

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**ESTUDIO Y ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE AGUAS EN LA
LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE UNA PLANTA DE COSMÉTICOS**

**Presentado Ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por los Brs. Córdova F., José I.
Rodríguez G., Erick J.
para optar al título
de Ingeniero Mecánico**

Caracas 2003

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**ESTUDIO Y ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE AGUAS EN LA
LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE UNA PLANTA DE COSMÉTICOS**

TUTOR ACADÉMICO: Prof. José Luis Perera

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Francisco Rodríguez

**Presentado Ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por los Brs. Córdova F., José I.
Rodríguez G., Erick J.
para optar al título
de Ingeniero Mecánico**

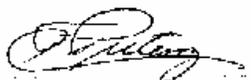
Caracas 2003

Caracas, Diciembre de 2003

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de la Escuela de Ingeniería Mecánica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado, presentado por los Bachilleres José I. Córdova F., y Erick J. Rodríguez G., Titulado:

“ESTUDIO Y ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE AGUAS EN LA LINEA DE PRODUCCIÓN DE UNA PLANTA DE COSMÉTICOS”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios, conducente al Título de Ingeniero Mecánico.



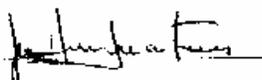
Prof. Frank Pietersz

Jurado



Prof. Cristóbal Quevedo

Jurado



Prof. José Luis Perera

Tutor Académico

Córdova F., José I. y Rodríguez G., Erick J.

ESTUDIO Y ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE AGUAS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA DE COSMÉTICOS.

Tutor Académico: Prof. Perera, José L. Tesis. Caracas, U.C.V.

Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica. 2003.

Agua desmineralizada, Tratamientos de Aguas.

Se realizó el estudio y actualización del sistema de aguas utilizadas en la línea de producción de la empresa AVON COSMETICS DE VENEZUELA ubicada en la localidad de Guatire. Para tal fin, se analizaron tres propuestas básicas, la repotenciación de la planta desmineralizadora existente, el reemplazo por otra unidad que trabaje bajo el mismo principio u otra opción de tratamiento de aguas. La factibilidad de incorporación al sistema de aguas los recursos disponibles en un pozo de aguas profundas existente dentro de las instalaciones de la empresa; así como también todos los aspectos relacionados al equipamiento necesario para la implementación de éstas.

Se estudiaron y evaluaron las diferentes características de los sistemas de tratamientos de aguas para usos industriales que se proponen para ser adoptados en la empresa, así como las características de los sistemas de aguas subterráneas, su utilización y tratamientos.

Basándose en este estudio, se determinó y propusieron las mejores opciones existentes para aumentar la oferta de agua desmineralizada, así como un suministro mixto de agua de operación y disminuir de esta forma los costos que por consumo se cancelan a la empresa Hidrocapital.

Finalmente, se realizaron los análisis de costos e inversión de las distintas propuestas y se hicieron las sugerencias finales para la puesta en marcha del proyecto.

DEDICATORIA

A Dios y la santísima virgen, por darme la oportunidad de estar y disfrutar este logro con los seres que más quiero. Mis padres y mi familia.

Con todo el amor del mundo le dedico este esfuerzo y final logro a mis padres Nacho y Onelia, ya que gracias a ellos soy lo que soy y todo lo que seré en el futuro.

A la Negra y Kari para que tengan en cuenta que siempre los esfuerzos bien orientados tienen su recompensa, luchen.

José Ignacio “Nacho” Córdova Fariñas

A mis Padres, Mónica y Efrén... por ser las personas a quienes les debo lo que soy y ser ejemplo durante toda mi vida.

A mis hermanos... Janet, Efrén y Javier... y a toda mi familia.

Erick José Rodríguez García.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y la Santísima virgen....A mis padres Nacho y Onelia por ser los mejores, por darme todo el amor, el apoyo y el ejemplo necesario a cada paso de mi vida para llegar hasta este logro. No hay palabras para decirle todo lo que los amo. Gracias!!!.

A la Universidad Central de Venezuela por abrirme sus puertas y permitir mi desarrollo académico y personal durante estos años, para llegar finalmente a lograr este anhelo.

A mi tutor José Luis Perera por apoyarnos en este trabajo.

Al Ingeniero Carlos Sánchez en la empresa Hidrocapital por toda su ayuda.

A los Ingenieros Flubio Lobo, Jeanine Barranco, Francisco Rodríguez, Manuel Medina, Mayra Calderón, Rossina Della Morte y Jesús Tamayo. A la Lic. Eva Hernández y al Sr. Antonio Seoane. A los equipos del Departamento de Ingeniería de Planta, Departamento de Procesos; y demás personas pertenecientes a la familia de Avon Cosmetic de Venezuela y fuera de ella, que contribuyeron de alguna manera a la exitosa culminación de este trabajo. A mis amigos que más que compañeros de estudios han sido mis hermanos, y han estado allí en las buenas y en las malas.

José Ignacio “Nacho” Córdova Fariñas

A Dios todopoderoso... a mis padres Mónica y Efrén – los quiero mucho – por estar siempre conmigo y apoyarme. A mis hermanos... Janet, Efrén y Javier y a toda mi familia.

A la Universidad Central de Venezuela - mi alma máter – por ser la casa donde me formé para el logro de esta meta.

A mi tutor José Luis Perera... mis amigos y todas aquellas personas que de una u otra forma me ayudaron y apoyaron para hacer realidad este trabajo.

Erick José Rodríguez García.

INDICE

RESUMEN.....	I
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
NOMENCLATURA	VII
INDICE DE FIGURAS	VIII
INDICE DE TABLAS	IX
INTRODUCCIÓN.....	1
Capitulo I	3
IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA.....	3
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Misión.....	4
1.3 Visión.....	5
1.4 Valores de la organización.....	5
1.5 Principios de la organización.....	5
1.6 Estructura organizativa de Avon Cosmetic de Cenezuela C.A.	6
1.7 Estructura organizativa de la gerencia de Ingeniería de Planta	6
Capítulo II.....	9
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
2.1 Objetivos.....	9
2.2 Objetivos Específicos	9
2.3 Justificación	9
2.4 Alcances.....	10
2.5 Limitaciones.....	10

Capítulo III.....	11
SITUACIÓN ACTUAL.....	11
Capítulo IV	15
MARCO METODOLÓGICO.....	15
Capítulo V.....	17
PRINCIPALES SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS	17
5.1 Purificación del agua por ósmosis inversa.....	18
5.1.1 Ósmosis.....	18
5.1.2 Ósmosis inversa.....	19
5.1.3 Membrana de la ósmosis inversa.....	19
5.1.4 Membranas.....	20
5.1.5 Utilización de las membranas.....	20
5.2 Purificación del agua por electrodiálisis	21
5.2.1 Electrodiálisis.....	21
5.2.3 Principio de funcionamiento	22
5.3 Purificación del agua por intercambio iónico	23
5.4 Tratamiento magnético del agua.....	24
Capitulo VI	26
REPOTENCIAR EL SISTEMA DESMINERALIZADOR ACTUAL.....	26
6.1 Cambio de resinas.....	26
6.2 Filtro de carbón activado	29
6.3 Tanque de fibra	29
6.4 Verificación de los tratamientos físicos al agua de alimentación.....	30
6.5 Complementar el equipo actual con ósmosis inversa	31
6.6 Complementar el equipo actual con intercambio iónico	32

Capitulo VII	34
SUSTITUCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS	34
7.1 Sustitución por ósmosis inversa.....	36
7.2 Sustitución por electrodiálisis.....	36
7.3 Sustitución por intercambio iónico.....	37
7.4 Selección del sistema de tratamiento de agua para la sustitución.....	37
 Capitulo VIII.....	 40
INCORPORACIÓN DEL POZO DE AGUAS PROFUNDAS A LA LINEA DE PRODUCCIÓN	 40
8.1 Cálculos de verificación.....	41
 Capitulo IX	 52
ANÁLISIS ECONÓMICO	52
9.1 Repotenciar el sistema actual.....	56
9.2 Sustitución del sistema de tratamiento.....	56
9.3 Incorporación del pozo de aguas profundas	58
 Capítulo X.....	 59
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
 BIBLIOGRAFÍA	 63
ANEXOS.....	65

NOMENCLATURA

f = Factor de fricción

g = Aceleración de gravedad (m/s^2)

H = Altura (m)

h_f = Pérdidas de carga (m)

K = Coeficiente de pérdida de carga

L = Longitud (m)

L_e = Longitud equivalente (m)

n = Velocidad de rotación (rpm)

NPSH = Carga Neta Positiva de Succión (m)

P = Potencia (W, HP)

p = Presión (N/m^2)

Q = Caudal (m^3/s , L/h)

S_q = Número específico de succión.

TSD = Total de sólidos disueltos (mg/L, ppm)

γ = Peso específico. (N/m^3)

ΔZ = Diferencia de altura (m)

η = Eficiencia

ω = velocidad angular (rad/s)

INDICE DE FIGURAS

<u>Figura</u>	<u>Título</u>	<u>Pag.</u>
Figura 1.	Estructura Organizativa de AVON Cosmetic de Venezuela C.A.	7
Figura 2.	Estructura Organizativa de la Gerencia de Ingeniería de Planta.	8
Figura 3.	Ubicación predeterminada de la planta desmineralizadora de agua.	13
Figura 4.	Equipo desmineralizador actual.	13
Figura 5.	Filtro de carbón activado.	14
Figura 6.	Tanque para clorinación. Cap. 10.000 L	14
Figura 7.	Membrana para Ósmosis Inversa	20
Figura 8.	Modelo de módulo para la electrodiálisis.	22
Figura 9.	Módulo de electrodiálisis	22
Figura 10.	Filtros externos. Tratamiento físico al agua de alimentación.	31
Figura 11.	Consumo histórico de agua desmineralizada (1901).	35
Figura 12.	Histórico de producción Lotes, Kg, Unidades.	35
Figura 13.	Representación de la capacidad de generación del Equipo de Ósmosis Inversa frente a la capacidad actual y los posibles incrementos futuros.	39
Figura 14.	Pozo de aguas profundas.	40
Figura 15.	Instalación del Sistema.	41
Figura 16.	Curva del Sistema.	45
Figura 17.	Ubicación del pozo perteneciente a la empresa AVON Cosmetics.	48
Figura 18.	Estimación de Crecimiento de Ganancias por los Productos 1901.	54
Figura 19.	Aumento Estimado de la Demanda en L/h de Agua Desmineralizada (1901).	55
Figura 20.	Equipo de Ósmosis Inversa referencial.	58

INDICE DE TABLAS

<u>Cuadro</u>	<u>Título</u>	<u>Pag.</u>
Cuadro 1.	Características del agua requerida para la producción.....	17
Cuadro 2.	Características del agua de suministro de la Empresa Hidrocapital.	17
Cuadro 2.	Cotizaciones de Resinas.....	28
Cuadro 3.	Cotizaciones de Carbón Activado.....	29
Cuadro 4.	Cotizaciones de Tanques de Fibra.	30
Cuadro 5.	Cotizaciones de equipos de Ósmosis Inversa.	32
Cuadro 6.	Cotización de equipo de Intercambio Iónico.	33
Cuadro 7.	Historial de consumo de agua desmineralizada (1901)	34
Cuadro 8.	Cotizaciones de equipos de Ósmosis Inversa	38
Cuadro 9.	Registro del Pozo.	40
Cuadro 10.	Datos de la bomba sumergible.....	45
Cuadro 11.	Histórico Consumo de Agua.....	47
Cuadro 12.	Comparación calidad para agua potable. Parámetros físico químicos.....	49
Cuadro 13.	Comparación calidad para agua potable. Calidad Microbiológica	50
Cuadro 14.	Costo Unitario Productos 1901.....	53
Cuadro 15.	Inversión para Repotenciar Sistema Actual.....	56
Cuadro 16.	Inversión para Sustituir Sistema Actual.....	57
Cuadro 17.	Inversión para Incorporar las Aguas del Pozo Profundo.	58

INTRODUCCIÓN

La planta AVON Cosmetic de Venezuela, ubicada en la localidad de Guatire, Edo. Miranda, produce y distribuye sus productos a nivel nacional. El agua juega un papel fundamental en el proceso de productivo de la empresa, ya que casi el 80% de su producción total esta representada por productos que tienen agua como componente principal para su fabricación.

El agua utilizada para la fabricación no puede ser agua cruda o sin tratamiento, puesto que para la manufactura de cosméticos, se establece de forma rigurosa el uso de agua desmineralizada (código 1901 dentro de la empresa), para tal fin se debe tratar previo a su entrada a los equipos destinados a realizar el proceso de manufactura y producción, para garantizar de esta manera cumplir con los estándares de producción y calidad requeridos, y de igual forma proteger y alargar la vida útil de los equipos.

Este tratamiento es realizado actualmente en una planta desmineralizadora, la cual data desde el inicio de las operaciones de la industria en su sede actual. En la actualidad el requerimiento de agua para la producción se ubica aproximadamente en 150.000 L/regeneración, esta agua proviene de la red de suministro de la empresa Hidrocapital, y la misma viene presentando diversos problemas de impurezas, lo cual aunado a la antigüedad de la planta desmineralizadora degenera en continuas paradas de mantenimiento.

En la búsqueda de solventar la problemática que enfrenta la empresa, con el ánimo de sustentar los incrementos de demanda planteados actualmente y considerando sus planes de crecimiento a futuro; se plantea la necesidad de realizar propuestas destinadas a incrementar la oferta de agua desmineralizada con que pueda contar la empresa para de esta forma absorber de manera eficaz la demanda y crecimientos propuestos.

De esta forma el siguiente trabajo se encuentra estructurado por diez (10) capítulos, en los cuales se plantean las diferentes etapas del proyecto.

Capítulo I: Se presenta la descripción de la empresa en la cual se realiza el proyecto, así como la misión, visión, valores y principios que caracterizan a la organización. Así mismo se describe el área de aplicación del proyecto, la cual corresponde a la Gerencia de Ingeniería de Planta de la empresa.

Capítulo II: Se realiza el planteamiento del problema y se consideran los objetivos, alcances, justificación y limitaciones del trabajo a desarrollar.

Capítulo III: Se realiza una evaluación de la situación actual de la planta desmineralizadora, sus componentes, así como la problemática que afronta la empresa.

Capítulo IV: Se presenta el marco metodológico del trabajo.

Capítulo V: Se muestran las condiciones tanto del agua necesaria para la producción de la empresa, como del agua de suministro proveniente de la empresa Hidrocapital y se describen los principales tratamientos de agua aplicables a los requerimientos de la empresa.

Capítulo VI: Se considera la propuesta para repotenciar el sistema desmineralizador existente, evaluando los diferentes equipos y componentes involucrados en el desarrollo de esta propuesta.

Capítulo VII: Se plantea la propuesta para sustituir el sistema desmineralizador actual, considerando entre los diferentes sistemas de tratamiento de agua aplicables para la empresa, el que presenta mayores beneficios si se decide su implementación dentro de la empresa.

Capítulo VIII: Se plantea la posibilidad de incorporar al sistema de aguas, los recursos provenientes de un pozo de aguas profundas perteneciente a la empresa, realizando la verificación de sus condiciones generales y de los equipos instalados en el sistema.

Capítulo IX: Se realiza un análisis de costos de cada una de las propuestas planteadas.

Finalmente, en el capítulo X, se presentan las conclusiones y recomendaciones obtenidas una vez culminado este trabajo.

Capítulo I

IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

1.1 ANTECEDENTES.

AVON COSMETICS DE VENEZUELA C.A. debe sus inicios gracias al ingenio de un joven empresario llamado David McConnell, quien observó que su negocio de ventas de libros puerta por puerta, generaba ingresos gracias a los obsequios (perfumes) entregados como gesto amistoso hacia sus clientes. En vista de ello, en 1886, tomó la iniciativa de fundar la compañía “California Perfume Company” ubicada en Manhattan (New York) comenzando con la venta de cinco fragancias. McConnell confió las ventas a su antigua colaboradora la Sra. Albee, surgiendo así la primera Representante de Ventas, y en poco tiempo, motivadas por su ejemplo y el éxito de los productos, el número de ellas se fue incrementando. En el año de 1936, McConnell cambia el nombre de la compañía por el de AVON Products Inc.

El 24 de septiembre de 1954, AVON inició sus operaciones de venta de puerta en puerta en Venezuela identificada como AVON COSMETICS S.A. y para el año de 1956 la empresa fabrica por primera vez en el país, algunos productos de su línea (fragancias y cosméticos) ubicada en la zona de Las Acacias, Caracas. Además, resulta escogida por Avon Products Inc. para ser la primera subsidiaria en Latinoamérica, integrándose a una empresa transnacional, cuya Casa Matriz se encuentra en los Estados Unidos.

