Dado que el proyecto

corresponde a una mejora operacional, los beneficios no provienen de ingresos por ventas, sino de ahorros operacionales atribuibles a la reducción de pérdidas y a mejoras en la eficiencia del proceso productivo.

Los valores se expresan en UF y se proyectan para un horizonte de cinco años, siendo utilizados posteriormente en la construcción del flujo de caja económico del proyecto.

Tabla 2.20 Ahorros Proyectados

La Tabla 2.20 presenta los ahorros anuales estimados, calculados a partir del ahorro total identificado en la Tabla 2.19. El ahorro por reducción de pérdidas se distribuye de forma uniforme durante el horizonte del proyecto, mientras que el beneficio asociado a la eficiencia productiva considera una disminución gradual en el tiempo, asociada a condiciones conservadoras de operación.

Para efectos de cálculo, se considera una UF equivalente a \$39.643.

Ahorros UF	Periodos				
	1	2	3	4	5
Ahorro por reducción de pérdidas	681	681	681	681	681
Ahorro por eficiencia productiva	749	696	675	654	633
Total	1.430	1.377	1.356	1.335	1.314

Tabla 2.20 Ingresos proyectados

Capítulo 3: Análisis de prefactibilidad técnica

3.0 Análisis de prefactibilidad técnica.

El presente capítulo desarrolla el análisis de prefactibilidad técnica del proyecto, evaluando la situación actual del sistema de generación de ozono y las alternativas tecnológicas disponibles.

3.1 Descripción del Proyecto

El presente proyecto tiene por objetivo evaluar la factibilidad técnica y operativa del reemplazo del generador de ozono modelo CD30NX (30 g/h), actualmente instalado en la línea 3 de producción de aguas planas en planta embotelladora de Coca-Cola Embonor S.A., por un nuevo equipo modelo Hidro V (80 g/h).

Esta iniciativa busca fortalecer la capacidad de desinfección del agua utilizada en el proceso de embotellado, asegurar el cumplimiento de los estándares de calidad microbiológica exigidos por la normativa vigente y reducir los costos asociados a fallas recurrentes, mantenimientos correctivos y detenciones no programadas.

3.1.1 Situación actual

El equipo CD30NX ha estado en operación por más de una década y actualmente presenta una capacidad insuficiente para satisfacer la demanda creciente de producción. Entre las principales limitaciones identificadas se encuentran:

Disminución de eficiencia operativa:

El equipo alcanza solo un 20,8% de disponibilidad en la línea Benedictino 2000cc, muy por debajo del estándar esperado (>90%). Además, su capacidad de generación de ozono es de 30 g/h, insuficiente para la demanda actual.

Alta frecuencia de fallas:

Se registran en promedio 4,6 horas mensuales de improductividad, lo que afecta la continuidad del proceso productivo y genera pérdidas significativas.

Dependencia de asistencia técnica externa:

Las intervenciones frecuentes implican costos elevados, estimados en \$103 millones (2.620 UF) por improductividad anual, además de gastos adicionales en mantenimiento correctivo.

Impacto en la competitividad:

Entre enero y mayo de 2025, el CD30NX provocó una pérdida de 294.720 botellas, con un valor aproximado de \$36,3 millones (915 UF), comprometiendo el cumplimiento de entregas y la eficiencia global de la planta.

3.1.2 Requerimientos Técnicos del Nuevo Sistema

Para asegurar una mejora significativa en el proceso de desinfección, el nuevo sistema deberá cumplir con los siguientes requisitos técnicos:

- Capacidad de generación de ozono: Igual o superior a 50 g/h, garantizando la cobertura de la demanda actual y futura de la línea de producción.
- Compatibilidad eléctrica: Adaptación a la red existente de 220 V monofásica o 380 V trifásica, a 50 Hz.
- Operación continua: Funcionamiento estable con un caudal de agua de hasta 20 m³/h.
- Cumplimiento normativo: Conformidad con el Decreto Supremo N°735/69 del Ministerio de Salud y con la norma chilena NCh 409 sobre calidad de agua embotellada.

Este proyecto constituye una oportunidad estratégica para modernizar la infraestructura crítica del proceso de embotellado, incrementar la eficiencia operativa y garantizar la sostenibilidad del sistema productivo, en plena alineación con los estándares de Coca-Cola Company.

3.1.3 Alternativas tecnológicas

Como parte del estudio de factibilidad, se evaluaron tres alternativas tecnológicas disponibles en el mercado para reemplazar el generador de ozono modelo CD30NX. La evaluación se realizó considerando criterios ponderados de costo, plazo de entrega, características técnicas, nivel de confianza en el proveedor y disponibilidad de capacitación para el personal interno.

Las empresas analizadas fueron Voenz, Quioz y Xylemd, utilizando como referencia el valor de la Unidad de Fomento (UF) equivalente a \$39.643.

Tabla 3.1 Matriz Comparativa de Evaluación:

EVALUACIÓN		VOENZ		QUIOZ		XYLEM	
30%	COSTO	9	(1652,3 UF)	10	(1283 UF)	5	(2602,7 UF)
20%	PLAZO (Semanas)	8	6 semanas	10	3 semanas	5	30 semanas
30%	Caract.Técnicas	10	Venturi	8	bomba	10	Venturi
20%	CONFIANZA	10		7		10	
sí/no	CAPACITACIÓN	SI		SI		SI	
PUNTAJE PONDERADO		9,3		8,8		7,5	

Tabla 3.1 Matriz Comparativa de Evaluación

Con base en la evaluación técnica y estratégica, se recomienda la adquisición del generador de ozono Hidro V (80 g/h) ofrecido por la empresa Voenz, que obtuvo el puntaje ponderado más alto (9,3). Esta alternativa se distingue por su adecuado equilibrio entre capacidad de producción, confiabilidad del proveedor y un plazo de implementación razonable, lo que permite optimizar la continuidad operativa y minimizar las paradas de línea.

3.1.4 Especificaciones técnicas equipo “Hidro V” y comparación con el CD30nx

Tabla 3.2 Comparaciones técnicas entre CD30NX e Hidro V

En la siguiente tabla se comparan las especificaciones técnicas entre ambos equipos.

Parámetro / Característica	Modelo Hidro-V	Modelo CD30NX
Capacidad de generación	80 g O ₃ /h (virola de 120 g/h con dieléctricos de borosilicato)	30 g O ₃ /h a 5,5 % en peso (14 SCFH O ₂)
Tecnología de generación	Descarga de corona con sistema de control PID automático	Descarga de corona presurizada con autoajuste de resonancia
Alimentación eléctrica	400 V trifásico (3P + N + T), 50 Hz – 4,5 kW	90–250 VAC monofásico, 47–63 Hz – 3,3–1,2 A
Sistema de dilución	Bomba + venturi + válvulas motorizadas antirretorno Inox 316L	No integrado; requiere sistema externo
Refrigeración	Enfriadora + glicol (líquida)	Aire forzado (ventilación interna)
Concentrador de oxígeno	Integrado, bicolumna con compresores (95 % pureza)	Requiere fuente de oxígeno externa
Control	PLC táctil 4,3" + gestor de alarmas + PID según Redox u O ₃ disuelto	Control manual + opción remota 4–20 mA + salida de alarma
Comunicación	Relés de estado y Modbus TCP/IP (opcional Ethernet)	4–20 mA proporcional + alarma programable
Sensores de seguridad y monitoreo	Corriente O ₃ , presión aire/oxígeno, caudal, temperatura, fugas de ozono, apertura de puerta	Interruptores de vacío y presión, protección térmica
Seguridad operacional	Válvulas motorizadas antirretorno + detección de fugas + bloqueo por puerta	Protecciones térmicas y de presión básicas
Dimensiones y peso	Alto 1990 mm x ancho 1455 mm x profundidad 945 mm, 25kg	533 × 401 × 249 mm, 17,6 kg
Aplicación recomendada	Tratamiento de agua para embotellado industrial	Pequeñas líneas o tratamientos piloto
Nivel de automatización	Alto – control PID + comunicación SCADA	Medio – ajuste manual o señal analógica
Mantenimiento	Preventivo y correctivo estructurado (kit de filtros y dieléctricos)	Mantenimiento manual, sin kits estandarizados

Tabla 3.2 Comparaciones técnicas entre CD30NX e Hidro V

Análisis comparativo CD30nx vs Hidro V:

1. Capacidad y escala: el modelo Hidro V triplica la producción del CD30nx.
2. Automatización: El modelo Hidro V incorpora PLC, PID y monitoreo remoto, mejorando la estabilidad y seguridad operativa.
3. Integración: incluye concentrador de oxígeno, sistema de refrigeración líquida y secado frigorífico, reduciendo la necesidad de equipos externos.
4. Eficiencia energética: aunque el consumo eléctrico total es mayor (4,5 KW vs 3,3 A monofásicos), el rendimiento por gramo de ozono producido es superior.
5. Seguridad y monitoreo: VOENZ ofrece detección de fugas, enclavamiento por puerta y alarmas múltiples, cumpliendo con estándares sanitarios más exigentes.
6. Aplicación: el modelo CD30nx resulta adecuado para plantas pequeñas o ensayos, mientras que el modelo Hidro V es ideal para producción industrial continua.