La aceptación y el éxito de sus productos fueron de tal magnitud, que incrementaron sus ventas, ocasionando el traslado de la compañía a instalaciones más amplias, ubicadas en Los Ruices (en el año 1958) y posteriormente a Boleíta Norte (en el año 1967) con la finalidad de satisfacer la demanda.

Debido al auge de crecimiento presente en la empresa a partir de su incursión en el mercado venezolano, en el año de 1983, AVON COSMETICS DE VENEZUELA C.A. fue trasladada a una nueva instalación ubicada en la Intercomunal Guarenas-Guatire, Urbanización El Marqués, Sector entre Ríos, Edo. Miranda donde ocupa una extensión de

65.000 m², desde donde actualmente desarrolla sus actividades de producción, almacenaje y distribución de sus productos siguiendo las directrices de la Casa Matriz.

Actualmente cuenta con una extensa línea de productos (un 80% de los productos cosméticos, cuidado de la piel, fragancias y misceláneos), incluyendo artículos para el hogar, joyerías y prendas de vestir, inspirados en la mujer.

A lo largo de sus 49 años en el país se ha mantenido líder en el mercado. Actualmente emplea aproximadamente 1200 personas distribuidas entre las áreas operativas y administrativas, incluyendo los dedicados a la comercialización de los productos.

La ventaja competitiva de Avon esta en ofrecer un servicio personalizado a sus consumidores cuando, donde y como ellos lo deseen. Siendo la Representante de Ventas de Avon el alma y la fuerza orientadora de la Empresa, la base de la exclusividad, dirigida a servir a los consumidores, por ello la Empresa le ofrece entrenamiento, apoyo, motivación y una oportunidad de ganancia que le ayuda a ser mejor.

1.2 MISIÓN.

La misión de la Empresa define sus objetivos a largo plazo en función de las necesidades de sus clientes, asociados, revendedores, accionistas y mujeres en todo el mundo. Sirve de puente entre la visión y los planes de negocio, tal como están definidos en la estrategia corporativa y la Agenda Operativa Anual.

AVON COSMETICS DE VENEZUELA C.A. tiene como misión ser:

- La compañía líder en belleza.
- La elección de compra de la mujer.
- La principal compañía de venta directa.
- La mejor compañía donde trabajar.
- La más importante Fundación para la Mujer.
- La compañía más admirada.

1.3 VISIÓN

La visión representa la mayor aspiración de la Empresa, es el propósito, la razón de ser de la misma y expresa la influencia que ejerce en todo el mundo.

AVON COSMETICS DE VENEZUELA C.A. tiene como visión:

“Ser la empresa que mejor comprende y satisface las necesidades de productos y servicios para la realización personal de la mujer, en todo el mundo”.

Esta visión expresa el compromiso en llegar a más mujeres para servirles con mayor eficiencia que cualquier otra compañía del mundo, construyendo vínculos de confianza, respeto y consideración, y creando relaciones que perduren toda la vida.

1.4 VALORES DE LA ORGANIZACIÓN

Los valores conforman el conjunto de creencias que caracteriza la cultura, y guía las actitudes y acciones del recurso humano de la organización, ellos son: Confianza. Respeto, Credibilidad, Humildad e Integridad.

1.5 PRINCIPIOS DE LA ORGANIZACIÓN

- Ofrecer a las personas oportunidades de ganancias, bienestar y progreso.
- Proporcionar a las familias de todo el mundo, productos de alta calidad respaldados por una garantía de satisfacción.
- Brindar a sus clientes un servicio que se destaque por su utilidad y cortesía.
- Otorgar pleno reconocimiento a empleados y Revendedoras, de cuya contribución Avon depende.
- Compartir con otros las recompensas del crecimiento y el éxito.
- Cumplir plenamente con las obligaciones de una empresa, contribuyendo al bienestar de la sociedad y del entorno en el cual funciona.
- Mantener y fomentar el espíritu amigable de Avon.

1.6 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE AVON COSMETIC DE VENEZUELA C.A.

La estructura organizativa de la empresa AVON COSMETICS DE VENEZUELA C.A. está compuesta en la actualidad por una alta gerencia (Gerencia General) encargada de la administración de las diversas Direcciones: Recursos Humanos, Finanzas, Mercadeo, Materiales, Manufactura y Ventas. A su vez, la Gerencia de Ingeniería de Planta (área de aplicación del proyecto) es dependiente de la Dirección de Manufactura junto con las Gerencias de Empaque, Proceso, Despacho, Servicio a la Representante, Transporte, e Ingeniería de Empaque. (Ver Figura 1).

1.7 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE LA GERENCIA DE INGENIERÍA DE PLANTA

En lo que respecta a la estructura organizativa de la Gerencia de Ingeniería de Planta de la empresa AVON COSMETICS DE VENEZUELA C.A., esta depende directamente de la Dirección de Manufactura encargada de las operaciones técnicas para el desarrollo y elaboración de un producto y servicio de calidad. En el organigrama se observan cinco áreas: Servicios Industriales, Repuestos y Suministros, Servicio y Mantenimiento Eléctrico, Higiene y Seguridad Industrial y Servicios Generales. (Ver Figura 2).

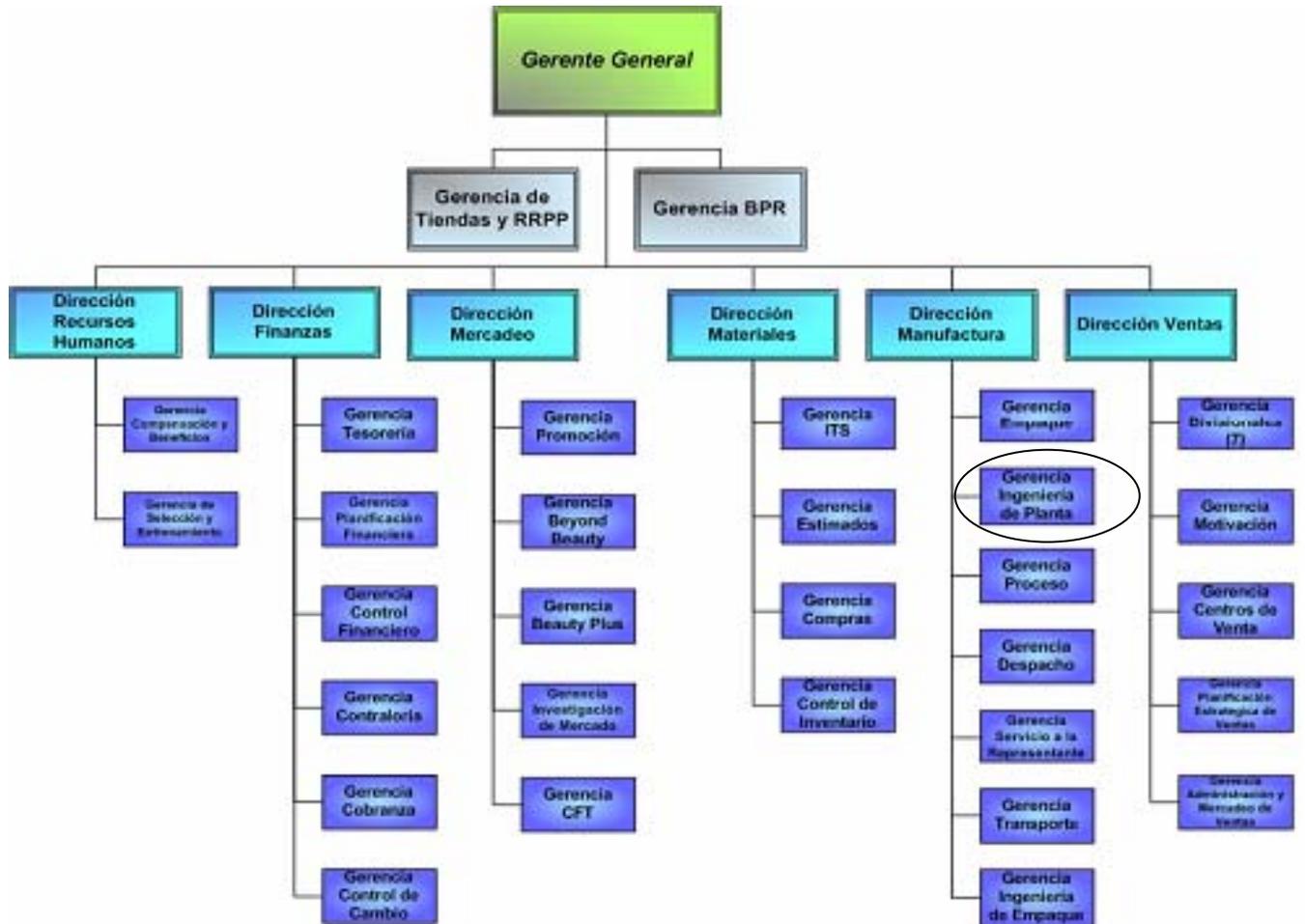


Figura 1. Estructura Organizativa de AVON Cosmetic de Venezuela C.A.

Fuente: Dirección de Recursos Humanos de AVON Cosmetics de Venezuela C.A.

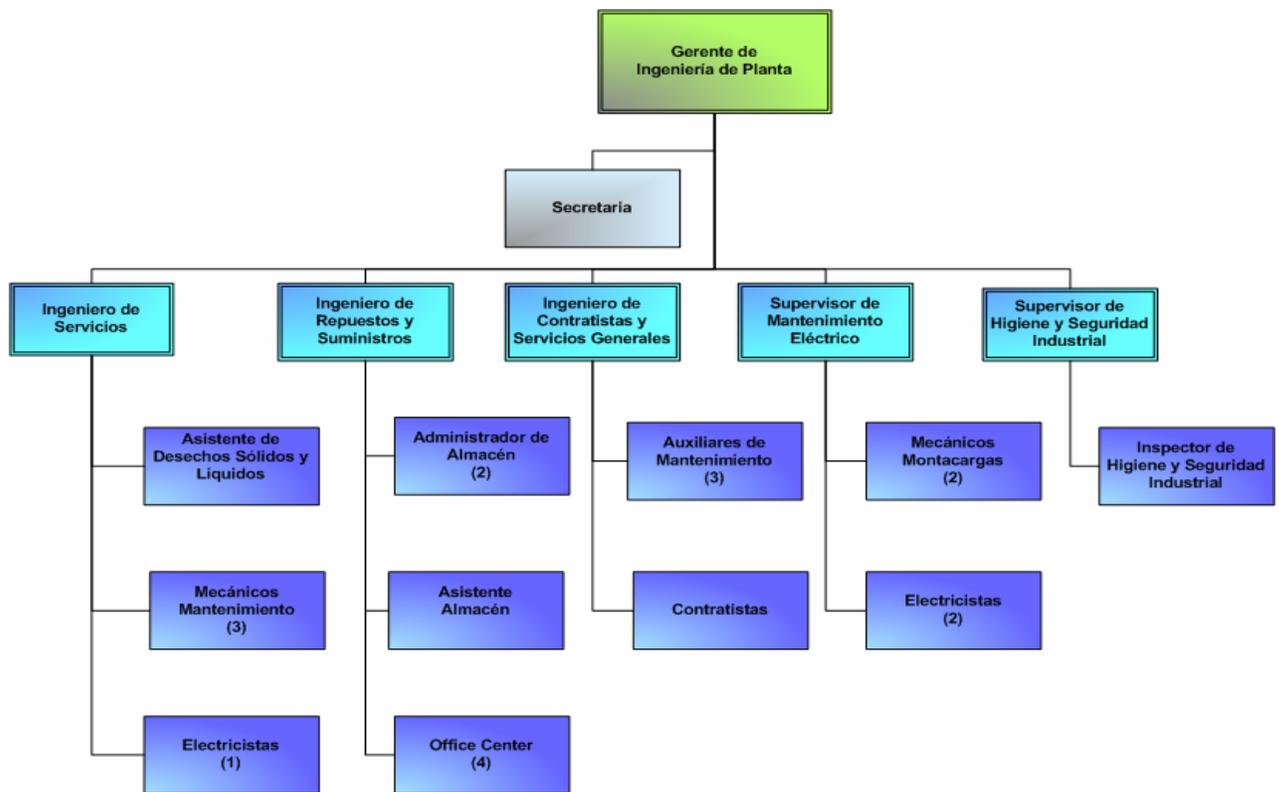


Figura 2. Estructura Organizativa de la Gerencia de Ingeniería de Planta.

Fuente: Dirección de Recursos Humanos de AVON Cosmetics de Venezuela C.A.

Capítulo II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 OBJETIVOS

Realizar un estudio y actualización del sistema de aguas destinado a la fabricación de productos de la planta AVON COSMETICS DE VENEZUELA.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Realizar un análisis de costos para repotenciar la planta desmineralizadora en operación.
- 2) Realizar un análisis de costos para la sustitución de la planta desmineralizadora por una nueva unidad.
- 3) Aforar el pozo de aguas profundas existente en la empresa.
- 4) Realizar el diseño del sistema de tuberías para la utilización de un pozo de aguas profundas existente en la empresa y su incorporación al sistema de aguas para la fabricación de productos de la planta AVON COSMETICS DE VENEZUELA.
- 5) Realizar un estudio de económico del sistema propuesto.
- 6) Realizar un plan de mantenimiento para el sistema.

2.3 JUSTIFICACIÓN

Con el paso de los años y gracias a la tradición de calidad y seriedad que caracteriza a esta empresa y sus productos, la demanda y aceptación del mercado venezolano se ha visto en franco ascenso, lo cual ha ubicado la producción actual entre 2 y 3 millones de productos por campaña. Las campañas tienen un promedio de realización de dos (2) campañas por mes y representan la estrategia de ventas y colocación en el mercado de los cosméticos elaborados.

Ante este panorama, y con sobrada razón, la empresa se encuentra en un plan de evaluación de varios proyectos que le permitan el mejoramiento de su planta física, así como un mayor rango de independencia en sus operaciones, lo cual les preparara para seguir

ampliando la producción y satisfacer las exigencias del mercado con la misma responsabilidad y calidad de siempre. Dentro de este esquema se enmarca la necesidad de estudiar y actualizar el sistema de tratamiento de aguas usadas en el proceso de fabricación, puesto que debido a la vieja data del equipo existente, su desempeño se ha visto disminuido en su eficacia.

Este estudio tiene vital importancia ya que el agua como tal es la fuente primordial en la cual se sustenta todo el proceso productivo y de manufactura de los cosméticos, y su calidad determinara el éxito o fracaso de dicho proceso.

2.4 ALCANCES

Con el desarrollo de este proyecto se verificará el estado operativo de la planta desmineralizadora utilizada actualmente en la empresa, al igual que los requerimientos necesarios para la producción actual. También se busca evaluar y seleccionar los recursos necesarios y disponibles para la repotenciación de la planta desmineralizadora en operación, su sustitución, y evaluar las condiciones de las aguas del pozo profundo existente en la planta. Asimismo seleccionar el número y tipo de bombas, para la utilización del pozo de aguas profundas en el sistema de producción.

Se realizará y presentara un análisis de costos de las distintas propuestas a considerar para el proceso de tratamiento del agua que se utilizara en la línea de producción, y se esbozaran así las propuestas finales a realizar en el corto y mediano plazo.

2.5 LIMITACIONES

En vista de la situación actual del país, y aunado a la puesta en marcha, en forma simultánea, de los proyectos de centralización de aire acondicionado y de la adquisición de un generador eléctrico; es posible que ocurran retrasos en las diferentes etapas del proyecto, así como cambios en sus planteamientos iniciales y su posterior ejecución.

Capítulo III

SITUACIÓN ACTUAL

En la actualidad la empresa AVON COSMETICS DE VENEZUELA cuenta con una unidad de tratamiento de agua, basada en columnas de intercambio iónico [18], la cual tiene una data de servicio anterior a la mudanza de la empresa a principios de los años 80, desde Boleita, hasta su ubicación actual de la Intercomunal Guarenas-Guatire.

Con el paso de los años desde su instauración en el país, la Empresa ha experimentado un marcado incremento en su actividad y actualmente se ha incrementado la producción en más de un 20%, lo que obliga inevitablemente a tener que planificar trabajos en nuevos turnos, en horas de la noche y los fines de semana, lo cual aumenta en gran medida el requerimiento de agua desmineralizada, el cual se ubica aproximadamente en 150.000 L/regeneración, para tratar de satisfacer cabalmente la demanda propuesta. Esta situación, aunada a que el agua proveniente de la red de suministro de la empresa Hidrocapital presenta muchos problemas de impurezas, degenera en continuas paradas de mantenimiento para garantizar las condiciones del agua obtenida, la inocuidad de los productos y mantener el estándar de calidad AVON, característico con el pasar de los años.

Dicha circunstancia es verdaderamente traumática para el proceso productivo y la planificación de crecimiento de la empresa dada la prioridad que representa el agua desmineralizada para este propósito, puesto que en cada acción de regeneración del equipo desmineralizador, se invierten 5 horas, esto representa medio día de trabajo, tiempo en el cual sólo se cuenta con los 10.000 L del tanque de fibra para poder fabricar, y de igual forma se distrae de sus otras actividades al supervisor del área, puesto que es el único encargado de realizar las maniobras de regeneración de la planta desmineralizadora.

La parte de instrumentación y control de la planta desmineralizadora existente presenta un evidente deterioro a nivel de representación gráfica de las escalas de control en el panel central de la unidad (escalas de sensibilidad de conductividad).

Basándose en estudios e información suministrada por el *Departamento de Proyectos de Procesos de la Compañía*, se tiene estimado la puesta en marcha de planes para la adquisición de nuevos equipos, que superen en más de 50% la capacidad de producción de los instalados en la actualidad. Para satisfacer esta demanda, se precisa el estudio y planteamiento de opciones que permitan la obtención del agua desmineralizada de una forma más eficiente. De igual forma, puesto que con nuevos equipos las operaciones habituales de mantenimiento serían menores en cantidad, no se tendrá un impacto significativo sobre el proceso de producción debido a la disminución de los tiempos de parada.

Se debe tener como premisa presentar opciones, las cuales enmarquen y establezcan su funcionalidad dentro del espacio dispuesto por la empresa para la ubicación del sistema de tratamiento, respetando rigurosamente la estructura y arreglos de tuberías existentes.

Para tal propósito se realizarán los contactos necesarios con varios proveedores de sistemas de tratamiento de agua, para de esta manera suministrar a la empresa propuestas y estudios actualizados en cuanto a equipos y sus respectivos costos en el mercado que puedan venir a solventar la situación según los requerimientos establecidos.

A continuación se presenta un plano referencial de la ubicación actual y predeterminada para el sistema de tratamiento adoptado por la empresa, así como los equipos que conforman el sistema desmineralizador actual.

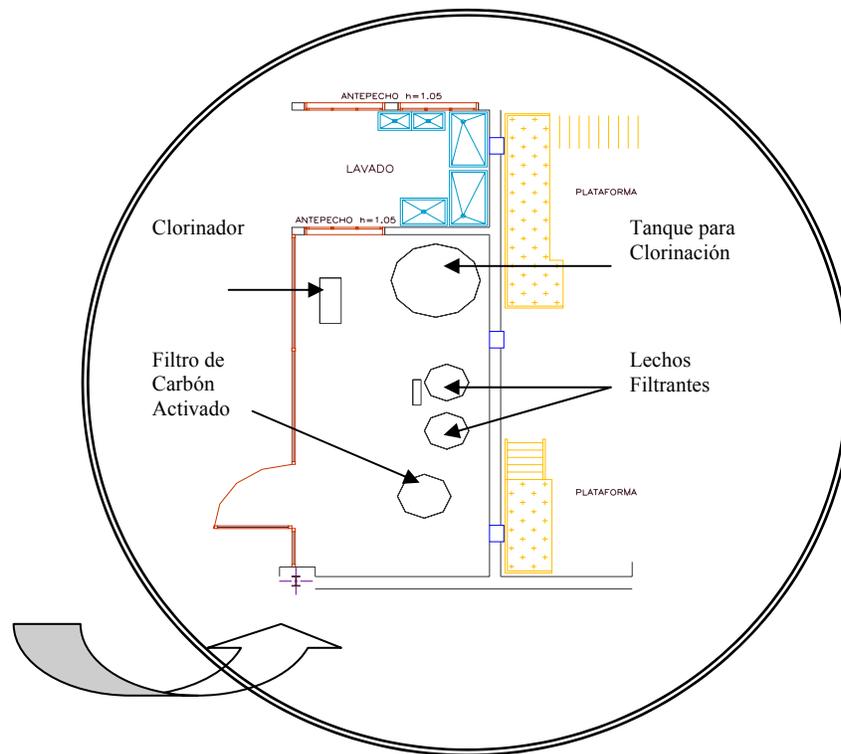


Figura 3. Ubicación predeterminada de la Planta desmineralizadora de agua.



Figura 4. Equipo desmineralizador actual.



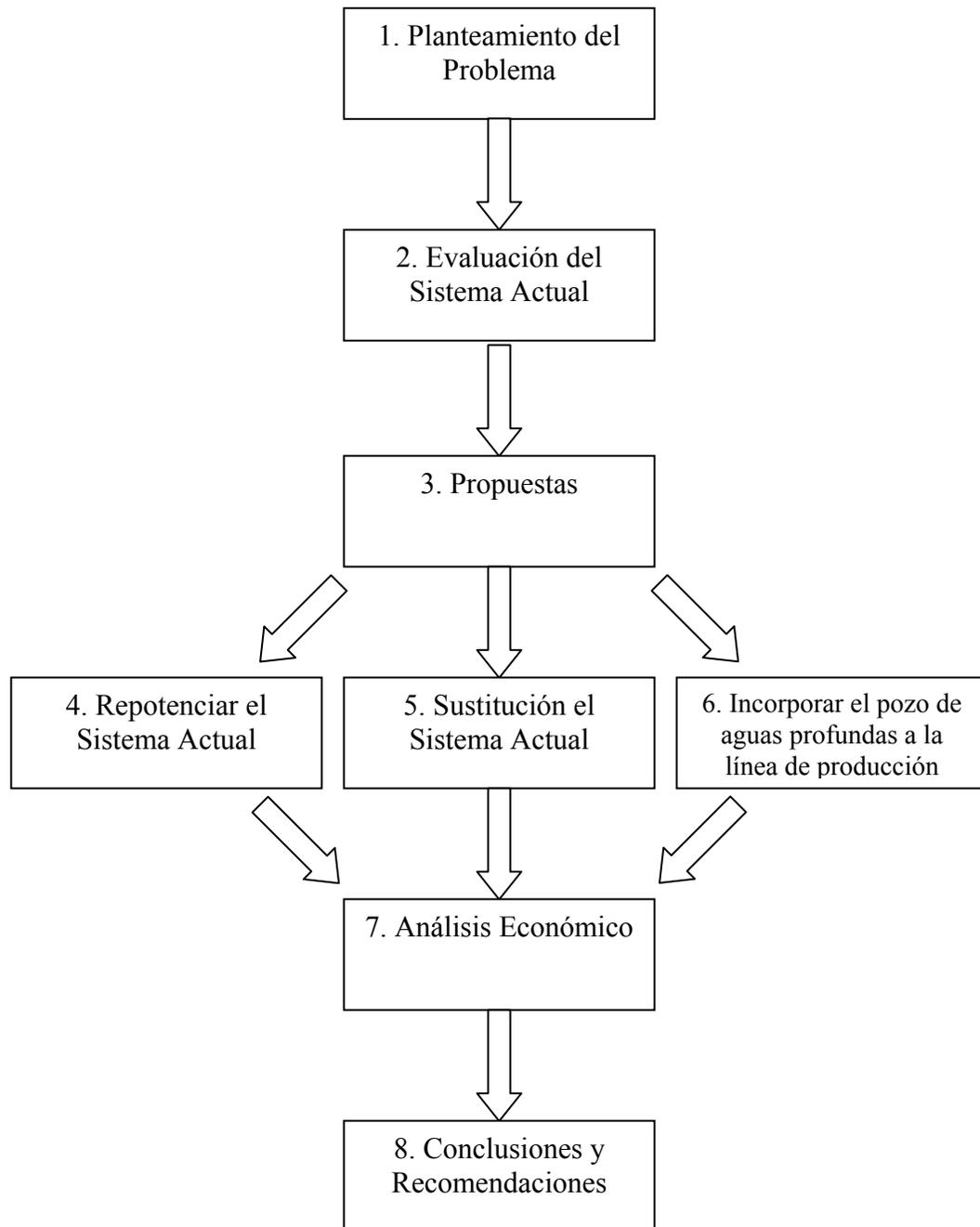
Figura 5. Filtro de carbón activado.



Figura 6. Tanque para clorinación. Cap. 10.000 L

Capítulo IV
MARCO METODOLÓGICO

El desarrollo de este trabajo se realizó tomando en consideración los aspectos mostrados a continuación de manera esquemática:



1. *Planteamiento del problema:* Se consideran los objetivos, alcances, justificación y limitaciones del trabajo a desarrollar.

2. *Evaluación de la situación actual:* Se plantea la problemática que enfrenta la empresa, así como las condiciones actuales de los equipos y los espacios físicos determinados para ellos.

3. *Propuestas:* Luego de ser realizadas las evaluaciones previas del sistema, se presentan a la empresa tres propuestas básicas que permitan solventar la situación existente.

4. *Repotenciar el sistema actual:* Dentro de esta sección se evalúan, nombran y esquematizan todos los recursos y equipos necesarios para la repotenciación del sistema.

5. *Sustitución del sistema actual:* En esta sección se propone la utilización de un nuevo tratamiento de aguas para la empresa, tomando en consideración sus requerimientos de calidad y sus estimaciones de crecimiento a futuro.

6. *Incorporación del pozo profundo:* Se plantea la posibilidad de utilización de los recursos provenientes de un pozo ubicado en un acuífero que pasa por los terrenos de la empresa, dentro de la línea de producción o para cubrir otras actividades en la empresa, de igual forma se realizan evaluaciones de la calidad de sus aguas así como las verificaciones pertinentes a la bomba instalada.

7. *Análisis económico:* Dentro de esta sección se analizan los costos asociados a la puesta en marcha de cada una de las propuestas planteadas.

8. *Conclusiones y recomendaciones:* Se muestran todas las conclusiones y recomendaciones realizadas luego de la culminación de este trabajo.

Capítulo V

PRINCIPALES SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS

El agua que se distribuye en ciudades o las comunidades es tratada extensivamente. Las medidas específicas de purificación del agua se toman para hacer que el agua alcance los estándares actuales de calidad requeridos.

Los requerimientos de agua para la producción en la empresa AVON Cosmetic de Venezuela, se muestran en el siguiente cuadro:

Requerimientos del Agua	
Color	<i>Blanco</i>
Olor	<i>Libre de Olor</i>
Luego del Tratamiento	
pH @ 25°C	<i>5,0 – 7,0</i>
Conductividad	
Luego del proceso de Clorinación	
Hipoclorito	<i>1,4 – 2,2 ppm</i>
pH @ 25°C	<i>5,0 – 7,0</i>

Cuadro 1. Características del agua requerida para la producción.

De la misma forma se presentan las características con las cuales se ofrece el agua de suministro por parte de la empresa Hidrocapital.

	Máximo	Mínimo	Promedio
Alcalinidad total mg/L	52,50	49,50	51
Conductividad mΩ/cm	172	159	165,5
Dureza mg/L	32	30	31
pH	6,87	6,65	6,76

Cuadro 2. Características del agua de suministro de la Empresa Hidrocapital.

Los principales sistemas de tratamientos de agua aplicables a los requerimientos de la empresa AVON Cosmetics de Venezuela son los siguientes:



Según las directrices para la manufactura de productos dictadas por AVON Cosmetics casa matriz, las cuales establecen, basadas en los requerimientos de la cosmetología, la utilización de sistemas de tratamiento para el agua de producción del tipo enlace químico, membranas selectivas, y dando mas recientemente una cabida modesta a los tratamientos magnéticos, siempre y cuando estos no sean adoptados como sistema principal de tratamiento.

5.1 PURIFICACIÓN DEL AGUA POR ÓSMOSIS INVERSA

5.1.1 ÓSMOSIS

Para entender el proceso de la ósmosis inversa, empecemos por recordar la ósmosis natural, mecanismo de transferencia de nutrientes en las células de los seres vivos a través de las membranas que la recubren. [15]

En tal sentido, cuando se ponen en contacto dos soluciones de diferentes concentraciones de un determinado soluto (por ejemplo sales), se genera un flujo de solvente (por ejemplo agua) desde la solución más diluida a la más concentrada, hasta igualar las concentraciones de ambas.

Es decir, en otras palabras: si ponemos en contacto, a través de una membrana, agua salada y agua destilada obtendremos un equilibrio entre ambas y quedarán moderadamente saladas. El agua que atraviesa la membrana es "empujada" por la presión osmótica de la solución más salada y el equilibrio del proceso se alcanza cuando la columna hidrostática iguala dicha presión osmótica.

5.1.2 ÓSMOSIS INVERSA

De aquí se deduce que si nuestro interés en el tratamiento es obtener una corriente de agua lo más diluida posible deberemos invertir el fenómeno. Para ello hay que vencer la presión osmótica natural mediante la aplicación en sentido contrario de una presión mayor. Cuando se logra invertir el fenómeno estamos en presencia de ósmosis inversa. [15]

En resumen: si a una corriente de agua salada se le aplica una fuerte presión, lograremos obtener un equilibrio distinto del anteriormente descrito en el cual se generan simultáneamente dos corrientes:

- Una que es la que atraviesa la membrana, queda libre de sólidos disueltos (minerales, materia orgánica, etc.) y de microorganismos (virus, bacterias, etc.): producto o permeado.
- La otra se va concentrando en esos mismos productos sin que lleguen a depositarse en la membrana, porque la tapan y se eliminarían en forma continua, constituyendo el concentrado.
- La relación entre producto y concentrado constituye la recuperación, expresada en porcentaje los rechazos para: Sulfatos (98 %), Arsénico (99 %), Fluoruros (97 %), Nitratos (91 %), Bacterias, Virus y hongos más del 98 %.

5.1.3 MEMBRANA DE LA ÓSMOSIS INVERSA

Es una membrana que tiene un área "microporosa" que rechaza las impurezas y que no impide el agua de pasar. La membrana rechaza las bacterias, pirógenos, y 85%-95% de sólidos inorgánicos. Iones "polivalentes" son rechazados más fácilmente que los iones

"monovalentes". Los sólidos orgánicos con un peso molecular superior a 300 son rechazados por la membrana, pero los gases pasan a través. La ósmosis inversa es una tecnología de rechazo en porcentaje. La pureza del agua producida por la ósmosis inversa es más grande que en el agua de alimentación.

5.1.4 MEMBRANAS

Las membranas son las películas finas del material poroso que se pueden utilizar para varias separaciones químicas. Aunque muchas membranas se hacen de las películas del polímero, también pueden estar hechas de cerámica, de fibra de carbón, y de sustratos metálicos con poros. Los poros pueden medirse en dimensiones atómicas (< 10 ángstrom) hasta 100+ micrones.

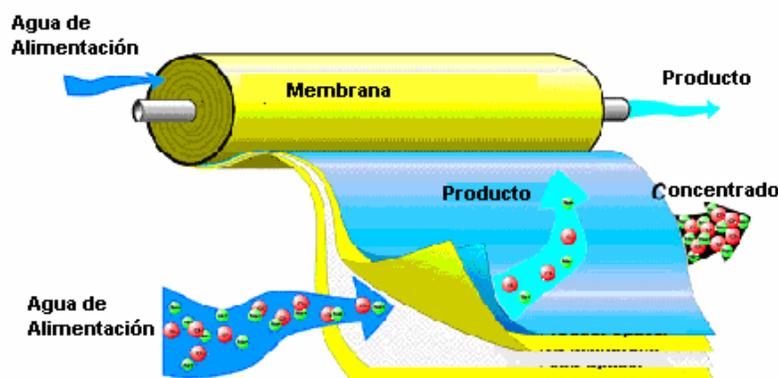


Figura 7. Membrana para Ósmosis Inversa

5.1.5 UTILIZACIÓN DE LAS MEMBRANAS

Pequeños poros en las membranas pueden servir de barreras físicas, impidiendo el pasaje de moléculas como sales, bacterias y virus que van en el agua y en el aire. La desalinización de las aguas de mar por el método de la ósmosis inversa es un uso bien conocido de membranas como filtro.