Este análisis confirma que el modelo Hidro V representa una solución tecnológica robusta, eficiente y alineada con los requerimientos actuales de la planta de Viña del Mar, tanto en términos de capacidad como de cumplimiento normativo y sostenibilidad operativa.

3.1.5 Condiciones de trabajo para la implementación

La correcta instalación y operación del nuevo generador de ozono requiere el cumplimiento de una serie de condiciones técnicas y ambientales que aseguren su funcionamiento eficiente, seguro y conforme a la normativa vigente. A continuación, se detallan los requerimientos específicos para su implementación en la planta de Coca-Cola Embonor S.A., Viña del Mar:

Tabla 3.3 Condiciones para la implementación

Detalle de las condiciones necesarias para la implementación del nuevo equipo:

Acondicionamientos de la sala	La sala debe estar bien ventilada, y prever sistema de extracción para caso de fugas.
	Instalar cartel con advertencias de seguridad. Se recomienda que la sala tenga arqueta de desagüe.
Presión de la línea hidráulica	Entre 0 y 6,5 Bar
Características del fluido	Ø Sólidos < 1mm; Sólidos en suspensión (SS)
Presión de Trabajo del Gas	0,95 Bar
Origen del Gas	El oxígeno lo genera el propio equipo con su unidad PSA.
Humedad en Sala	<85%
Temperatura del fluido	5-30°C
Temperatura en Sala	5°C - 40°C

Tabla 3.3 Condiciones para la implementación

Estas condiciones deben ser verificadas y garantizadas antes de la puesta en marcha del nuevo sistema, como parte del plan de implementación y validación técnica. El cumplimiento de estos requisitos es fundamental para asegurar la durabilidad del equipo, la seguridad del personal y la eficacia del proceso de desinfección.

3.1.6 Costos operacionales comparados: escenario sin proyecto y con proyecto

Uno de los principales fundamentos para la implementación del nuevo generador de ozono modelo Hidro V es la reducción de los costos improductivos asociados a las detenciones no programadas del sistema de ozonización. Estas detenciones impactan directamente en la continuidad del proceso de embotellado, generando pérdidas económicas por producto no realizado y costos laborales durante las intervenciones técnicas.

En este apartado se presenta una comparación estructurada de los costos totales de detención del equipo actualmente en operación (CD30NX, planta Viña del Mar) y del equipo propuesto (Hidro V, basado en datos reales de la planta Embonor Talca), considerando exclusivamente costos atribuibles a improductividad operacional.

3.1.6.1 Costo Total de detención sin proyecto (equipo CD30NX)

Durante el período analizado, las fallas del equipo CD30NX generaron pérdidas significativas por botellas no producidas, así como costos asociados al personal involucrado durante las detenciones. La cuantificación de estos costos se presenta en el Capítulo 2, integrando la pérdida por producto no realizado y el costo laboral.

De acuerdo con la información consolidada en la Tabla 2.9, el costo total acumulado de detención del equipo CD30NX asciende a:

- Pérdida por botella no producida: 10.781 UF
- Costo del personal involucrado: 50,04 UF

Costo total de detención equipo CD30NX: 10.831 UF, equivalente a \$429.374.918, considerando una UF de \$39.643.

Este valor refleja el impacto económico de las detenciones no programadas en la operación de la planta y constituye la línea base para la evaluación del proyecto de mejora.

3.1.6.2 Costo Total de detención con proyecto (equipo Hidro V)

Para estimar el desempeño esperado del equipo Hidro V en la planta de Viña del Mar, se utilizaron registros operacionales reales del equipo Hidro V instalado en la planta Embonor Talca, correspondientes al período junio–octubre de 2025. Estos datos permiten proyectar de forma conservadora el comportamiento del equipo bajo condiciones productivas similares.

Según lo expuesto en las Tablas 2.11, 2.12 y 2.13, el costo total de detención asociado al equipo Hidro V se compone de:

- Pérdida por botella no producida: 1.210 UF.
- Costo del personal involucrado: 6,3 UF.

Costo total de detención equipo Hidro V: 1.216,3 UF, equivalente a \$48.217.780.

Este resultado evidencia una reducción significativa tanto en la frecuencia de fallas como en el impacto económico de las detenciones, atribuible a una mayor confiabilidad y disponibilidad operativa del equipo Hidro V.

3.1.6.3 Comparación y Ahorro Estimado

La tabla 3.4 presenta la comparación directa entre los costos improductivos de ambos equipos.

Tabla 3.4 Comparación de costos improductivos y ahorro estimado

Concepto	CD30NX (UF)	Hidro V (UF)
Costo total de detención	10831	1216
Diferencia / Ahorro estimado	9.615 UF	

Tabla 3.4 Comparación y ahorro estimado

La diferencia de 9.615 UF representa el ahorro económico atribuible a la implementación del equipo Hidro V en un horizonte de evaluación comparable. Este ahorro se explica principalmente por:

- Reducción significativa de las horas de detención.
- Disminución de pérdidas por botellas no conformes.
- Menor requerimiento de horas-hombre durante las intervenciones.
- Mejora en la disponibilidad operativa del sistema, cuantificada en un incremento del 1,86%, según lo expuesto en la Tabla 2.14.

3.1.6.4 Conclusión del análisis comparativo

El análisis comparativo de costos operacionales demuestra que la implementación del equipo Hidro V permite reducir de manera sustancial los costos improductivos asociados al sistema de ozonización. Si bien el proyecto no genera ingresos adicionales por aumento de ventas ni expansión de capacidad, los ahorros operacionales identificados justifican técnicamente la evaluación económica del recambio tecnológico, reforzando su conveniencia desde el punto de vista de la continuidad operacional, eficiencia productiva y reducción de riesgos.

3.1.7 Personal Actual Involucrado y Requerimientos de Capacitación.

La implementación del nuevo sistema generador de ozono Hidro V requiere una fase de capacitación técnica para asegurar su correcta operación, mantenimiento y monitoreo. A continuación, se detalla el personal interno que deberá ser capacitado:

Tabla 3.5 Personal con requerimiento de capacitación

Cargo	Requiere Capacitación
Jefe de mantenimiento	SI
Supervisor de producción	SI
Supervisor de calidad	SI
Eléctrico de turno	SI
Asistente de línea	SI
7 operadores de línea	SI

Tabla 3.5 Personal con requerimiento de capacitación

La capacitación será proporcionada por el proveedor del equipo (Voenz) e incluirá contenidos sobre operación segura, monitoreo de parámetros críticos, mantenimiento preventivo y respuesta ante alarmas. Esta etapa es clave para garantizar una transición eficiente y segura hacia el nuevo sistema.

3.2 Plazos de implementación

El plazo estimado para la implementación del nuevo generador de ozono modelo Hidro V es de 6 semanas, contadas desde la emisión de la orden de compra hasta la finalización de las pruebas funcionales en planta. Este periodo incluye las etapas de recepción del equipo, instalación, conexión hidráulica y eléctrica, configuración de parámetros operativos, capacitación del personal y validación técnica.

Desde el punto de vista operativo, la instalación no afecta el desarrollo normal de la planta de embotellación, ya que durante las intervenciones en terreno se puede reprogramar la producción con SKU distintos al agua plana, tales como Coca-Cola, Fanta, Sprite, entre otros. Esta flexibilidad permite mantener la continuidad productiva mientras se ejecuta el proyecto.