Recientemente, se han recuperado de las aguas del lavado y de la presión en la fabricación de quesos, proteínas disueltas en el agua y el agua misma usando la ultrafiltración y la microfiltración recurriendo a las diferencias de presión osmótica, se puede usar también para filtrar la corriente eléctrica, la presión osmótica y la temperatura que puede usarse de preferencia en las mezclas alejados en uno de los componentes que pasa libremente a través la membrana y retiene el resto.

La composición química y la estructura de la membrana pueden servir para hacer otras separaciones. Hay membranas que ponen una amplia superficie donde el material, las reacciones químicas o la difusión pueden realizarse. Un ejemplo, las membranas a fibra (membranas delgadas en forma de tubos) son usadas en diálisis para purificar la sangre removiendo ciertas toxinas. Las membranas pueden usarse también para extraer los solventes o en catálisis para separar los reactivos.

Membranas hidrófobas pueden usarse para prevenir el pasaje del agua líquida y dejar pasar su vapor. Estas propiedades pueden explotarse en las membranas de destilación donde el agua calentada por la energía solar pasa como vapor de agua a través la membrana y luego se condensa, lo que produce un agua de buena calidad. Este método de utilizar esta energía para hervir el agua y luego bajar el calor es excelente y no cara para usarla en lugares alejados.

5.2 PURIFICACIÓN DEL AGUA POR ELECTRO DIÁLISIS

5.2.1 ELECTRO DIÁLISIS.

La electrodiálisis es un procedimiento de separación con membranas que tiene por objeto concentrar (o diluir) disoluciones de electrolitos mediante el uso de membranas de intercambio iónico y la aplicación de un potencial eléctrico. [11]

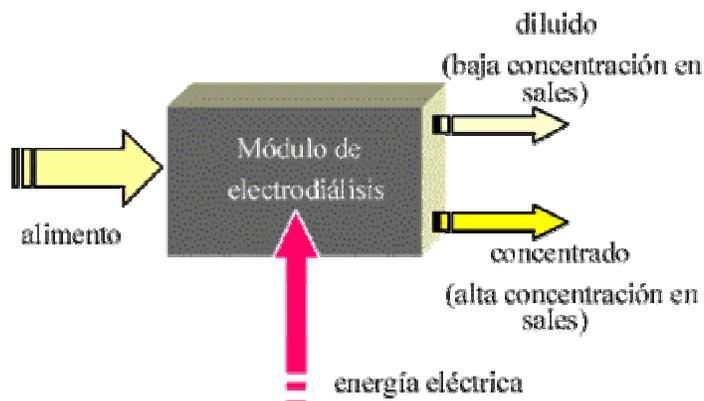


Figura 8. Modelo de módulo para la electrodiálisis

5.2.3 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El primer paso para entender cómo funciona la electrodiálisis consiste en recordar el esquema básico de un generador de sustancias electroquímico. De modo similar a como sucede en un generador, los cationes (positivos) son "arrastrados" al cátodo (negativo) y los aniones al ánodo. El flujo de cationes y aniones es interrumpido por la presencia de membranas aniónicas y catiónicas (las membranas catiónicas sólo dejan pasar cationes y las aniónicas sólo dejan pasar aniones).

El esquema interno de un módulo de electrodiálisis se muestra en la siguiente figura:

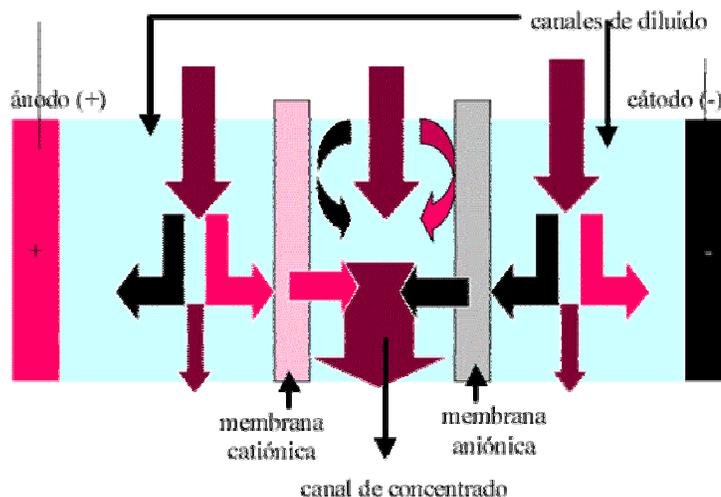


Figura 9. Módulo de electrodiálisis

En este esquema simplificado se ilustra el funcionamiento de un módulo de electrodiálisis. Se tienen tres canales por los que se introduce la disolución. En el compartimiento de la izquierda los aniones (negros) son atraídos por el ánodo positivo. Los cationes (rojos) son atraídos por el cátodo negativo pasando a través de la membrana catiónica. En el compartimiento de más a la derecha los aniones (negros) pasan a través de la membrana aniónica y los cationes son arrastrados hacia el cátodo. En el compartimiento central se reciben los aniones y cationes de los otros dos canales. Por su parte los aniones de éste canal no pueden migrar hacia el ánodo porque se lo impide la membrana catiónica y los cationes no pueden migrar hacia el cátodo porque se lo impide la membrana aniónica. El resultado global es la concentración en el canal central y la dilución en los canales laterales manteniéndose la electroneutralidad en todo el sistema.

De hecho, por motivos económicos se trabaja con más de tres canales. También hay que destacar que en los compartimientos que están en contacto con los electrodos las cosas son algo diferentes que en el resto, pues en ellos se producen reacciones electródicas, normalmente con desprendimiento de gases.

5.3 PURIFICACIÓN DEL AGUA POR INTERCAMBIO IÓNICO

El intercambio iónico es una reacción química reversible, que tiene lugar cuando un ión de una disolución se intercambia por otro ión de igual signo que se encuentra unido a una partícula sólida inmóvil. Este proceso tiene lugar constantemente en la naturaleza, tanto en la materia inorgánica como en las células vivas. [18]

Por sus propiedades como disolvente y su utilización en diversos procesos industriales, el agua acostumbra a tener muchas impurezas y contaminantes. Las sales metálicas se disuelven en el agua separándose en iones, cuya presencia puede ser indeseable para los usos habituales del agua. Además, el creciente interés por el medio ambiente, impone establecer tratamientos eficaces que eviten el deterioro de la calidad de las aguas, especialmente por el vertido de efluentes industriales altamente contaminados. Entre todos los tratamientos posibles, el intercambio iónico es una opción a considerar.

5.4 TRATAMIENTO MAGNÉTICO DEL AGUA

El tratamiento magnético del agua consiste en hacer pasar el agua corriente por un dispositivo denominado inductor magnético, en el que unos imanes permanentes, que rodean el tubo central por donde pasa el líquido, magnetizan el agua dándole propiedades particulares. Esta simple operación se conoce como “tratamiento magnético del agua y esta basada en la inducción electromagnética demostrada por el famoso físico y químico Michael Faraday (1791 – 1867). Para que el agua adquiriera todas las propiedades que le proporciona la magnetización, basta con pasarla una sola vez por el conducto central del inductor magnético. [1]

Cuando las unidades magnéticas de acondicionamiento del agua se instalan en tubos de acero con conexión a tierra, ellos forman efectivamente un campo generador de Faraday.

Esta corriente eléctrica produce los siguientes efectos:

1. La tubería y el agua se tornan cargados estáticamente. El tubo se hace negativo, el agua positiva.
2. El tubo negativo recibe protección catódica.
3. Los átomos negativos de oxígeno son repelidos por el tubo cargado negativamente, por lo que la oxidación no puede ocurrir.
4. Los iones negativos de carbonato (escamas) son repelidos de la misma manera por el tubo negativo.
5. Los iones de hidrógeno cargados positivamente son atraídos hacia el tubo negativo y disuelven cualquier escama o corrosión allí presente.
6. La acción ionizadora del sistema debilita la adherencia del hidrógeno de las moléculas de agua, causando una reducción de la tensión superficial del agua.
7. La acción de ionización del tratamiento produce también iones hidróxilo (OH), los cuales elevan naturalmente el nivel de pH del agua.

El sistema de acondicionamiento magnético trabaja de la siguiente forma: Las moléculas de agua que fluyen a través de la tubería llevan carga estática negativa. Las unidades

magnéticas amplificadas crean un campo magnético dentro de la tubería y debido a que el agua se mueve a través del campo magnético inducido, la carga estática de las moléculas de agua es cambiada de negativa a positiva debido a la corriente generada por el agua en movimiento.

La fuerza electromotriz producida por el flujo también causa que algunas moléculas de agua se ionicen (se disocian), formando iones hidrógeno (H^+) e iones hidróxilos (OH).

La corrosión es evitada por el hecho físico de que el oxígeno *negativo* es repelido por la carga negativa de la superficie de la tubería (protegida catódicamente), que se encuentra conectada eléctricamente a tierra.

Si las paredes de la tubería *negativa* están contaminadas con incrustaciones (depósitos duros, calcita), los iones hidrógenos *positivos* trabajan para convertir estas incrustaciones en depósitos suaves (aragonita), los cuales son removidos por el mismo flujo.

Capítulo VI

REPOTENCIAR EL SISTEMA DESMINERALIZADOR ACTUAL

Dentro de esta sección, se establecen, esquematizan y se nombran todos y cada uno de los componentes que están involucrados, así como su función dentro del sistema de tratamiento, los costos estimados y la factibilidad global de la propuesta. Con el objeto de *repotenciar el sistema de tratamiento actual*, se han estipulado una serie de opciones y hecho los contactos con los proveedores del ramo con la finalidad de obtener las cotizaciones y propuestas aplicables según las exigencias. De esta manera se evalúan las siguientes opciones: *Cambio de las resinas (Aniónicas y Catiónicas)*, *Filtro de carbón activado*, *Tratamientos físicos para el agua de alimentación (Hidrocapital – Pozo)*, *Tanque de fibra para clorinación* al igual que se plantea *complementar el sistema desmineralizador actual con un tratamiento de ósmosis inversa previo al paso del agua por dicho sistema, y la incorporación de otro equipo desmineralizador que trabaje en forma paralela y alterna al actual*.

Es justificable la puesta en marcha de un plan para repotenciar el sistema actual, puesto que los sistemas que trabajan bajo la modalidad de intercambio iónico se recomiendan para el tratamiento de aguas con un Total de Sólidos Disueltos (T.S.D) ≤ 400 mg/L; precisamente el agua que es suministrada por la empresa Hidrocapital cumple con esta condición, y si se piensa seguir utilizando como suministro exclusivo para el proceso productivo de la planta es lógico plantear las acciones tendentes a repotenciar el sistema actual, mejorando así las condiciones generales de operación y funcionamiento del mismo, para continuar con su operación habitual tal y como se viene realizando hasta la actualidad.

6.1 CAMBIO DE RESINAS:

En el sistema de desmineralización basado en columnas de intercambio iónico, el sustento primordial es la resina utilizada dentro del mismo, en este caso las resinas que se vienen utilizando desde la última reposición realizada a finales del año 99, no presentan las propiedades de porosidad, resistencia y tamaño de grano más favorables para servir de manera cabal a las exigencias presentadas por la planta. Esto se evidencia, en el hecho que pese a su

corta vida de uso se presentan reiterados problemas con su comportamiento en la purificación del agua, ya que de manera recurrente llegan a su estado de colmatación, momento cuando les es imposible seguir filtrando y dar la calidad de agua requerida; llegado a este punto se hace necesario realizar la maniobra de regeneración, la cual esta estipulada a continuación:

PROCEDIMIENTO DE REGENERACIÓN:

Soluciones para regenerar:

Ácido Clorhídrico (HCl), ácido muriático comercial al 30% aproximadamente.

Soda Cáustica (NaOH).

Agua desmineralizada.

Secuencia de regeneración del catión.

- 1) Lavado al revés o retrolavado, por 15 minutos.
- 2) Paso del ácido, por 20 minutos.
- 3) Enjuague lento, por 15 minutos.
- 4) Enjuague rápido, por 20 minutos. Se mantiene hasta alcanzada la acidez de 20 gramos o menos, de esta manera termina la regeneración catiónica.

Secuencia de regeneración del anión.

- 1) Lavado al revés o retrolavado, por 15 minutos.
- 2) Paso de soda cáustica, por 20 minutos.
- 3) Enjuague lento, por 15 minutos.
- 4) Enjuague final, hasta alcanzar el ajuste de la conductividad sugerida.

Esta operación ha sido más frecuente desde el momento en el cual se instalaron las resinas antes mencionadas, lo cual corrobora la tesis de su limitada capacidad para rendir los resultados esperados. A su vez se evidencia que las resinas presentan una característica física

demasiado fina en comparación con las resinas usadas en oportunidades anteriores, incluso se ha presentado pérdida o paso de resina por la tubería durante el proceso de retrolavado posterior a la regeneración, lo que compromete aun más el funcionamiento de la planta, puesto que cuenta con menor cantidad de resina para seguir realizando su función.

En atención a esta situación y que ya de cualquier forma las resinas están cercanas al final de la vida útil recomendada (3 a 5 años), se plantea la necesidad de considerar *el cambio de las mismas*, si se estima seguir usando el equipo actual, esta estrategia *mejoraría al menos en buena manera el comportamiento del mismo* y haría un poco menos frecuentes las operaciones de regeneración necesarias para mantenerlo en uso. De acuerdo con esto, se presentan las cotizaciones de las resinas aniónicas y catiónicas que se ofrecen por parte de los proveedores. Las cotizaciones obtenidas reflejan precios al mes de Agosto 2003 puestas en la empresa, y son presentadas a continuación.

CONCEPTO	EMPRESA	COSTO/VOLUMEN
*Resina Aniónica	Q-VAR, c.a.	333,50 US \$/ ft ³ (533.600 Bs/ ft ³)
*Resina Catiónica	Q-VAR, c.a.	103,12 US \$/ ft ³ (164.992 Bs/ ft ³)
**Resinas marca Dowex Marathon		

*Resina Aniónica	Ing. María A. López.	458.637,5 Bs/ ft ³
*Resina Catiónica	Ing. María A. López.	172.500 Bs/ ft ³
**Resinas marca Pure Lite		

*Resina Aniónica	Water & Oil Work	616.000 Bs/ ft ³
*Resina Catiónica	Water & Oil Work	285.000 Bs/ ft ³
**Resinas tipo catión-fuerte C211/ anión-fuerte A244 o similares.		

Cuadro 3. Cotizaciones de Resinas.

6.2 FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO:

Para el caso del filtro de carbón activado se ha planteado igualmente realizar una evaluación de su comportamiento actual, debido a que la sustitución de sus componentes internos (soporte y carbón activado), lleva un tiempo algo prolongado sin realizarse. Se plantea la opción de generar cotizaciones y propuestas bajo este concepto con los proveedores que se han contactado, y de igual manera sopesar sus costos y factibilidad. Según nuestra evaluación y la opinión del señor Antonio Seoane, *el filtro de carbón se encuentra trabajando de manera eficiente* y se realizan los retrolavados de mantenimiento necesarios de manera periódica, la cual será más o menos frecuente según sean necesarios.

El filtro de carbón activado es de gran importancia dentro del proceso de purificación, ya que éste se utiliza para eliminar materia orgánica disuelta en el agua. Puesto que presenta la característica de ser muy poroso y tiene una gran superficie de contacto, los contaminantes orgánicos se adhieren en la superficie eliminando así los sólidos en suspensión y el olor que pueda estar presente en el agua. Las cotizaciones obtenidas se presentan a continuación en el cuadro 3.

CONCEPTO	MARCA	EMPRESA	COSTO INICIAL
Carbón Activado	12-40 centaur	Water & Oil Work	297.000 Bs/ ft ³
Carbón Activado	Bayer	Hes	135.000 Bs/ ft ³

Cuadro 4. Cotizaciones de Carbón Activado.

6.3 TANQUE DE FIBRA:

Se plantea evaluar y generar cotizaciones para realizar la sustitución del tanque que sirve para realizar la clorinación y recirculación del agua desmineralizada, con el propósito de obtener los costos que involucraría la instalación de un nuevo tanque de mayor capacidad que

el actual (10.000 L), lo cual aumentaría la oferta disponible de agua desmineralizada (190l) durante las operaciones de mantenimiento del equipo y la operación habitual de la empresa. La cotización obtenida por parte de la empresa *DECOGLASS*, se presenta a continuación.

TIPO	V.F.P.C.	V.F.P.C.	V.F.P.C.
CAPACIDAD	10.000 L	15.000 L	20.000 L
CANTIDAD REQUERIDA	01	01	01
DIAMETRO (m)	2,34	2,34	2,34
ALTURA (m)	2,66	3,84	5,50
PRECIO UNITARIO	Bs. 3.900.000,00	Bs. 5.700.000,00	Bs. 7.900.000,00
TOTAL GENERAL	Bs. 3.900.000,00	Bs. 5.700.000,00	Bs. 7.900.000,00

Cuadro 5. Cotizaciones de Tanques de Fibra.

6.4 VERIFICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS FÍSICOS AL AGUA DE ALIMENTACIÓN:

Uno de los aspectos que ha venido a mermar las condiciones de operatividad del equipo desmineralizador actual, indudablemente ha sido la calidad con la que se ofrece el agua de alimentación y suministro, la cual verdaderamente ha ido en descenso debido a la cantidad de sedimentos disueltos en la misma, aumentando así su turbiedad, conductividad y por ende desmejorando en gran medida sus condiciones para ser usadas de forma regular dentro del proceso productivo. En vista de esto, se hace necesario evaluar el buen funcionamiento de los filtros (operativos actualmente), que ofrecen el tratamiento físico previo del agua.

Después de la evaluación *se logro verificar que el funcionamiento de los filtros existentes es bueno* y se mantiene así gracias al mantenimiento periódico, retrolavados, que se les realiza varias veces por semana y al cambio de sus componentes internos, los cuales son sustituidos anualmente. Los dispositivos mencionados son básicamente filtros de arena y de carbón activado, que ofrecen un tratamiento para captar y eliminar impurezas, más no índices de

dureza del agua, este es trabajo exclusivo del equipo de tratamiento que se encuentre funcionando.



Figura 10. Filtros externos. Tratamiento físico al agua de alimentación.

6.5 COMPLEMENTAR EL EQUIPO ACTUAL CON ÓSMOSIS INVERSA:

Esta propuesta establecería la implementación de un equipo de purificación o tratamiento de agua bajo la modalidad de ósmosis inversa, que sería instalado previo a la planta desmineralizadora que opera en la actualidad. Esta acción dejaría en condición de refinador de las condiciones del agua al equipo actual, puesto que una vez realizado el paso del agua a través de la ósmosis, esta queda en una condición de pureza bastante alta. De esta manera la columna de intercambio iónico tendría que trabajar con concentraciones de impurezas y minerales muy bajos lo cual le alarga el tiempo a las resinas para llegar a su período de colmatación y a la consecuente regeneración.

De hecho, *colocar una configuración como esta no es la más usada comúnmente*, puesto que el trabajo realizado por el desmineralizador sería prácticamente nulo. Por el contrario, es usada la *ósmosis inversa* como afinador de las condiciones del agua, ya que esta es capaz de captar las sales disueltas de mejor manera que el desmineralizador. Una configuración de este tipo sería prácticamente una sustitución del sistema de tratamiento, debido a que se estaría

trabajando con la capacidad de producción de agua del equipo de ósmosis. Esta propuesta no se considera viable, puesto que se tienen que absorber los costos de adquisición del equipo de ósmosis y seguir manteniendo los gastos generados por el funcionamiento del equipo actual. Los equipos de ósmosis cotizados, sus costos de inversión y capacidad de generación, se presentan en el cuadro 5.

CONCEPTO	MARCA	EMPRESA	COSTO INICIAL	Produccion (L/h)
Planta de Ósmosis inversa	Osmonics	Quitsum, C.A.	155.164,00 US \$ (Bs 248.262.400)	22.710
Planta de Ósmosis inversa	Tacpure	Q-VAR, C.A.	11.000,00 US \$ (Bs 17.600.000)	475
Planta de Ósmosis inversa	Applied Sitems	Water & Oil Work	33.800,00 US \$ (Bs 54.080.000)	950
Planta de Ósmosis inversa	Osmonics	Aguamarket	25.250,00 US \$ (Bs 40.400.000)	500
Planta de Ósmosis inversa	Osmonics	Aguamarket	54.000,00 US \$ (Bs 86.400.000)	1500
Planta de Ósmosis inversa	Osmonics	Aguamarket	57.000,00 US \$ (Bs 91.200.000)	1500
Planta de Ósmosis inversa	GE Betz	GE Betz	44.000,00 US\$ (Bs 70.400.000)	6800

***Todas las plantas poseen una eficiencia de entre 75 y 85 %**
****Precios reflejados al mes de Septiembre de 2003.**

Cuadro 6. Cotizaciones de Equipos de Ósmosis Inversa.

6.6 COMPLEMENTAR EL EQUIPO ACTUAL CON INTERCAMBIO IÓNICO:

Esta propuesta se basa en la idea de adquirir otro equipo desmineralizador, que posea una capacidad de generación de agua desmineralizada mayor al actual y que sea colocado de forma paralela al equipo existente. De esta forma, se omitirían las paradas del proceso

productivo para la realización de las operaciones de mantenimiento del desmineralizador, puesto que las pausas para dicho mantenimiento podrían ser estipuladas bajo una programación, y *el uso alternativo de ambos equipos, garantizaría seguir la producción de agua desmineralizada (1901) con el equipo que se encuentra en marcha.*

Esta propuesta no se considera viable tomando en cuenta varios aspectos: la relación costo-capacidad de producción, el tamaño de los lechos filtrantes para manejar mayor producción de agua en contraposición a la limitante del espacio físico dispuesto por la empresa, el aumento de costos en las operaciones de mantenimiento, ya que se duplica el gasto por concepto de las soluciones para regeneración de los equipos.

La cotización obtenida para el mes de Septiembre de 2003 para la adquisición de un equipo de esta naturaleza (intercambio iónico), se presenta a continuación.

CONCEPTO	EMPRESA	COSTO INICIAL (Bs)	Producción (L/h)
Filtro de resina catiónica automático	HES	38.000.000,00	1.000
Filtro de resina aniónica automático	HES	65.000.000,00	1.000
Instalación:		2.000.000,00	
Total		105.000.000,00	1.000

El sistema de retrolavado está incluido en el precio.

Cuadro 7. Cotización de Equipo de Intercambio Iónico.

Cabe destacar que se realiza una globalización de la propuesta para *Repotenciar* el sistema de tratamiento actual, tomando en cuenta los equipos y costos involucrados, los cuales arrojaran un monto de inversión total según sean incorporados cada uno dentro de la solución o acción a tomar propuesta a la empresa, este costo global se presenta más adelante dentro del capítulo del análisis económico.

Capítulo VII

SUSTITUCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS

Luego de estudiar y evaluar dentro de la variedad de los sistemas de tratamiento de aguas existentes en el mercado, basados en las necesidades de suplemento de agua pura que confronta la empresa, así como las condiciones en las cuales se está obteniendo el agua de alimentación y las condiciones presentadas por el pozo profundo, dada su eventual utilización. Y de igual manera tomando en consideración la intención y la necesidad perentoria en la que se encuentra la empresa, de captar el aumento de producción en el corto y mediano plazo obedeciendo a las directrices de crecimiento a futuro; esta planificada una *adquisición de nuevos equipos con mayores capacidades y por supuesto de mayores consumos de agua desmineralizada (1901)*.

Los requerimientos de agua desmineralizada (1901), están ubicados según un estudio histórico de utilización de 1901 dentro de la planta, tomado desde el año 2000 hasta el 2002, en unos 606,905 L promedio al año. En función de esta cantidad de litros utilizados y pensando en el crecimiento de la compañía, se ha decidido la escogencia y solicitud de cotizaciones sobre *equipos de tecnologías de ósmosis inversa, electrodiálisis* y nuevos equipos de *intercambio iónico*, los cuales tengan una capacidad de generación que se ubique sobre los 700 L/h, y permitan obtener de esta manera un incremento realmente importante en la disponibilidad de agua desmineralizada (1901) de la empresa, comparado con la demanda histórica obtenida con anterioridad.

Año	# Regener.	L. promedio	L. totales		L/h (año)
2000	13	142715	1855295		515,35972
2001	18	125377	2256786		626,885
2002	19	128552.6	2442500		678,47222
Totales	50	396644.6	6554581		1820,7169
h/año:	3600			Prom.(L/h):	606,905

Cuadro 8. Historial de consumo de agua desmineralizada (1901)

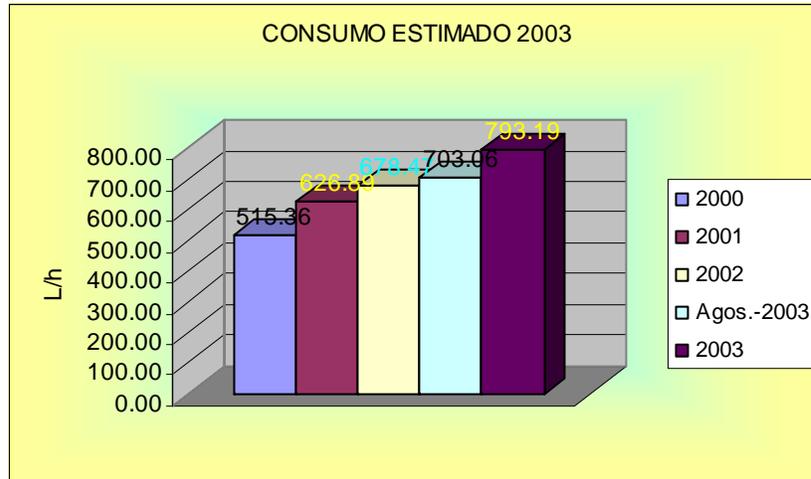


Figura 11. Consumo Histórico de Agua Desmineralizada (1901).

Es importante también resaltar que se realizó igualmente el estudio de los litros utilizados de agua desmineralizada 1901 en función de las cantidades producidas por la empresa desde 1999 hasta Agosto del año 2003, específicamente en función de lotes de producto, kilogramos y unidades por año.

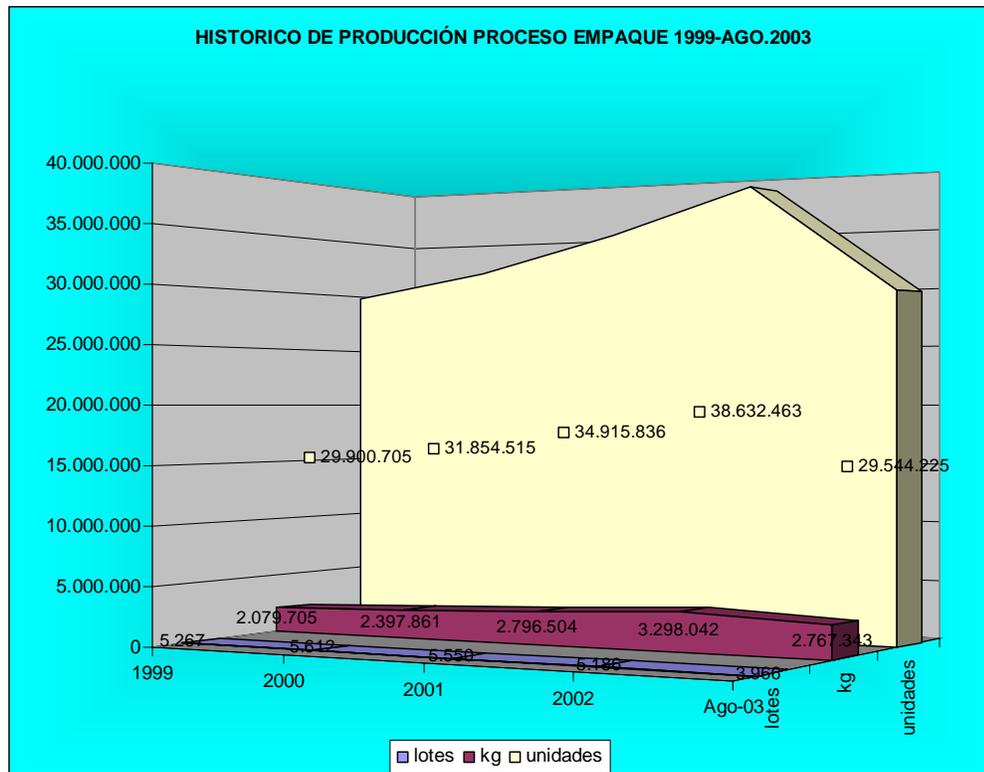


Figura 12. Histórico de Producción Lotes, Kg., Unidades.

7.1 SUSTITUCIÓN POR ÓSMOSIS INVERSA.

El tratamiento de aguas por *ósmosis inversa* es de gran eficacia y posee un *costo relativamente bajo* cuando se coloca frente a otros sistemas similares en la valoración de costo/beneficio, además es considerado dentro de los sistemas avanzados de purificación dado que es capaz de liberar el líquido tratado hasta en un 99% de las sales disueltas.

La idea de pasar a un tratamiento de ósmosis inversa no es de ningún modo un pensamiento aislado y mucho menos representa algo que no se pueda llevar a cabo. De hecho desde la aparición de esta tecnología hasta hoy, se han venido dando pasos importantes en el mejoramiento de los equipos, su desempeño y la disminución del costo asociado a los mismos. De esta manera, nos encontramos con una tendencia mundial, por parte de las industrias que poseen requerimientos de aguas tratadas para usar en sus procesos productivos, de poner en marcha plantas de tratamiento o desalinizadoras que se sustentan en la tecnología de ósmosis inversa.

En referencia a AVON COSMETICS, nos encontramos que en el mundo existen otras plantas de manufactura de productos que ya vienen usando con una experiencia realmente satisfactoria *procedimientos de ósmosis inversa* para el desarrollo de sus actividades. Tal es el caso por ejemplo de Brasil y México. De esta manera no sólo se estaría actualizando y adecuando el sistema de tratamiento a las exigencias actuales y futuras, sino que también se estaría poniendo a la par, *tecnológicamente hablando*, con otras fabricas de producto de nuestra marca, con lo que se avanzaría mucho más hacia la estandarización de métodos y procedimientos de fabricación en el ámbito corporativo.

7.2 SUSTITUCIÓN POR ELECTRODIÁLISIS.

En el caso de la *electrodiálisis*, se tiene que de igual manera esta considerado dentro de los *sistemas avanzados de purificación*, siendo capaz de alcanzar un rechazo de sales de hasta 99%. Este sistema esta basado en el uso de membranas de intercambio iónico, las cuales dejan pasar de forma selectiva ciertas y determinadas sales según su composición, dichas sales se

ven obligadas a pasar por las membranas bajo la acción o influencia simultanea de un campo eléctrico. Para este tratamiento el agua no necesita grandes pre-tratamientos, siempre y cuando no exista riesgo de la presencia de algún agente, como el cloro, que comprometa las condiciones de operatividad de las membranas. Esta tecnología tiene un buen tiempo de desarrollo, pero no cuenta con una gama tan amplia de fabricantes y utilización como la tecnología de ósmosis inversa, de igual manera cabe destacar que aunque se realizaron contactos para obtención de cotizaciones para estos equipos, no fueron suministradas debido a problemas internos confrontados por las empresas y personas de contacto.

7.3 SUSTITUCIÓN POR INTERCAMBIO IÓNICO.

Los sistemas de Intercambio iónico, se basan en la capacidad de sus resinas internas para remover y captar los iones que se encuentren presentes en el agua tratada, estos sistemas se pueden presentar en tres arreglos básicos: *Lechos gemelos (agua con pH hasta 10)*, *Lecho mezcla (agua con pH ácido)*, *Catión fuerte/anión débil (agua con pH hasta 4)*. Este tipo de sistemas son recomendados para el tratamiento de aguas que posean un T.S.D. por debajo de los 400 mg/L, razón por la cual la empresa posee un equipo de este tipo, ya que el agua de suministro de la empresa Hidrocapital se encuentra por debajo de este valor. No obstante realizar la sustitución del sistema actual por otro equipo bajo el mismo principio de funcionamiento, no se considera, ya que la capacidad de producción, el tamaño de los componente y sus costos de adquisición, operación y mantenimiento serian bastante significativos comparados con otros sistemas de tratamiento.

7.4 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA LA SUSTITUCIÓN

Los costos y la valoración de la inversión para la sustitución del sistema de tratamiento de agua de la empresa, se muestran para una planta piloto bajo tecnología de ósmosis inversa, con el ánimo de representar una eventual inversión. Esta selección se realizó tomando en consideración las razones expuestas anteriormente, donde se establece que según sus características, tamaño, capacidad de producción y costos la ósmosis inversa es la tecnología

que mayores ventajas comparativas presenta frente a los intereses propuestos por la empresa. En el siguiente cuadro se encuentran las cotizaciones de los equipos de ósmosis.