Carta Gantt:

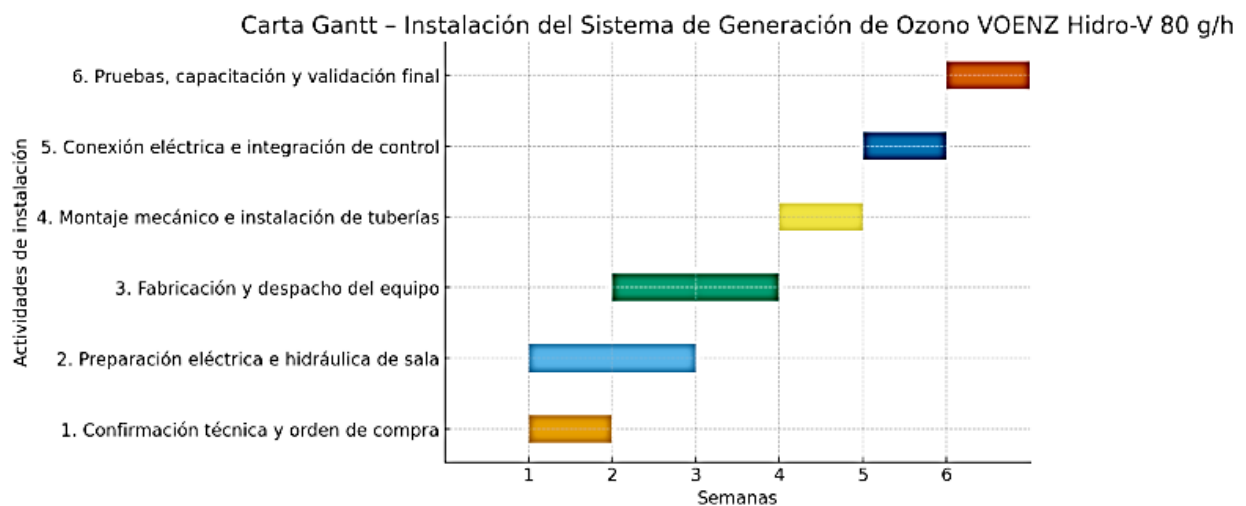


Ilustración 7 Carta Gantt

3.2.1 Lay-out actual y adaptaciones necesarias

El equipo CD30NX se encuentra actualmente ubicado en el pasillo entre las líneas productivas 3 y 2. Aunque el modelo Hidro V presenta dimensiones ligeramente superiores, el espacio disponible es suficiente para su instalación, sin necesidad de realizar modificaciones estructurales mayores. Las condiciones ambientales y técnicas requeridas para la operación del nuevo equipo ya están presentes en la sala, conforme a lo establecido en la tabla 3.3, lo que facilita su integración al

sistema existente.

La siguiente imagen de la línea 3 Ergo bloq L, muestra la ubicación específica del nuevo equipo generador de ozono y está marcada con el icono de gota.

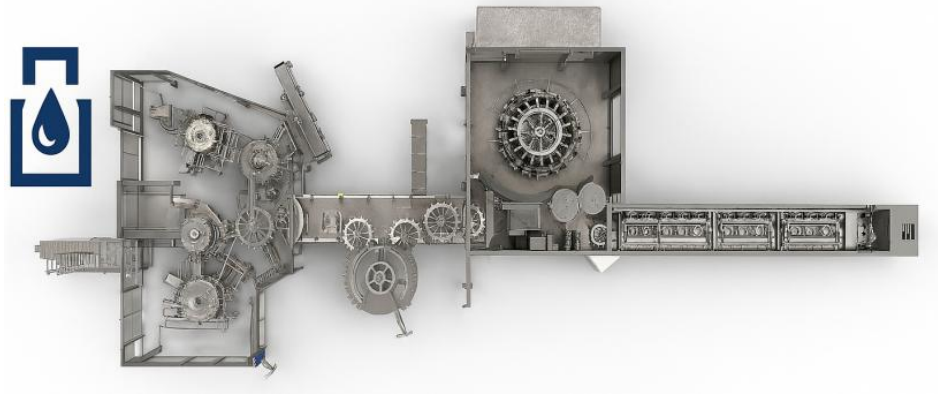


Ilustración 8 Lay out para nuevo equipo

Adaptaciones Técnicas Requeridas:

- Instalación de By-pass en cañería de acero inoxidable:
 - Esta modificación permitirá realizar sanitizaciones con agua caliente sin afectar los equipos de generación de ozono ni los sistemas de radiación UV, mejorando la flexibilidad operativa y la seguridad del proceso.
- Documentación técnica proporcionada por VOENZ:
 - La empresa proveedora entregará todos los manuales y planes necesarios para la correcta operación y mantenimiento del equipo, incluyendo:
 - Manual operacional.
 - Manual técnico.
 - Plan de mantenimiento preventivo.
 - Plan de mantenimiento correctivo.
 - Kit de mantenimiento básico.

Estas condiciones aseguran una transición eficiente y segura hacia el nuevo sistema, minimizando riesgos y optimizando la disponibilidad operativa desde el primer día de funcionamiento.



Ilustración 9 Equipo Hidro V



Ilustración 10 Trabajos de instalación

Dimensiones equipo Hidro V:

Con el fin de complementar la descripción técnica del sistema de generación de ozono modelo Hidro V desarrollado por la empresa Voenz, se presentan a continuación las dimensiones físicas del equipo medidas en milímetros. Estas medidas, ilustradas mediante vistas superior y lateral, permiten apreciar su diseño estructural y facilitan la planificación de su instalación en distintos entornos de operación.

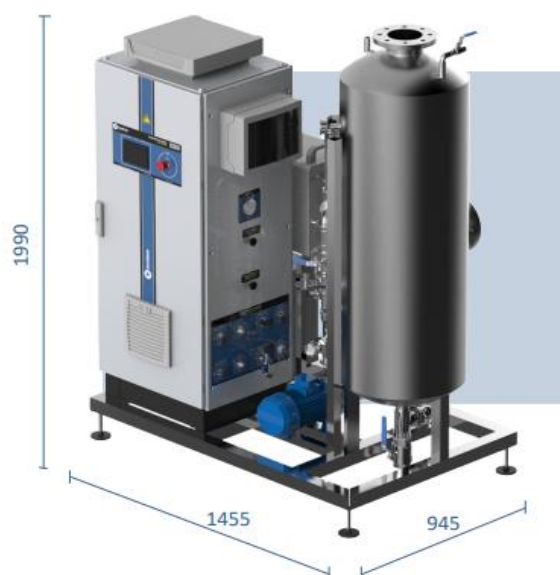


Ilustración 11 Dimensiones toma lateral equipo Hidro V

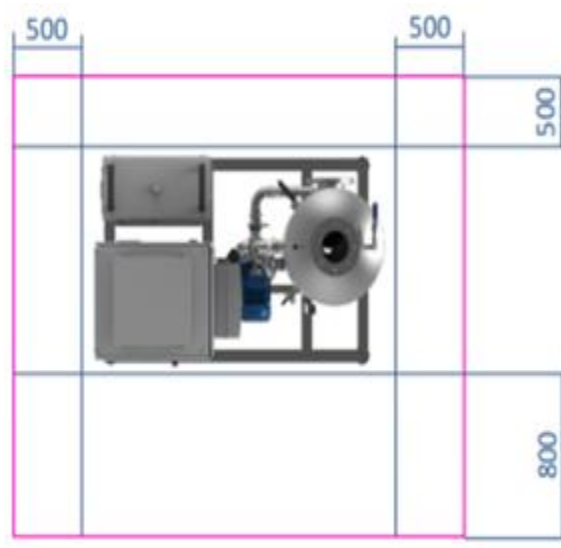


Ilustración 12 Dimensiones toma superior equipo Hidro V

Bypass para sanitizados:

Como parte del sistema de sanitización, se incorpora un bypass de acero inoxidable diseñado para aislar el equipo generador de ozono, cuando se realicen limpiezas internas de piping mediante el uso de compuestos con presencia de soda caustica. La siguiente imagen muestra su estructura y disposición, lo que permite visualizar con claridad su función dentro del circuito de sanitizado.