CONCEPTO	MARCA	EMPRESA	COSTO INICIAL	Produccion (L/h)
Planta de Ósmosis inversa	Osmonics	Quitsum, C.A.	155.164,00 US \$ (Bs 248.262.400)	22.710
Planta de Ósmosis inversa	Tacpure	Q-VAR, C.A.	11.000,00 US \$ (Bs 17.600.000)	475
Planta de Ósmosis inversa	Applied Systems	Water & Oil Work	33.800,00 US \$ (Bs 54.080.000)	950
Planta de Ósmosis inversa	Osmonics	Aguamarket	25.250,00 US \$ (Bs 40.400.000)	500
Planta de Ósmosis inversa	Osmonics	Aguamarket	54.000,00 US \$ (Bs 86.400.000)	1500
Planta de Ósmosis inversa	Osmonics	Aguamarket	57.000,00 US \$ (Bs 91.200.000)	1500
Planta de Ósmosis inversa	GE Betz	GE Betz	44.000,00 US \$ (Bs 70.400.000)	6800

***Todas las plantas poseen una eficiencia de entre 75 y 85 %**

****Precios reflejados al mes de Septiembre de 2003.**

Cuadro 9. Cotizaciones de Equipos de Ósmosis Inversa

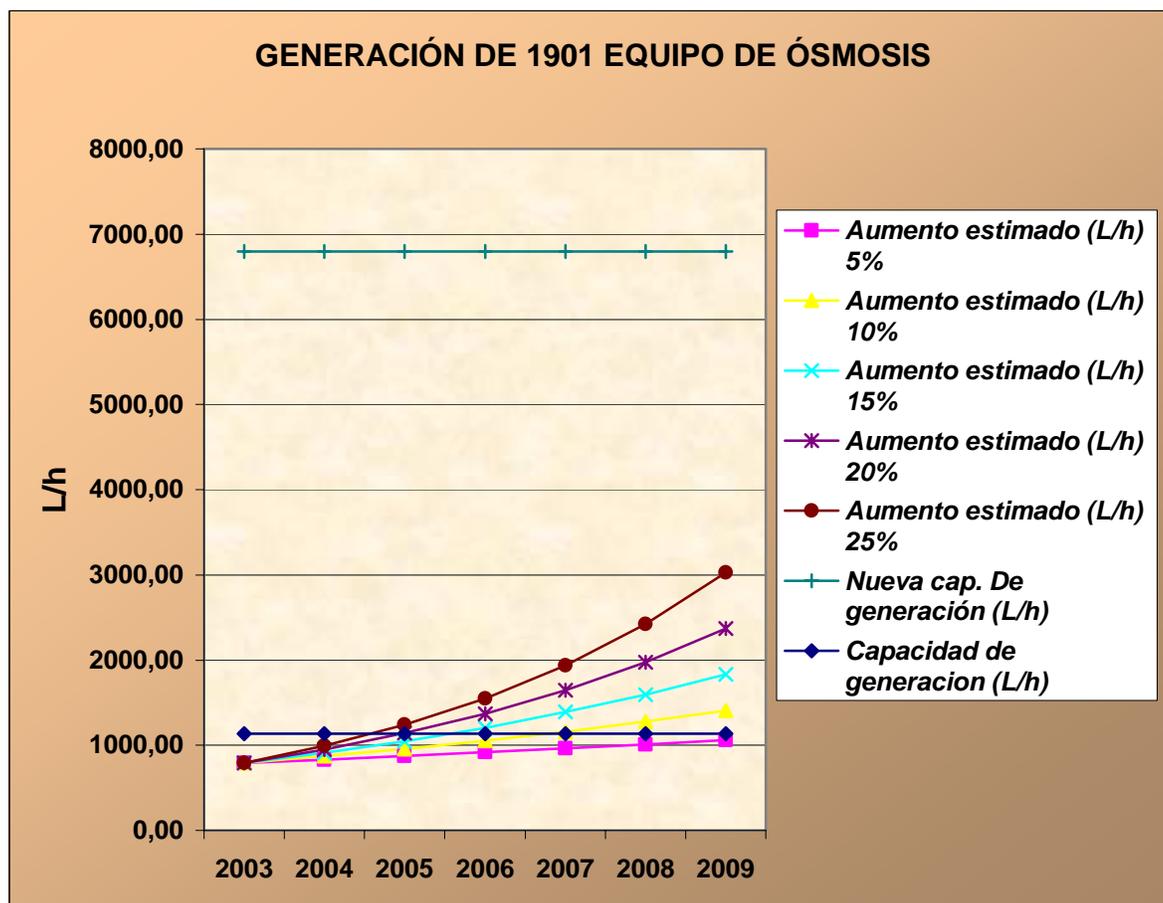


Figura 13. Representación de la capacidad de generación del Equipo de Ósmosis Inversa frente a la capacidad actual y los posibles incrementos futuros.

Capítulo VIII**INCORPORACIÓN DEL POZO DE AGUAS PROFUNDAS A LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN**

Debido a los costos, los problemas (Impurezas, Turbiedad, etc.), que se vienen presentando con el suministro de aguas por parte de la empresa Hidrocapital; en búsqueda de una mayor independencia de operación y frente a una posible contingencia, la empresa AVON COSMETICS DE VENEZUELA se plantea la posibilidad de incorporar en su línea de producción las aguas contenidas o que suministra un pozo de aguas profundas que se encuentra dentro de los límites de la propia empresa, el cual fue perforado entre los meses de abril y mayo del año 2000 y esta ubicado a una profundidad en la que, según los estudios realizados por la empresa perforadora, se tiene presencia de buenos acuíferos. El pozo tiene una capacidad de caudal, de 5 L/s, y presenta una instalación de tubería de 2" hasta su pilote de salida, con una bomba vertical sumergible de 5 hp de potencia. Para estos valores se realizan las verificaciones necesarias, y se presentan a continuación.

PROFUNDIDAD TOTAL DEL POZO:	100 m
NIVEL ESTÁTICO DEL AGUA:	25 m
NIVEL DINÁMICO O DE BOMBEO:	30 m
CAUDAL DE BOMBEO:	5 L/s

Cuadro 10. Registro del Pozo.



Figura 14. Pozo de aguas profundas.

8.1 CALCULOS DE VERIFICACIÓN

Los cálculos de verificación se realizan para el siguiente sistema: [8]

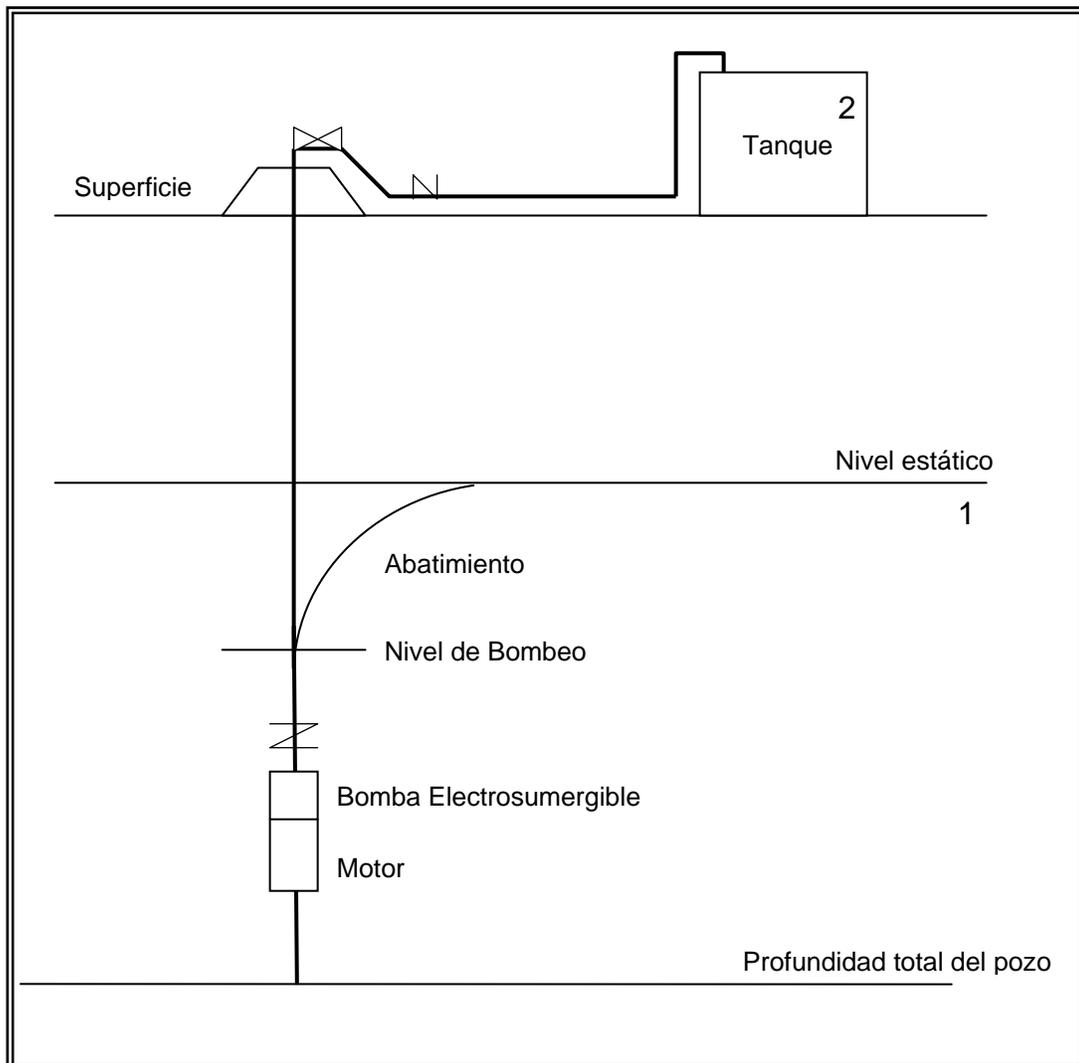


Figura 15. Instalación del Sistema

Altura del sistema:

$$H = \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + \Delta Z + hf_{1-2}$$

Ec. 8-1

$$p_2 = p_{atm}$$

$$p_1 = p_{atm}$$

$$\Delta Z = 36 \text{ m}$$

$$h_{f1-2} = h_{f1} + h_{f2} \quad \text{donde:} \quad \text{Ec. 8-2}$$

h_{f1} = Pérdidas de succión.

h_{f2} = Pérdidas de descarga.

Para el cálculo de las pérdidas utilizamos la ecuación de Darcy – Weisbach donde:

$$h_{f1} = \frac{f L}{D} * \frac{C^2}{2g} \quad \text{Ec. 8-3}$$

Pérdidas de carga en la entrada:

$$h_{f1} = \frac{H}{100} * L + \sum K * \frac{C^2}{2g} \quad \text{Ec. 8-4}$$

Accesorios:

- Tazón de Succión = Filtro $\rightarrow K = 1,5$
- Entrada en tubería proyectada dentro del tanque $\rightarrow K = 0,78$

Se tiene que:

$$\frac{H}{100} * L = 0$$

$$h_{f1} = \sum K * \frac{C^2}{2g}$$

$$\frac{C^2}{2g} = 0,0193 \text{ m}$$

$$h_{f1} = 0,0193 * (0,78 + 1,5)$$

$$\mathbf{h_{f1} = 0,0440 \text{ m}}$$

Pérdidas de carga a la salida:

Tubería de 2'' \rightarrow Coeficiente de Fricción = $11,379 * 100 \text{ m}$

Accesorios:

- 2 Válvulas de Retención.
- 1 Válvula de Compuerta.
- 4 Codos 90° Estándar.
- 2 Codos 45°

a) Cálculo por Longitud equivalente:

Longitudes Equivalentes:

Válvulas de Retención → 3,39 m

Válvula de Compuerta → 0,28 m

Codos 90° Estándar. → 1,74 m

Codos 45° → 0,85

$$L_e = 2*(3,39) + 0,28 + 4*(1,74) + 2*(0,85)$$

Longitud de Tubería Lisa = 41 m

$$L = 41 + L_e$$

$$L = 41 + 15,72$$

$$L = 56,72 \text{ m}$$

$$hf_2 = \frac{H}{100} * L$$

$$hf_2 = 56,72 * \frac{11,379}{100}$$

$$hf_2 = 6,454 \text{ m}$$

b) Cálculo por Coeficientes de Pérdida de Carga, K

- Válvulas de Retención → K = 1,9
- Válvula de Compuerta → K = 0,15
- Codos 90° Estándar → K = 0,57
- Codos 45° → K = 0,3

$$hf_2 = \frac{H}{100} * L + \sum K * \frac{C^2}{2g}$$

$$hf_2 = \frac{11,379}{100} * 41 + 0,2771 * (1,9 * 2 + 0,15 + 0,57 * 4 + 0,3 * 2)$$

$$hf_2 = 4,6653 + 1,8925$$

$$hf_2 = 6,5579 \text{ m}$$

Tomando como pérdidas de carga a la salida el caso más desfavorable: Caso b

$$hf_2 = 6,5579 \text{ m}$$

$$hf_{1-2} = hf_1 + hf_2$$

$$hf_{1-2} = 0,0440 + 6,5579$$

$$hf_{1-2} = 6,6019 \text{ m}$$

Sustituyendo los valores en la Ec. 8-1 tenemos:

$$H = \Delta Z + hf_{1-2}$$

$$H = 36 + 6,6019$$

$$H = 42,6019 \text{ m}$$

Potencia requerida:

$$P = \frac{\gamma * Q * H}{\eta}$$

Ec. 8-5

$$\gamma = 9767,375 \text{ N/m}^3 \quad Q = 5e-3 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H = 42,6019 \text{ m} \quad \eta = 0,6$$

Sustituyendo los valores en la Ec. 8-5:

$$P = \frac{9767,375 * 5e-3 * 42,6019}{0,6}$$

$$P = 3467,572 \text{ W} \rightarrow P = 4,65 \text{ HP}$$

Por lo tanto la Potencia requerida será de **P = 5 HP**

La Bomba seleccionada será una Bomba Electrosumergible de 4'' marca *GOULD PUMPS* modelo 80GS50, cuyas características técnicas se presentan en los anexos. Esta selección coincide y verifica que la bomba instalada actualmente en el pozo es la recomendada para esta aplicación. Los Datos Principales para esta bomba son:

Marca	Gould Pumps
Modelo	80GS50
Caudal Nominal	80 GPM
Potencia	5 HP
Diámetro Nominal	4''

Cuadro 11. Datos de la Bomba Sumergible.

Para la bomba seleccionada se muestra la curva del sistema, la cual se realizó mediante una hoja de cálculo de Excel.

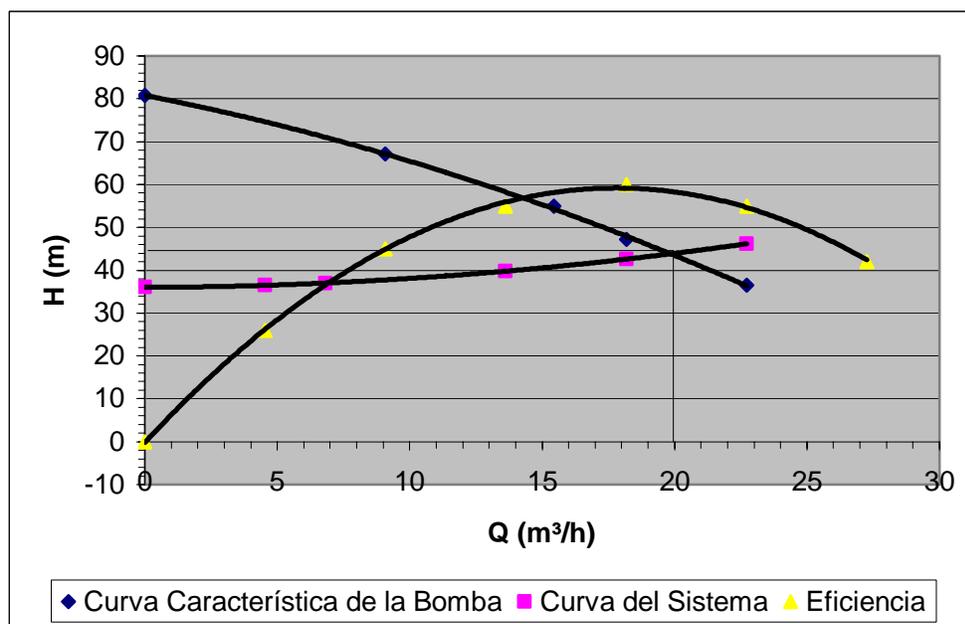


Figura 16. Curva del Sistema

El punto de operación es:

$$Q = 20 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H = 44 \text{ m}$$

Cavitación:

Los valores del NPSH para la bomba seleccionada no se muestran en la curva del fabricante, por lo tanto este valor se asumirá de la ecuación:

$$S_q = \frac{\omega \cdot \sqrt{Q}}{(g \cdot \Delta h_c)^{3/4}} \quad \text{Ec 8-6}$$

Suponiendo el valor de S_q en 2,5 y asumiendo el valor de $\Delta h_c \cong \text{NPSH}$, podemos despejar este valor.

Suposiciones:

$$S_q = 2,5$$

$$\text{NPSH} \cong \Delta h_c$$

Ahora podemos calcular el valor del NPSH:

$$Q = 5e-3 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} = 361,283 \text{ rad/s} \quad \text{Con } n = 3450 \text{ rpm}$$

$$g = 9,80665 \text{ m/s}^2$$

Con estos valores podemos despejar y calcular el valor de Δh_c de la ecuación 8-6 y aproximarle al valor del NPSH, donde:

$$\Delta h_c = 2,274 \cong \text{NPSH}$$

Ahora se tiene que:

$$h_{c\max} = \frac{p_{\text{atm}} - p_v}{\gamma} - \sum h_{f\text{succ}} - \text{NPSH} \quad \text{Ec 8-7}$$

$$h_{c\max} = 10,042 - 0,040 - 2,274$$

$$h_{c\max} = 7,724 \text{ m}$$

La bomba esta sumergida 6 m del nivel de agua y comparando con el valor de máxima altura de colocación; $6 < h_{c\max}$, podemos verificar que la bomba *no cavita*.

En contactos realizados con la compañía de perforaciones ITAPER C.A., su presidente el señor Yoriz Marzolis, fue la persona quien suministró toda la información referente a los trabajos de excavación realizados en el mencionado pozo, este perfil suministra datos de los elementos encontrado durante el desarrollo de la misma, así como datos de la tubería utilizada. Este registro se presenta en forma de anexo.

Las pruebas que se lograron realizar al pozo fueron de caudal constante, en las cuales se verifico el funcionamiento del mismo durante un lapso continuo de tiempo, de esta forma se encuentra que el pozo puede estar trabajando un espacio de hasta ocho (8) horas diarias, brindando una cantidad de 144.000 L de agua diarios, los cuales utilizados de manera alternativa para suplir los tanques de almacenamiento, permitiría disminuir en cierta medida la facturación mensual que tiene la empresa con la suministradora del servicio (Hidrocapital) reflejando un ahorro a futuro por este concepto. En un estudio histórico desde el año 2001 hasta Agosto del 2003, se presenta un promedio mensual de consumo de 5.500 m³, y representa un promedio de facturación de 5.500.000 Bs.

<i>Año</i>	<i>m³</i>	<i>Bs./Mes</i>
2001	5.628	4.840.574,50
2002	5.355	5.499.458,14
Ago. 2003	5.750	6.215.450,20

Cuadro 12. Histórico Consumo de Agua.

Con el ánimo de sustentar de una mejor manera las expectativas de uso de este pozo, se realizaron contactos con la empresa Hidrocapital con la intención de buscar toda la información posible acerca de las capacidades de reservorio y distribución geográfica de los acuíferos existentes en la zona y específicamente de donde se alimenta el pozo en cuestión. Como resultado de la gestión frente a la mencionada empresa se pudo obtener información acerca de la ubicación y distribución de los diferentes pozos de la zona de Guatire, la cual esta enmarcada en el denominado *Sistema Fajardo*. Las personas de contacto y que nos facilitaron

dicha información fueron *la Ingeniero Jeannine Toneatti y el Ingeniero Carlos Sánchez* pertenecientes al Departamento de Proyectos, específicamente de Proyectos de Agua Potable.

La información se encuentra sustentada en el trabajo de investigación desarrollado de manera conjunta por una empresa israelí, con personal de Hidrocapital, y empresas nacionales de perforaciones, basado en la investigación, identificación de las reservas y distribución de los distintos acuíferos y reservorios subterráneos presentes en el valle de Guarenas–Guatire. Aquí se muestra la ubicación del pozo de aguas profundas perteneciente a la empresa y su zona circundante de recarga.

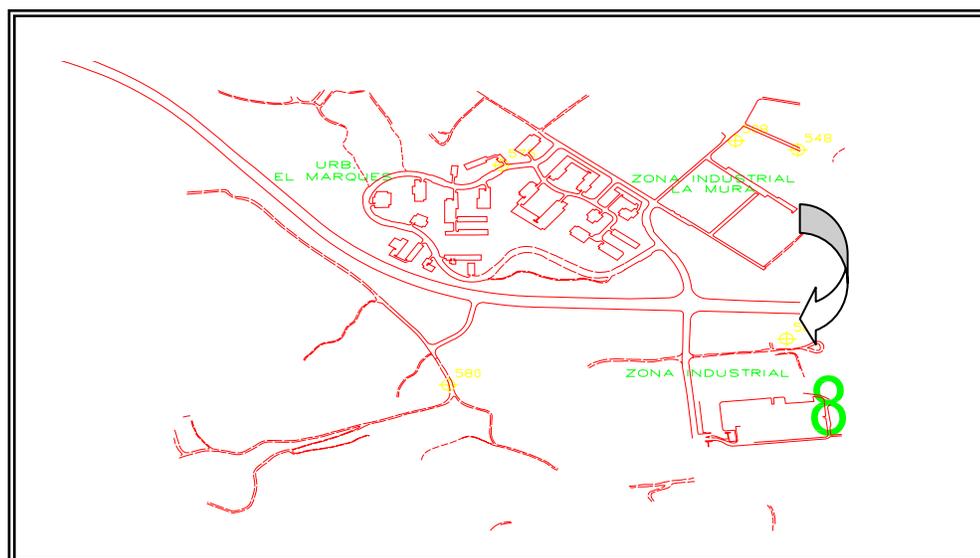


Figura 17. Ubicación del pozo perteneciente a la empresa AVON Cosmetics.

Desde el momento en el cual se realizó la perforación del pozo, se han venido realizando estudios físico-químicos y bacteriológicos de sus aguas, para monitorear sus condiciones y calidad. En este sentido, y de acuerdo al estudio más reciente, se está frente a un agua que muestra valores altos, mayores a los permitidos, de los parámetros Turbiedad, Dureza y El hierro (en forma suspendida), pero que se encuentra dentro de los valores bacteriológicos permisibles. Basándonos en esto se buscan propuestas con los proveedores de *Sistemas de Tratamiento de Aguas*, para saber y evaluar la gama de tratamientos aplicables, bajo estas

condiciones, para lograr la utilización de este recurso dentro del sistema de producción de la empresa. Estos análisis se presentan dentro del siguiente cuadro.

PARAMETROS	MUESTRA RED DISTRIBUC. No. 2003-0686	NORMAS M.S.D.S. (Valores Máximos Permisibles)
pH (Unidades)	7,5	6,5 - 8,5
COLOR REAL (u.Pt-Co)	<5	15
TURBIEDAD (U.F.T.)	30	5
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	526	500
CLORUROS	209	300
SODIO+POTASIO (Na)	163	200
SULFATO	220	500
FLUORUROS	0,54	0,7- 1,0
NITRATOS (N)	0,208	10
NITRITOS (N)	0,005	0,01
HIERRO TOTAL	3,8	0,3
MANGANESO TOTAL	0,44	0,5
SÓLIDOS DISUELTOS T.	1097	1000

Unidades expresadas en mg/l salvo indicación.
Gaceta Oficial No 36.395 de fecha 13-02-98.

Cuadro 13. Comparación calidad para agua potable.

Parámetros físico químicos

Cliente: AVON Cosmetic

Fuente: Pozo

Sitio: Salida del pozo

Fecha de captación: 14-05-2003

En el siguiente cuadro se presenta el análisis bacteriológico de las aguas del pozo profundo.

PARAMETROS	MUESTRA No. 2003- 0687	NORMAS M.S.D.S. (Valores Máximos Permisibles)
Colif.Totales(NMP/100ml)	0	0
Colif.Fecales (NMP/100ml)	0	0
Cont. bacteriano(μfc/ml)	10	100

Gaceta Oficial No 36.395 de fecha 13-02-98.

Cuadro 14. Comparación calidad para agua potable.

Calidad Microbiológica

Cliente: AVON Cosmetic

Fuente: Pozo

Sitio: Salida del pozo

Fecha de captación: 14-05-2003

Las recomendaciones presentadas para tratar este caudal de agua, se basan en la utilización de tratamientos físicos de filtrado u otro tratamiento previo a pasar el agua hasta los tanques de almacenamiento para su posterior inserción a la red de la planta. Es importante acotar que según las condiciones presentadas por el agua en los análisis realizados, se adecuan a los parámetros de funcionamiento de un sistema de tratamiento bajo la modalidad de la ósmosis inversa.

Otra opción para usar los recursos provenientes del pozo y con el ánimo de abaratar en cierta manera los desembolsos realizados por concepto de suministro a la empresa Hidrocapital (si se decide no utilizarla dentro del caudal utilizado para el proceso productivo), es la de usar estas aguas para suplir las necesidades de otras áreas de la empresa, en las cuales podrían funcionar perfectamente dada la calidad de las mismas, con este suministro. Ejemplo: Operaciones de riego, Limpieza general, Limpieza y Suministro a los sanitarios, los cuales se debitaran de la facturación a Hidrocapital (Aprox. 35%).

Así mismo, en referencia a las condiciones del agua del pozo y a los factores que pueden influir sobre su calidad y disposición, se debe evaluar *el reemplazo de la tubería por la cual se realiza la extracción del agua*, puesto que según los análisis realizados, se tiene una alta

presencia de hierro, el cual se encuentra en forma de suspensión, y según las opiniones de varios proveedores de servicios (basados en su experiencia), esta presencia de hierro es aportada por la oxidación presente en la tubería de extracción. En este sentido se propone y se presenta la alternativa de sustituirla por otro tipo de material, o una *tecnología de mangueras flexibles para extracción de aguas subterráneas*, las cuales representan una tecnología de última generación y presenta muchas ventajas frente a las tuberías tradicionales del acero, en aspectos claves como: *resistencia a la corrosión, rápida instalación y a menor costo y un mejor rendimiento de operación*. Las bondades de este sistema de impulsión se muestran con más detalles en la sección de anexos.

Para concretar esta propuesta, se estima necesario realizar inversiones en los sistemas previos de filtrado, y en el equipo de tratamiento de agua posterior a dicho filtrado, que puede ser el equipo de ósmosis presentado como ejemplo en la sustitución del sistema. Las cotizaciones para los sistemas de filtrado necesarios, no fueron suministradas por los proveedores por problemas operativos internos en las empresas contactadas, por ello se tiene el costo estimado del sistema de ósmosis únicamente.

Capítulo IX

ANÁLISIS ECONÓMICO

Para realizar la revisión de la factibilidad económica del proyecto presentado, de acuerdo a la inversión destinada en la propuesta que sea adoptada por la empresa de manera formal, y tener cuantificado el retorno de la inversión a realizar, deberíamos tener estandarizados todos los procesos de fabricación dentro de la empresa, obteniendo así una estructura de costos de inversión para la fabricación.

Esta estructura de costos permitiría de una forma estricta, la comparación de los parámetros económicos involucrados que se deben tomar en consideración al momento de realizar una inversión de capital y/o la inversión propiamente dicha. Esto no es posible, puesto que los estándares que permitirían sustentar la estructura de costos mencionada, se están llevando a cabo en estos momentos y no se estima su término antes de la culminación de este trabajo. De igual manera no se pudiese hablar de manera formal de una rentabilidad y un retorno de inversión, por concepto de equipos y componentes destinados al aumento de la capacidad de generación de agua desmineralizada de la empresa, puesto que al representar casi el 80% de la producción total, estos productos y las acciones tendentes a incrementar su producción y ventas, se presentan como una necesidad, mas que como un costo de inversión normal.

Debido a esta situación y con el ánimo de mostrar y cuantificar de alguna manera lo que puede representar para la empresa y su desarrollo futuro no tomar una acción que busque aumentar la oferta de agua desmineralizada (190l), se estimó utilizar un inventario de productos que utilizan agua desmineralizada en su composición y de forma paralela un estimado de costos generados por este inventario, con la finalidad de evaluar un costo unitario estimado de cada uno de estos productos (190l), sobre los cuales se evaluaron los crecimientos constantes de forma anual que van desde 5 hasta un 25% de crecimiento, teniendo en cuenta que los precios unitarios son referidos a productos terminados y se tomaran como precio de venta al público.

Obteniéndose de esta manera un estimado representativo en Bs/Año, de lo que se puede percibir por la venta de los productos (1901); lo cual si se compara con la demanda futura y la capacidad de generación actual de agua desmineralizada, se pueda apreciar lo que se estaría dejando de ganar por concepto de ventas al momento en que la demanda sobrepase la capacidad de generación actual y se llegue con esto a un tope de producción. Estos gráficos son presentados a continuación.

FAMILIA DE PRODUCTOS FABRICADOS CON 1901		Unidades inventario (unidades)	Costos asociados (Bs.)	Costo unitario (Bs/unid.)
403	TUBE	611780	534073782	872,983396
405	LIQUID VACUM OVER 30 CC	189198	328825440	1737,996385
406	CREAMY LOTION	386352	439298667	1137,04256
408	PUMP SPRAY GLASS	106803	351640480	3292,421374
409	LIQUID EYE LINER	40439	56066088	1386,436064
410	PUMP SPARY CAN	45664	70331482	1540,195384
411	CREAM JAR	91698	161314235	1759,190331
413	SHAMPOO AND RINSE	171030	245342167	1434,497848
414	HOT FILL	44678	30164097	675,1442992
415	ROLL-ON	845980	319051126	377,1379063
418	ASSEMBLY LIPSTICK	292337	358152337	1225,135159
419	MASCARA	101340	142162122	1402,823387
420	LIQUID MAKE-UP	39283	56504389	1438,392918
428	ROLLET	5272	7047582	1336,794765
430	SOAP	17039	25724866	1509,763836

Cuadro 15. Costo Unitario Productos 1901.

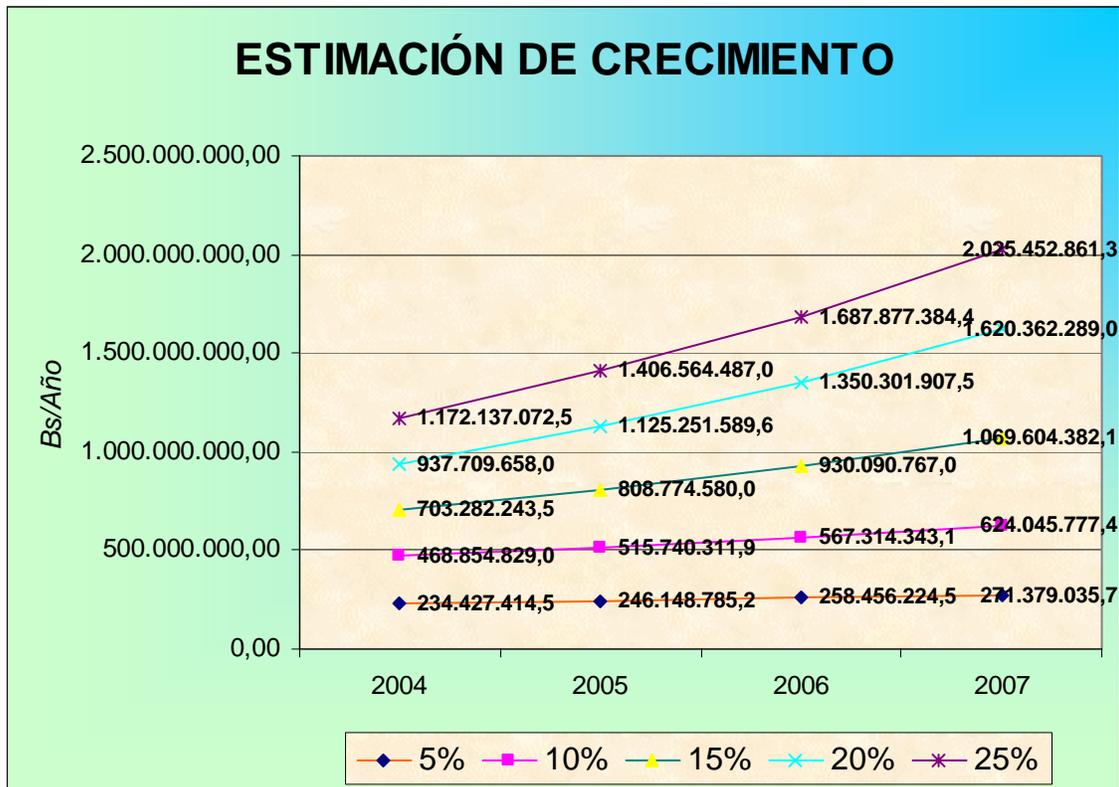


Figura 18. Estimación de Crecimiento de Ganancias por los Productos 1901.