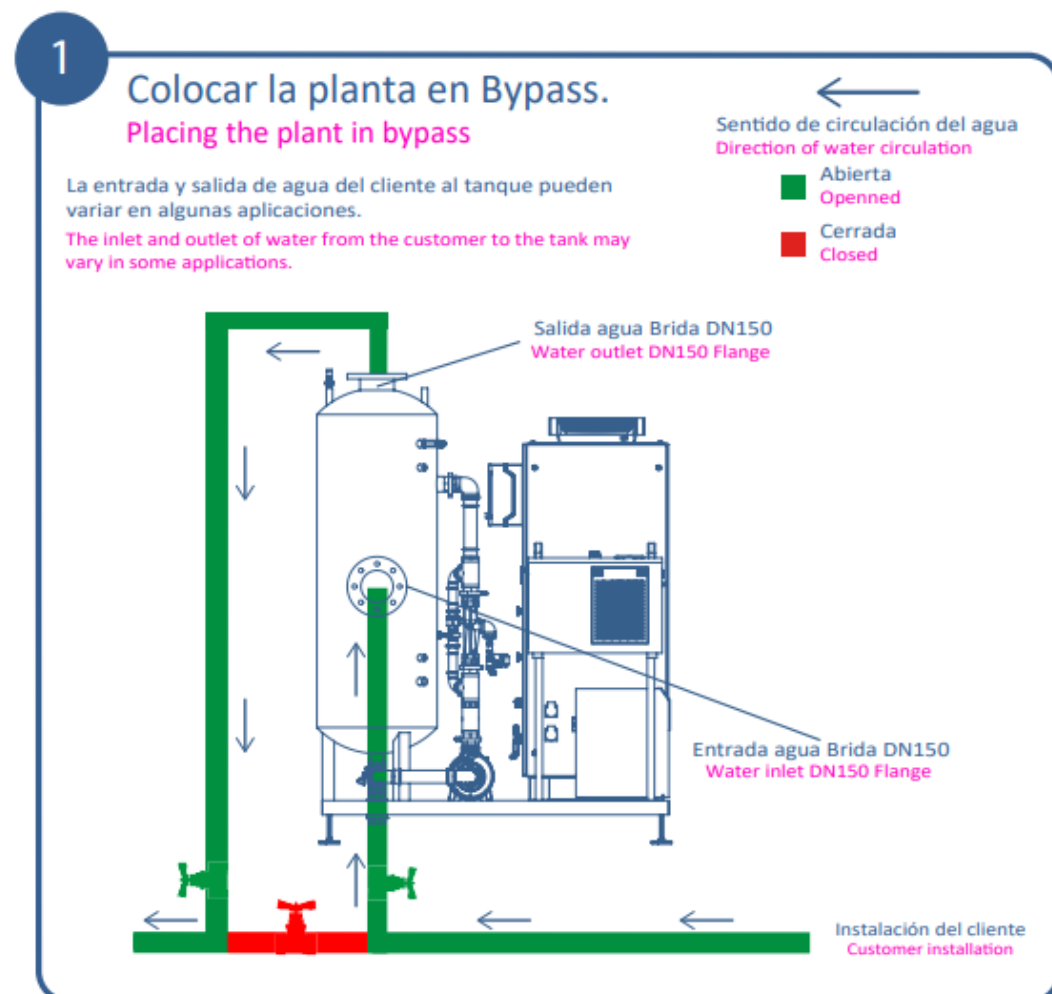


Ilustración 13 Sistema de Bypass para equipo Hidro V

3.3 Estimación de inversiones requeridas

La implementación del nuevo sistema generador de ozono modelo Hidro V (80 g/h) implica una inversión inicial compuesta por el costo del equipo y una serie de adicionales necesarios para su correcta instalación, puesta en marcha y operación continua. A continuación, se detallan los componentes de la inversión:

Inversión Inicial: Costo del equipo Hidro V \$65.502.500 (equivalente a 1.652 UF).

Costos Adicionales

Los costos adicionales incluyen actividades técnicas y logísticas indispensables para la transición desde el equipo CD30NX al nuevo sistema:

- Fabricación e instalación de By-pass de acero inoxidable para sanitizados externos.
- Desconexión y retiro del equipo antiguo CD30NX.
- Montaje y conexión del nuevo equipo Hidro V.
- Soporte técnico durante la marcha blanca del equipo (1 mes).
- Asesoría y capacitación técnica al personal interno involucrado en la operación y mantenimiento.
- Valor total de adicionales: \$55.460.557 (equivalente a 1.399 UF)
- Imprevistos durante el proceso de cambio 5% de 3204 UF correspondiente al valor máquina y extras (equivalente 153 UF).

3.3.1 Inversión Total del Proyecto

En la siguiente tabla se desglosa el costo total de implementación del nuevo equipo (3204 UF).

Tabla 3.6 Inversión total del proyecto

Concepto	Costo \$	UF
Equipo Hidro V	\$65.502.500	1.652
Extras	\$55.460.557	1.399
Imprevistos 5%	\$ 6.065.379	153
Total	\$ 127.028.436	3.204

Tabla 3.6 Inversión total del proyecto

La inversión se sustenta en los ahorros proyectados, la mayor disponibilidad operativa, la disminución de costos improductivos y el fortalecimiento de la competitividad técnica de la planta. Con un retorno superior a 2.000 UF en los primeros tres años, el proyecto se configura como una decisión estratégica de alto impacto.

3.4 Egresos Proyectados

En este apartado se presentan los egresos proyectados asociados a la implementación y operación del generador de ozono modelo Hidro V, evaluados en un horizonte de 5 años y expresados en Unidades de Fomento (UF). Dado que el proyecto corresponde a una mejora operacional, los egresos considerados corresponden únicamente a aquellos costos incrementales atribuibles a la implementación del nuevo equipo, evitando la doble contabilización de costos productivos ya existentes en la operación base.

Los egresos se clasifican en costos fijos, asociados a la inversión inicial y mantenciones preventivas, y costos variables, vinculados a la operación y desgaste normal del equipo. Estos valores constituyen la base para la elaboración de los flujos de caja del Capítulo 4

Tabla 3.7 Egresos Proyectados

La Tabla 3.7 presenta el detalle de los egresos proyectados asociados a la implementación y operación del generador de ozono modelo Hidro V, evaluados en un horizonte de cinco años y expresados en Unidades de Fomento (UF). Los valores considerados corresponden exclusivamente a los costos incrementales atribuibles al proyecto, incluyendo la inversión inicial, mantenciones preventivas y costos operacionales directamente relacionados con el nuevo equipo. Esta información constituye un insumo fundamental para la elaboración de los flujos de caja y la posterior evaluación económica del proyecto.

Concepto	Tipo	año 0	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5
Inversión inicial (equipo + extras)	Fijo	-3.204	0	0	0	0	0
Mantenimiento preventivo anual	Fijo	0	-12	-12	-12	-12	-12
Consumo eléctrico (4,5 KW estimado)	Variable	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04
Repuestos y desgaste	Variable	0	-0,47	-0,47	-0,47	-0,47	-0,47
Costo de producción	Variable	0					
Total, Egresos por Año	Ambos	-3.204	-13	-13	-13	-13	-13

Tabla 3.7 Egresos Proyectados

- El año 0 contempla la inversión inicial total del proyecto, equivalente a 3.204 UF, valor que se mantiene consistente con el análisis financiero del Capítulo 4.
- A partir del año 1, los egresos se estabilizan en 13 UF anuales, correspondientes exclusivamente a costos operacionales incrementales asociados al nuevo equipo.
- El consumo eléctrico, los repuestos y el mantenimiento preventivo corresponden a estimaciones conservadoras basadas en las recomendaciones del fabricante y en la experiencia operativa del equipo Hidro V en la planta Embonor Talca.
- Los costos por detención y pérdidas productivas no se incluyen como egresos en este apartado, ya que su reducción constituye el beneficio económico del proyecto, reflejado posteriormente como ahorros en los flujos de caja.
- El costo de producción del producto final no se considera como egreso incremental, dado que no se ve afectado por la implementación del nuevo equipo y forma parte de la operación base de la planta.

CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN ECONÓMICA

4.0 Evaluación económica.

El presente capítulo tiene por objetivo evaluar la conveniencia económica del proyecto de mejora operacional, mediante el análisis de los ahorros atribuibles directamente a la sustitución del generador de ozono CD30NX por el modelo Hidro V (80 g/h). Para ello, se consideran exclusivamente los beneficios económicos incrementales derivados de la reducción de fallas, disminución de pérdidas por improductividad y optimización del proceso, los cuales son posteriormente incorporados en los flujos de caja y en los indicadores de evaluación financiera.

4.1 Análisis de Ahorros Atribuibles a la Mejora

El principal beneficio económico del proyecto proviene de los ahorros operacionales generados por la mejora en la confiabilidad y disponibilidad del sistema de ozonización, los cuales se traducen en una reducción de costos por improductividad y en una mayor eficiencia del proceso productivo.

De acuerdo con el análisis desarrollado en el Capítulo 2, la implementación del generador de ozono Hidro V permite incrementar la disponibilidad operativa del sistema en 1,86 % respecto del equipo CD30NX. Esta mejora en la efectividad productiva reduce la frecuencia y duración de detenciones no programadas, disminuyendo las pérdidas por botellas no conformes y el tiempo improductivo del personal.

En base a lo anterior, y conforme a la proyección presentada en la Tabla 2.20 del Capítulo 3, los ingresos del proyecto corresponden exclusivamente a ahorros operacionales, los cuales se componen de:

- Ahorro por reducción de pérdidas productivas, estimado en 681 UF anuales.
- Ganancia por eficiencia productiva, asociada al incremento del 1,86 % en la disponibilidad operativa, valorizada en UF y decreciente a lo largo del horizonte de evaluación.

La suma de ambos conceptos da origen a los ingresos totales del proyecto, los cuales ascienden a 1.430 UF el primer año, 1.377 UF el segundo año, 1.356 UF el tercer año, 1.335 UF el cuarto año y 1.314 UF el quinto año, valores que son incorporados directamente como ingresos en los flujos de caja del proyecto.

Es importante destacar que estos ingresos no corresponden a ventas adicionales ni a un aumento

de la capacidad comercial del producto final, sino que representan beneficios económicos incrementales derivados de una mejora operacional, manteniendo la naturaleza del proyecto como una iniciativa de optimización de procesos.

4.2. Consideraciones iniciales.

Este proyecto se evaluará a través de un flujo de caja puro para determinar su viabilidad y se evaluará también con financiamiento externo de un 50% y un 75%.

El valor de la UF (unidad de fomento), se calculará al día 03/12/25 a un valor equivalente a \$39.643,59, la cual se pagará en pesos chilenos.

Las evaluaciones de los créditos se realizaron evaluado en el Banco Santander de Chile.

Para obtener resultados económicos confiables una vez realizada la evaluación del proyecto, se utilizarán indicadores económicos como el PRI (periodo de recuperación de la inversión), TIR (tasa interna de retorno) y el VAN (valor actual neto).

(servicios.cmfchile , s.f.)

A continuación, se pueden apreciar en las tablas 4.1 y 4.2 el detalle del financiamiento externo:

Tabla 4.1 Crédito Bancario 50% (1602 UF)

Banco	Tipo Crédito	Dividendo mensual con seguro de desgravamen e incendio	Moneda Crédito	Tipo Tasa	Tasa del Crédito
Banco Santander- Chile	Mutuo no Endosable	\$1.206.424	UF	Fija	4,65%

Tabla 4.1 Crédito bancario 50%

Tabla 4.2 Crédito Bancario 75% (2403 UF)

Banco	Tipo Crédito	Dividendo mensual con seguro de desgravamen e incendio	Moneda Crédito	Tipo Tasa	Tasa del Crédito
Banco Santander- Chile	Mutuo no Endosable	\$1.809.637	UF	Fija	4,65%

Tabla 4.2 Crédito bancario 75%

4.2.1. Horizonte de evaluación.

Este proyecto tiene un horizonte de 5 años y se utilizará una tasa de descuento equivalente a un 12%, la cual tendrá la finalidad de ir actualizando los flujos de dinero en sus distintos periodos.

4.2.2. Impuestos.

Según servicio de impuestos internos, por ser una empresa comercial, industrial, minera u otras se debe aplicar un impuesto a las rentas de capital, este impuesto es llamado:

- Impuestos a la Renta de Primera categoría, correspondiente a un 27% año 2025.

4.2.3. Tasa de descuento.

Para valorar y desarrollar un proyecto de inversión se necesita saber la tasa de descuento, que es la rentabilidad mínima que se le exige al proyecto. Para el cálculo de la tasa de descuento se utilizará el Modelo de Valoración del Precio de los activos de Capital o Capital Asset Pricing Model (conocido como modelo CAPM) que es una de las herramientas más utilizadas en el área financiera para determinar la tasa de retorno requerida para un cierto activo. A continuación, se detalla la fórmula:

$$E_i = R_f + \beta_i(E_m - R_f)$$

Dónde:

E_i : rentabilidad esperada de una inversión.

R_f : el rendimiento de un activo libre de riesgo.

β_i : beta de una inversión, o la volatilidad de una inversión en relación con el mercado en general.

E_m : el retorno esperado de mercado.

4.2.4 Tasa libre de riesgo (Rf)

La Tasa libre de riesgo, se obtiene a través de un promedio que entregan los intereses de los bonos en UF a 5 años, entregados por el Banco Central para los últimos 10 años.

El rendimiento del bono chileno a 10 años subió al 5,34% el 16 de enero de 2026, lo que representa un aumento de 0,02 puntos porcentuales con respecto a la sesión anterior. En el último mes, el rendimiento ha caído 0,05 puntos y es 0,66 puntos inferior al del año anterior, según las cotizaciones interbancarias extrabursátiles para este vencimiento de bono gubernamental. ((OECD), s.f.)

A continuación, en la Tabla 5-3, se puede apreciar un resumen de la tasa de riesgo en Chile.

Tabla 4.3 Tasa libre de riesgo

Actual	Anterior	Más alto	Más bajo	Fechas	Unidad	Frecuencia
5.34	5.32	8.07	2.01	2007 - 2026	por ciento	A diario

Tabla 4.3 Tasa libre de riesgo

Tasa libre de riesgo: 5,34%

4.2.5 Tasa de rentabilidad de mercado (Rm)

La tasa de rentabilidad de mercado o tasa media de retorno se obtiene a través de la variación del índice de precio selectivo de acciones (IPSA), entregado por la Bolsa de Comercio de Santiago para los últimos 10 años en los mercados de renta variable. (Chile, s.f.)

Tabla 4.4 Tasa de rentabilidad de mercado (Rm)

Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Variación %	5,90	6,65	7,20	6,55	5,78	6,94	5,89	5,40	4,94	7,40

Tabla 4.4 Tasa de rentabilidad de mercado

Promedio: 6,265%

4.2.6 Beta

La constante según tipo de negocio (B), entregada por Aswath Damodaran, actualizada en enero de 2022, corresponde al valor de beta en la sección de Retail ventas x mayor. (Damodaran, s.f.)

Tabla 4.5 Beta

Nombre de la industria	Nº de empresas	Beta	Relación D/E	Tipo impositivo efectivo	Beta no apalancada	Valor en efectivo/empresa
Bebida (Suave)	29	0.57	19.73%	6.94%	0.50	3.57%

1 Tabla 4.5 Beta

Cálculo del CAPM base

Aplicando los valores obtenidos:

$$E_i = R_f + \beta_i(E_m - R_f)$$

$$E_i = 5,34 + 0,50(6,265 - 5,34)$$

$$E_i = 5,8\%$$

Este resultado corresponde a la tasa mínima teórica para un activo con riesgo bajo. Sin embargo, no es representativa del riesgo real de un proyecto industrial en una embotelladora, donde existen factores adicionales como:

- Riesgo operativo y de continuidad productiva.
- Riesgo país.
- Riesgo tecnológico.
- Riesgo de implementación.
- Políticas corporativas internas de retorno mínimo.

Embonor, suele evaluar sus proyectos con tasas entre 8% y 12%, lo que se alinea con estándares

internacionales para industrias de consumo masivo con alto CAPEX.

Tasa de descuento adoptada para el proyecto

Considerando:

- El CAPM base (12%).
- El riesgo país de Chile.
- El riesgo operativo del sector industrial.
- La política de retorno mínima utilizada en empresas embotelladoras.

Se adopta una tasa de descuento del **12%**, valor que refleja de manera más realista el costo de oportunidad del capital y el riesgo asociado al proyecto.

Esta tasa será empleada para actualizar los flujos de caja y evaluar la viabilidad económica del proyecto.

4.2.7 Depreciación del equipo

La depreciación de los activos inmovilizados se encuentra regulada por el Artículo 31 de la Ley sobre Impuesto a la Renta (LIR), el cual permite reconocer como gasto necesario para producir la renta una cuota anual de depreciación, determinada según la vida útil fijada por el Servicio de Impuestos Internos (SII) para cada tipo de bien.

En este caso, el equipo generador de ozono será depreciado mediante el régimen de depreciación acelerada, aplicando una vida útil tributaria de 5 años. Considerando un valor de 1652,3 UF, la depreciación lineal acelerada corresponde a (SII Servicios de Impuestos Internos, s.f.).

Se utilizó la depreciación acelerada porque las normas tributarias chilenas permiten este mecanismo para nuevos activos fijos para incentivar la inversión productiva.

Desde la perspectiva del proyecto, la depreciación acelerada no es una mayor depreciación técnica del activo, sino un beneficio fiscal que promueve el reconocimiento de gastos contables. Al tratarse de un proyecto de sustitución tecnológica, la aplicación de la depreciación acelerada permite reflejar de forma más realista el impacto fiscal y mejora los flujos de caja en los primeros años, fundamentales para evaluar el retorno de la inversión y la rentabilidad financiera:

NÓMINA DE BIENES SEGUN ACTIVIDADES	NUEVA VIDA ÚTIL NORMAL	DEPRECIACIÓN ACELERADA
Maquinarias y equipos en general.	15	5

- Cálculo: valor equipo / años de depreciación
- Depreciación anual: 1652,3 UF / 5 años = 330,46 UF.

4.2.8 Capital de trabajo

Este proyecto corresponde a la sustitución tecnológica de equipos críticos en el proceso productivo, que tiene como objetivo mejorar la confiabilidad operativa y reducir las pérdidas relacionadas con paradas no planificadas. Dado que la iniciativa no prevé un aumento en la producción, ventas, inventarios ni cambios en los plazos de cobro o pago, no es necesario tomar en cuenta el aumento del capital de trabajo.

Por lo tanto, el análisis financiero se desarrolla sin incluir las fluctuaciones del capital de trabajo, lo cual es consistente con proyectos de eficiencia operativa.

4.3 Proyecto puro

Es aquel proyecto financiado con recursos de la empresa, sin financiamiento externo, por lo tanto, no hay intereses por créditos ni amortizaciones.

En la siguiente tabla 4.6 se muestra el flujo de caja para el proyecto sin financiamiento externo.

Tabla 4.6 Flujo de caja proyecto puro

Año	0	1	2	3	4	5
(+) Ingresos		1.430	1.377	1.356	1.335	1.314
(-) Egresos		-13	-13	-13	-13	-13
(=) Margen		1.417	1.364	1.343	1.322	1.301
(-) Depreciación		-330	-330	-330	-330	-330
(=) Utilidad antes de impuestos		1.087	1.034	1.013	992	971
(-) Impuestos		-293	-279	-274	-268	-262
(=) Utilidad después de Impuestos		794	755	739	724	709
(+) Depreciación		330	330	330	330	330
(-) Inversiones	-3.204					
(=) Flujo de Caja	-3.204	1.124	1.085	1.069	1.054	1.039
(=) FC Actualizado	-3.204	1.003	865	761	670	589
(=) FC Acumulado	-3.204	-2.201	-1.336	-575	95	685

2 Tabla 4.6 Flujo de caja proyecto puro

VAN	685
TIR	20%
PRI	4
IVAN	0,214

Tasa de descuento	12,00%
Impuesto	27%

4.4 Proyecto con financiamiento externo del 50%

En este punto se presenta el flujo de caja con la alternativa del 50% de financiamiento externo.

El monto total de inversión asciende a 3204 UF, por lo tanto, el 50% del monto total asciende a 1602 UF.

Tabla 4.7 Flujo de caja con financiamiento de 50%

Año	0	1	2	3	4	5
(+) Ingresos		1.430	1.377	1.356	1.335	1.314
(-) Egresos		-13	-13	-13	-13	-13
(=) Margen		1.417	1.364	1.343	1.322	1.301
(-) Depreciación		-330	-330	-330	-330	-330
(-) Intereses L.P.		-74	-61	-47	-32	-16
(=) Utilidad antes de impuestos		1.013	973	966	960	955
(-) Impuestos		-274	-263	-261	-259	-258
(=) Utilidad después de Impuestos		739	710	705	701	697
(+) Depreciación		330	330	330	330	330
(-) Inversiones	-3.204					
(+) Créditos L.P.	1.602					
(-) Amortizaciones de créditos L.P.		-292	-306	-320	-335	-350
(=) Flujo de Caja	-1.602	777	734	715	696	677
(=) FC Actualizado	-1.602	694	585	509	442	384
(=) FC Acumulado	-1.602	-908	-322	187	629	1.013

Tabla 4.7 Proyecto financiado al 50%

VAN	1.013
TIR	36%
PRI	3
IVAN	0,6319

Tasa de descuento	12,00%
Impuesto	27%
Tasa de interés Anual LP	4,65%

Amortización del financiamiento externo del 50%

Para el cálculo de valor de la cuota con un 4,65% de interés anual, se reemplazan los datos en la fórmula del PMT, tal como se muestra a continuación.

$$PMT = 1602 \times \left(\frac{(1+4,65\%)^5 \times 4,65\%}{(1+4,65\%)^5 - 1} \right) = 366 \text{ UF}$$

A continuación, se muestra la tabla 4.8 de amortización con financiamiento externo 50%:

Financiamiento	50%
Número de cuotas	5
Monto crédito	1602
Tasa anual	4,65%
Valor cuota anual	366,45

cuota	Saldo deuda	valor cuota anual	Interés	Amortización	Saldo Insoluto UF
1	1.602	366	74	292	1.310
2	1.310	366	61	306	1.005
3	1.005	366	47	320	685
4	685	366	32	335	350
5	350	366	16	350	0

Tabla 4.8 Amortización financiamiento al 50%

4.5 Proyecto con financiamiento externo del 75%

En este punto se presenta el flujo de caja con alternativa del 75% de financiamiento externo.

El monto total de la inversión asciende a 3204 UF, por lo tanto, el 75% del monto total asciende a 2403 UF.

Tabla 4.9 Flujo de caja con financiamiento de 75%

Año	0	1	2	3	4	5
(+) Ingresos		1.430	1.377	1.356	1.335	1.314
(-) Egresos		-13	-13	-13	-13	-13
(=) Margen		1.417	1.364	1.343	1.322	1.301
(-) Depreciación		-330	-330	-330	-330	-330
(-) Intereses L.P.		-112	-91	-70	-48	-24
(=) Utilidad antes de impuestos		975	943	943	944	947
(-) Impuestos		-263	-255	-255	-255	-256
(=) Utilidad después de Impuestos		712	688	688	689	691
(+) Depreciación		330	330	330	330	330
(-) Inversiones	-3.204					
(+) Créditos L.P.	2.403					
(+) Créditos C.P.						
(-) Amortizaciones de créditos L.P.		-438	-458	-480	-502	-525
(=) Flujo de Caja	-801	604	560	538	517	496
(=) FC Actualizado	-801	539	447	383	329	282
(=) FC Acumulado	-801	-262	185	568	897	1.178

3 Tabla 4.9 Proyecto financiado al 75%

VAN	1.178
TIR	65%
PRI	2
IVAN	1,47

Tasa de descuento	12,00%
Impuesto	27%
Tasa de interés Anual LP	4,65%
Financiamiento	75%

Amortización del financiamiento externo del 75%

Para el cálculo de valor de la cuota con un 4,65% de interés anual, se reemplazan los datos en la fórmula del PMT definida anteriormente, tal como se muestra a continuación:

$$PMT = 2403 \times \left(\frac{(1+4,65\%)^5 \times 4,65\%}{(1+4,65\%)^5 - 1} \right) = 550 \text{ UF}$$

A continuación, se muestra la tabla 4.10 de amortización con financiamiento externo 75%:

Financiamiento	75%
Número de cuotas	5
Monto crédito	2403
Tasa anual	4,65%
Valor cuota anual	549,67

cuota	Saldo deuda	valor cuota anual	Interés	Amortización	Saldo Insoluto UF
1	2.403	550	112	438	1.965
2	1.965	550	91	458	1.507
3	1.507	550	70	480	1.027
4	1.027	550	48	502	525
5	525	550	24	525	0

4Tabla 4.10 Amortización financiamiento al 75%

4.6 Resumen de rentabilidad del proyecto

En este apartado se presenta un resumen comparativo de los principales indicadores de rentabilidad obtenidos a partir de la evaluación financiera del proyecto bajo tres escenarios distintos: proyecto puro, proyecto con financiamiento externo del 50% y proyecto con financiamiento externo del 75%. El objetivo de este análisis es identificar el impacto del apalancamiento financiero sobre la viabilidad económica del proyecto y la generación de valor para la empresa.

La Tabla 4.11 resume los valores de Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Período de Recuperación de la Inversión (PRI) para cada alternativa analizada, calculados en base a los respectivos flujos de caja y utilizando una tasa de descuento del 12%.

Tabla 4.11 Resumen de rentabilidad del proyecto

Modalidad de proyecto	VAN (UF)	TIR (%)	PRI (años)
Proyecto Puro	685	20%	4
Financiamiento de 50%	1.013	36%	3
Financiamiento de 75%	1.178	65%	2

Tabla 4.11 Resumen de rentabilidad del proyecto

Análisis comparativo

Los resultados muestran diferencias significativas en el desempeño financiero del proyecto según el nivel de financiamiento utilizado.

En primer lugar, el proyecto puro, financiado completamente con capital propio, presenta un VAN positivo de 685 UF, una TIR de 20% y un período de recuperación de 4 años.

Si bien la TIR supera la tasa de descuento utilizada, el nivel de rentabilidad es moderado y el tiempo de recuperación resulta relativamente largo, lo que refleja un proyecto viable, pero con una creación de valor limitada desde la perspectiva del inversionista.

En contraste, el escenario con financiamiento externo del 50% evidencia una mejora clara en todos los indicadores.

El VAN aumenta a 1.013 UF, la TIR se eleva a 36% y el PRI se reduce a 3 años.

Esto confirma que el apalancamiento financiero permite potenciar la rentabilidad del accionista,

gracias a la menor inversión de capital propio y al efecto del escudo fiscal generado por los intereses de la deuda.

Aunque el riesgo financiero aumenta, la eficiencia del capital invertido mejora sustancialmente. Finalmente, el escenario con financiamiento externo del 75% ofrece los resultados más favorables.

El VAN alcanza 1.178 UF, la TIR se incrementa hasta un 65%, y el PRI cae a solo 2 años, mostrando un proyecto altamente atractivo desde la perspectiva del accionista. Este desempeño superior se explica por tres factores principales:

- Menor capital propio comprometido,
- Mayor impacto del escudo tributario, y
- Una estructura de deuda que amplifica la rentabilidad mientras el costo financiero es inferior a la TIR del proyecto puro.

En función de los resultados, se concluye que:

- Todas las modalidades generan valor económico (todos los VAN son positivos).
- Sin embargo, la alternativa más conveniente para el inversionista es la del 75% de financiamiento externo, ya que maximiza la rentabilidad, aumenta significativamente el VAN y reduce el tiempo de recuperación de la inversión.

Por tanto, un mayor nivel de apalancamiento en un proyecto con una TIR superior al costo de la deuda se constituye como un factor determinante para mejorar la conveniencia financiera y justificar la implementación del proyecto.

4.7 Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad permite evaluar la estabilidad del proyecto frente a variaciones en las variables que determinan sus flujos de caja. Para este estudio se examinó el comportamiento del Valor Actual Neto (VAN) ante cambios en dos componentes críticos del flujo puro (sin financiamiento):

1. los ingresos, entendidos como los ahorros operacionales derivados de la implementación del nuevo equipo, y
2. los egresos incrementales, correspondientes a los costos adicionales de operación y mantenimiento asociados al proyecto.

Los resultados se obtuvieron aplicando los mismos supuestos del Capítulo 4, que incluyen una inversión inicial de 3.204 UF, depreciación acelerada de 330 UF/año, tasa de descuento del 12% e impuesto a la renta del 27%, parámetros que reproducen un VAN base aproximado de 685 UF

Sensibilidad del VAN ante variación de ingresos (ahorros)

La Ilustración 14 muestra el efecto de la variación porcentual de los ingresos sobre el VAN. La relación observada es prácticamente lineal dentro del rango analizado y presenta dos puntos particularmente relevantes:

1. Escenario base (0%): el VAN asciende a 684,6 UF, valor obtenido en el flujo económico calculado para el proyecto puro.
2. Punto de quiebre: una disminución de -19,0% en los ingresos provoca que el VAN sea igual a cero, indicando el límite a partir del cual el proyecto deja de generar valor económico.

Implicancias operacionales: El proyecto demuestra una alta sensibilidad frente a variaciones en los ingresos debido a que éstos constituyen la principal fuente de beneficios económicos. En este contexto, una menor reducción de fallas, menor disponibilidad o menores ahorros reales respecto a los proyectados podría erosionar rápidamente la rentabilidad y llevar el VAN a valores negativos. Por ello, asegurar la estabilidad operacional del nuevo equipo y cumplir las expectativas de ahorro es fundamental para mantener la viabilidad económica del proyecto.

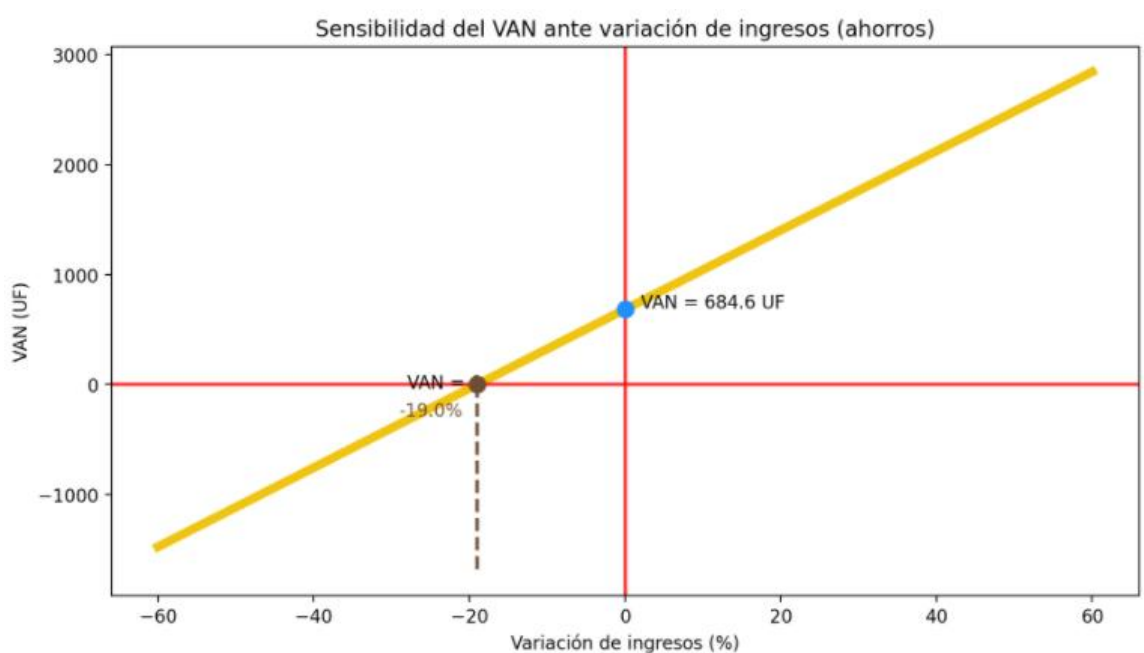


Ilustración 14 Sensibilidad del VAN ante variación de ingresos (ahorros).

Sensibilidad del VAN ante variación de egresos

La Ilustración 15 presenta la relación entre la variación de los egresos incrementales y el VAN. En contraste con el comportamiento observado frente a los ingresos, el proyecto muestra una muy baja sensibilidad a esta variable. El punto de quiebre se encuentra en un incremento de aproximadamente +2.001,2% en los egresos anuales base, valor a partir del cual el VAN se vuelve igual a cero.

Este resultado se explica porque los egresos incrementales del proyecto (del orden de 13 UF/año) son significativamente menores en magnitud que los ahorros generados por la mejora tecnológica. En consecuencia, aumentos razonables en los costos operacionales o de mantenimiento no representan una amenaza significativa para la rentabilidad del proyecto, incluso bajo escenarios adversos.

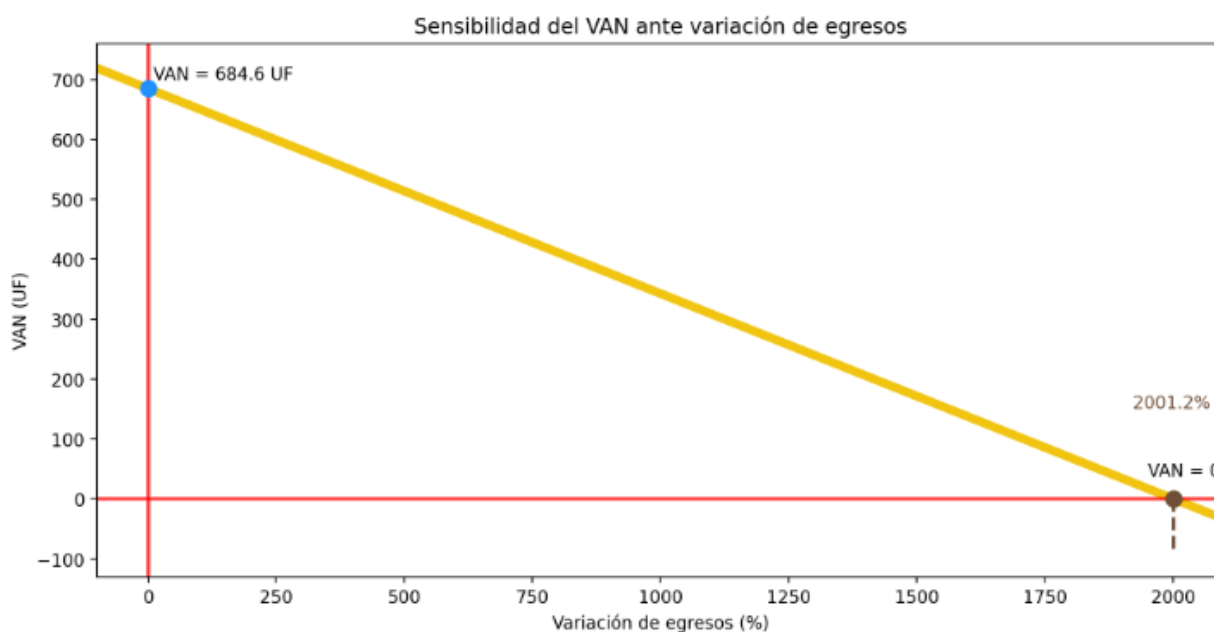


Ilustración 15 Sensibilidad del VAN ante variación de egresos

Conclusión del análisis de sensibilidad

El proyecto es altamente sensible a los ingresos, ya que los ahorros operacionales explican la mayor parte de los beneficios económicos. Una disminución del 19% en dichos ahorros es suficiente para llevar el VAN a cero, lo que resalta la importancia de garantizar el desempeño técnico del nuevo equipo y la reducción efectiva de detenciones y pérdidas productivas.

En contraste, el proyecto es muy poco sensible a los egresos incrementales, los cuales tendrían que incrementarse más de veinte veces para comprometer la rentabilidad. Esto indica que los costos adicionales asociados al proyecto no representan un riesgo relevante para su viabilidad económica.

En conjunto, los resultados confirman que la variable crítica del proyecto es la generación de ahorros efectivos, por lo que la gestión operativa y el control del desempeño del equipo Hidro V son factores determinantes para asegurar el cumplimiento de los beneficios proyectados.

4.8 Conclusión

La implementación del generador de ozono Hidro V en la planta Embonor Viña del Mar cumple plenamente con los indicadores de éxito establecidos en el estudio. En el ámbito técnico-operativo, el equipo aumenta la disponibilidad a 95,4 %, reduce fallas y detenciones no programadas y mejora la estabilidad del proceso de ozonización, fortaleciendo la continuidad productiva.

En materia de calidad e inocuidad, el control automatizado y la capacidad de mantener concentraciones estables de ozono dentro del rango exigido garantizan el cumplimiento normativo (HACCP, ISO 22000) y reducen desviaciones microbiológicas, asegurando la seguridad alimentaria.

Desde la perspectiva económica, el proyecto genera 681 UF anuales por reducción de pérdidas y eficiencia operacional. Aunque el proyecto puro presenta una rentabilidad moderada (VAN 685 UF, TIR 20 %), la incorporación de financiamiento externo incrementa significativamente el valor para el accionista, alcanzando su mejor desempeño con un 75 % de deuda (VAN 1.178 UF, TIR 65 %, recuperación en 2 años).

Finalmente, el proyecto contribuye a los objetivos ambientales y de sostenibilidad, optimizando el uso de energía y disminuyendo el consumo de insumos químicos alternativos. En conjunto, la sustitución del CD30NX por el Hidro V se confirma como una mejora estratégica que incrementa la eficiencia, asegura la inocuidad del producto y maximiza la rentabilidad del proyecto.

Bibliografía

(s.f.). Obtenido de <https://www.coca-colacompany.com/about-us/sustainability>

(s.f.). Obtenido de <https://www.iso.org/es/cambio-climatico/sistema-de-gestion-ambiental-sga>

(OECD), R. d. (s.f.). <https://tradingeconomics.com/>. Obtenido de <https://tradingeconomics.com/chile/government-bond-yield>

Andina, D. d. (s.f.). *Levantamiento de activos Criticos*. Santiago.

Arancibia, S. A. (23 de septiembre de 2025). <https://daemvillarrica.cl/>. Obtenido de Tendencias y Realidades del Consumo de Agua Embotellada en Chile: Un Enfoque Regional y Nacional: <https://daemvillarrica.cl/blog/post/29651/tendencias-y-realidades-del-consumo-de-agua-embotellada-en-chile-un-enfoque-regional-y-nacional/>

Chile, D. O. (s.f.). *gurufocus*. Obtenido de https://www.gurufocus.com:https://www.gurufocus.com/economic_indicators/5902/chile-total-equity-risk-premium?utm_source=chatgpt.com

Coca-Cola Company. (s.f.). Obtenido de <https://www.coca-colacompany.com/about-us>

Coca-Cola Embonor S.A. (s.f.). Obtenido de <https://www.embonor.cl/historia/historia-de-embonor>

Coca-Cola Embonor S.A. (2023). Estrategia y sostenibilidad corporativa. (s.f.). <https://www.embonor.cl/estrategia>.

Damodaran, A. (s.f.). Obtenido de https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html

Embonor. (s.f.). Obtenido de www.embonor.cl: <https://www.embonor.cl/estrategia>

Embonor. (s.f.). Obtenido de <https://www.embonor.cl/mision-y-valores>

Embonor. (s.f.). Obtenido de <https://www.embonor.cl/cultura-embonor>

Embonor. (s.f.). Obtenido de <https://www.embonor.cl/medio-ambiente>

Isamit, S., borbaran, M., Molina, M., & Alfaro, A. (2024). *Purificación del Agua Informe sobre procesos industriales*. Valparaíso.

servicios.cmfchile. (s.f.). Obtenido de <https://servicios.cmfchile.cl/>

shoplogix.com. (2025). Obtenido de <https://shoplogix.com/es/support/>

SII Servicios de Impuestos Internos. (s.f.). Obtenido de www.sii.cl:https://www.sii.cl/valores_y_fechas/tabla_vida_util_activo_inmovilizado.html