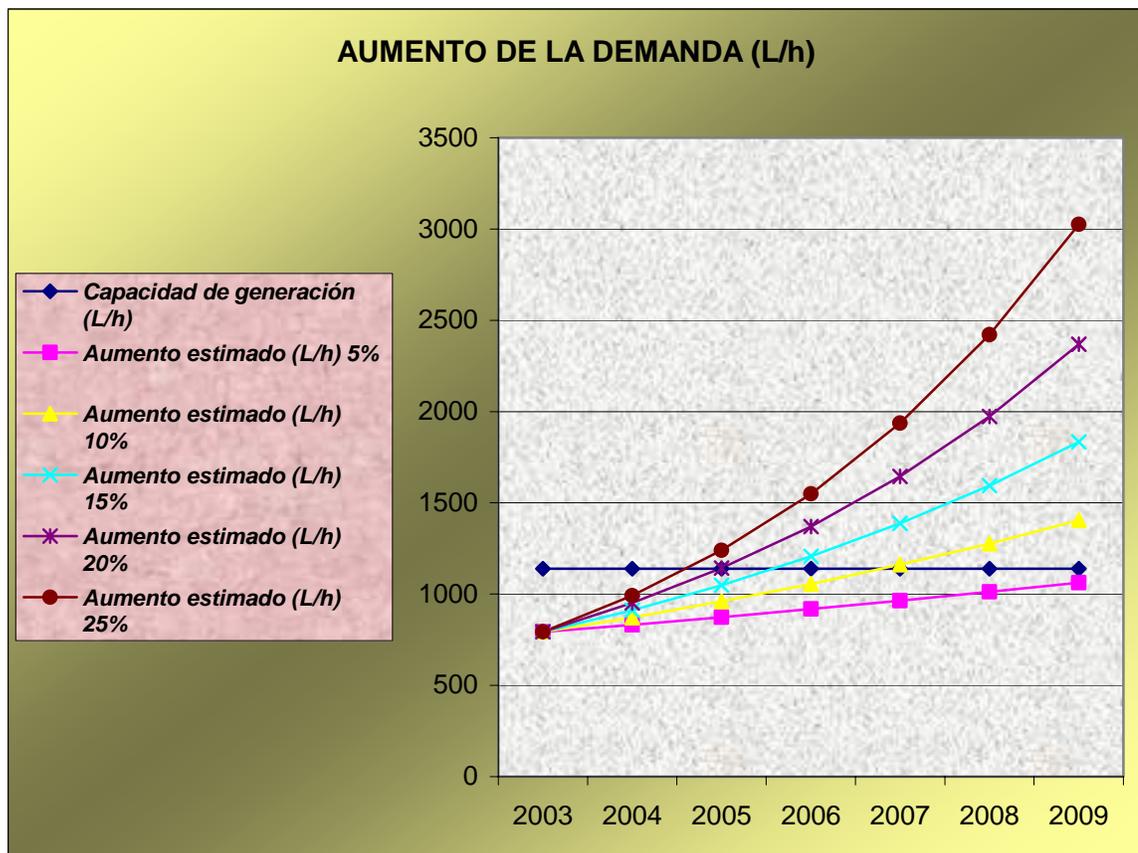


Figura 19. Aumento Estimado de la Demanda en L/h de Agua Desmineralizada (1901).

Con la finalidad de cuantificar los gastos en los cuales se incurre con la puesta en marcha de cada una de las propuestas presentadas dentro del proyecto, se muestran todos y cada uno de los equipos involucrados en las mismas y sus respectivos costos de adquisición, según las cotizaciones obtenidas.

9.1 REPOTENCIAR EL SISTEMA ACTUAL:

Los productos presentados fueron seleccionados, por ser de las mismas marcas y condiciones, o en su defecto los más similares a los componentes de operación originales del sistema actual, lo cual dará garantía de que el equipo mantenga su capacidad de generación de agua desmineralizada de una manera mas eficiente que en la actualidad.

Concepto	Costo	Cantidad	Inversión (Bs.)
Carbón Activado 12-40 centaur	297.000 Bs/ ft ³	8 ft ³	2.376.000
Resina Aniónica fuerte A244	616.000 Bs/ ft ³	7 ft ³	4.312.000
Resina Catiónica fuerte C211	285.000 Bs/ ft ³	9 ft ³	2.565.000
Tanque de Fibra 20.000 L.	7.900.000 Bs	1	7.900.000
			17.153.000

Cuadro 16. Inversión para Repotenciar Sistema Actual.

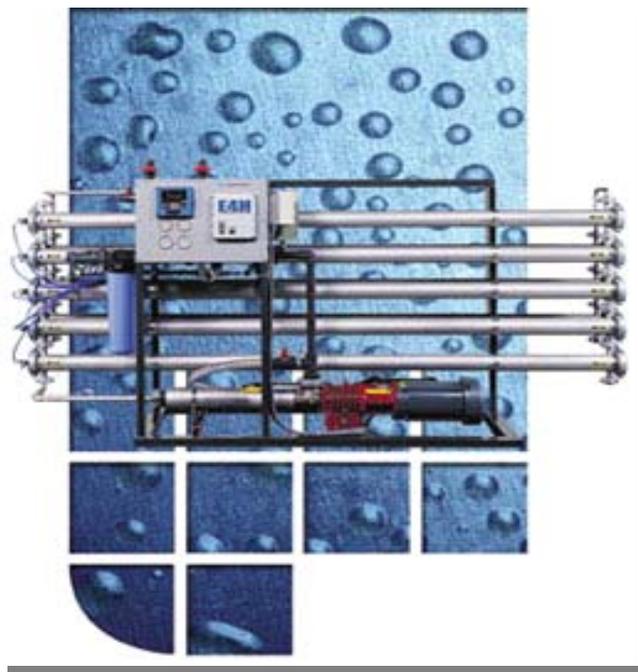
9.2 SUSTITUCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO:

El equipo seleccionado corresponde a una planta de ósmosis inversa de la empresa GEBetz, con una capacidad de generación de 6.800 L/h, este equipo se presenta con el ánimo de ilustrar y dar base cuantificable a una eventual inversión, bajo este concepto, y fue escogida bajo los siguientes parámetros de comparación:

- *Relación Precio-Capacidad de producción:* Puesto que representa la mejor oferta al momento de comparar su precio con su capacidad de producción, comparándola con las otras plantas mostradas dentro de las cotizaciones presentadas en el *Cuadro 7*, las cuales aunque poseen menor capacidad de generación tienen un costo mayor.
- *Tecnología de Trabajo:* Todas y cada una de las plantas cotizadas, trabajan bajo la modalidad de la ósmosis inversa, y aún más la marca Osmonics que fabrica otras de las plantas cotizadas, fue adquirida en su totalidad por GEBetz, convirtiéndose esta última en la casa matriz de las plantas Osmonics.
- *Necesidad de la Empresa:* Ya que la empresa se encuentra en planes de crecimiento interno y de un eventual apoyo de producción a otras subsidiarias, (Brasil, Republica Dominicana), obedeciendo los planes estratégicos de AVON Cosmetics casa matriz, busca tener una garantía de capacidad generación de agua desmineralizada para la producción, de suficiente holgura y no ven el incremento de esta capacidad como una capacidad ociosa.
- *Ubicación del Proveedor:* La empresa GEBetz posee representación y plantas de producción en nuestro país.

Concepto	Cap. de Producción	Cantidad	Inversión
Planta de Ósmosis Inversa	6.800 L/h.	1	44.000 US \$ (70.400.000 Bs.)

Cuadro 17. Inversión para Sustituir Sistema Actual.



Capacidad de generación: 6.800 L/h.

Caudal de alimentación: 9.820 L/h.

Figura 20. Equipo de Ósmosis Inversa referencial.

9.3 INCORPORACIÓN DEL POZO DE AGUAS PROFUNDAS:

Se presenta de manera referencial la planta de ósmosis recomendada en la sustitución, ya que este sistema es capaz de brindar tratamiento tanto a las aguas provenientes del pozo, como a las de la red de suministro de Hidrocapital, lo cual sería un eventual panorama de operación que adoptaría la empresa en un futuro una vez realizados mayores estudios de capacidad de reserva al pozo, o para una posible contingencia.

Concepto	Cap. de Producción	Cantidad	Inversión
Planta de Ósmosis Inversa	6.800 L/h.	1	44.000 US \$ (70.400.000 Bs.)

Cuadro 18. Inversión para Incorporar las Aguas del Pozo Profundo.

Capítulo X

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- Es primordial, el hecho de aumentar la cantidad de agua desmineralizada (1901) disponible para ser utilizada en el proceso productivo de la empresa, sustentando de esta manera los aumentos de producción actuales y a futuro, los cuales serán percibidos como ganancias.
- De cierta manera se debe mejorar el tiempo invertido para las operaciones de mantenimiento del sistema, que si bien permanecerían iguales de seguirse trabajando con el equipo actual, se podrían planificar paradas en horas en las cuales no se vea tan afectado el proceso productivo y de manufactura.
- El agua suministrada por Hidrocapital presenta un valor de T.S.D.< 400 mg/L, y el mismo se encuentra dentro de los parámetros en los cuales es recomendable la utilización de sistemas de tratamiento del tipo intercambio iónico (T.S.D.< 400 mg/L). De esta forma si se piensa utilizar esta como único suministro, se presenta como alternativa lógica quedarnos con un sistema similar en tecnología y operación, al existente, claro está luego de la ejecución de las labores tendentes a su repotenciación.
- El cambio de resinas al equipo actual y seguir su operación habitual, nos podría devolver las condiciones de operación iniciales (1.000 L/h), aumentando la oferta de agua desmineralizada (1901) y mejorando su desempeño, aunque no disminuirían en mucho las operaciones de regeneración dada la demanda y producción de agua, ya que estas aumentan en proporcionalidad directa.
- Si el valor de T.S.D. en el agua del pozo se puede reducir a valores inferiores a los 400 mg/L, esta se podría tratar a través del equipo de intercambio iónico.

- Luego de hacer las evaluaciones de los sistemas de tratamiento de aguas, considerando aspectos claves de su desempeño como costos de operación y mantenimiento, costos iniciales de adquisición, puesta en marcha, y la capacidad de producción; se llega a la conclusión que el sistema por el cual es conveniente realizar la sustitución del actual, es la ósmosis inversa puesto que dicho sistema posee grandes ventajas comparativas respecto al actual en casi todos los aspectos considerados anteriormente.

- El tratamiento de aguas utilizando ósmosis inversa es definitivamente mucho más eficiente, ocupa menor espacio y posee un tiempo fuera de servicio bastante menor al sistema actual de lechos gemelos, este requeriría de solo 3 a 4 paradas anuales, cada una con una duración de entre 1 y 3 horas.

- El sistema de ósmosis inversa sería capaz de trabajar sin ningún inconveniente con el agua suministrada tanto por Hidrocapital, como por el pozo de aguas profundas; a diferencia del sistema actual (intercambio iónico) el cual requeriría de un tratamiento previo para el agua del pozo antes de poder tratarla.

- Es importante sopesar, que aun cuando el abastecimiento del pozo pudiese satisfacer la operación de producción de la empresa, y sustituyera el suministro de Hidrocapital, debido a los costos de adquisición y mantenimiento de los equipos necesarios para adecuar sus condiciones a los requerimientos del proceso productivo, puede degenerar en costos más elevados por m³ producido que el costo pagado a Hidrocapital por el mismo concepto.

- Como es evidente, si el pozo es capaz dadas sus condiciones, de proveernos de gran parte de nuestra demanda de agua para otras áreas de la empresa (servicios generales, limpieza, sanitarios, riego, etc.), los costos pagados a Hidrocapital serían disminuidos.

- El tratamiento de aguas mediante la electrodiálisis, presenta condiciones similares de funcionamiento a la ósmosis, pero suma un aumento en el gasto energético de la empresa lo cual se reflejaría en un incremento de costos.

- La implementación de otro sistema desmineralizador paralelo alterno al existente, no solo nos reportaría un aumento de la oferta de 1901, sino que nos podría garantizar, sustentar el tiempo de mantenimiento alternativo para ambos equipos, salvando así las paradas realizadas por este motivo.

- En cuanto a la factibilidad económica para una eventual inversión de capital en un nuevo equipo de tratamiento de aguas, se debe tener en cuenta que no es posible determinarla, puesto que el equipo representa una pequeña parte de todo el sistema productivo de la empresa y no es posible asignarle una rentabilidad específica, pero de igual forma este determina la producción de alrededor del 80% de la producción total de la misma; y de esta forma dicha inversión se tiene en cuenta como una necesidad más que como una inversión en la que se busque como prioridad un retorno de capital invertido.

Recomendaciones:

- Se recomienda realizar un estudio previo de todos y cada uno de los componentes que se vayan a sustituir, dentro del equipo desmineralizador actual, para de esta manera comprobar que cumplan con las características que se adapten a nuestros requerimientos, sin sacrificar calidad por menores costos.
- Se debe estimar dentro del plan de repotenciar el equipo, todo lo concerniente con la parte de instrumentación y control del mismo, la cual se encuentra en un estado de deterioro bastante avanzado, pues no se muestran ninguna de las escalas de ajuste para los parámetros de operación.
- Se recomienda realizar y mantener contacto con empresas que ejerzan representación directa de las casas fabricantes de sistemas de tratamiento de agua en nuestro país, y no con personas o empresas que se dediquen a la simple distribución de servicios. Garantizando de esta manera, obtener beneficios y soporte técnico directo, aunado a una baja sensible en los costos asociados a la adquisición y operación del sistema.
- Es de considerar también que en vista de que en los actuales momentos la empresa se encuentra desarrollando proyectos de bastante envergadura, se podrían plantear implementaciones de corto y mediano plazo para el final reemplazo del sistema de tratamiento de aguas de la empresa. De esta manera se puede plantear como proyecto de *corto plazo* la opción de *repotenciar el sistema desmineralizador actual* ejecutando los cambios pertinentes de sus componentes. Dejando como objetivo de *mediano plazo* (ya que al final de cuentas se debe ir a la sustitución del sistema), *la puesta en marcha de otro tipo de sistema de tratamiento de aguas* para el abastecimiento de la empresa en el ámbito de sus procesos productivos e incluso de sus requerimientos totales de agua.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Bon Aqua ® Josivan Estudios & Proyectos C.A., 2000, “Manual Técnico para Sistemas de Enfriamiento,” Caracas.
- [2] Crane, 1990, “Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías”, Mc.Graw Hill, México.
- [3] Ingersoll Rand, 1981, “Cameron Hydraulic Data”, Woodoliff Lake N.J.
- [4] Jiménez de Cisneros, Luis, 1977, “Manual de Bombas”, Editorial Blume, España.
- [5] Karassik, Igor J., 1975, “Bombas Centrífugas: Selección, Operación y Mantenimiento”, Editorial Continental, Mexico.
- [6] Karassik, Igor, 1983, “Manual de Bombas: Diseño, Aplicaciones, Especificaciones Operación y Mantenimiento”, Mc.Graw Hill, México.
- [7] Pietersz C., Frank, 2000, “Pérdidas por fricción en tuberías debido a la resistencia del flujo de líquidos”, Caracas.
- [8] Universidad Central de Venezuela, 1967, “Desarrollo de Aguas Subterráneas”, Caracas.

Páginas Web consultadas en Internet:

- [9] <http://www.airelibrelapalma.org/itc6-desalacion.pdf>
Material: Desalación de Aguas
Autor: Gilberto Martel Rodríguez. Fuente: ITC.
- [10] http://www.aguamarket.com/temas_interes/073.asp
- [11] <http://www.angel.qui.ub.es/~curco/Membranes/Electrodialisis/Electrodialisis.htm>
Universidad de Barcelona. Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia,
Miembro del Departamento, David Curcó. curco@angel.qui.ub.es
- [12] <http://www.astramatic.com/esp/Producto.html>
- [13] <http://www.avon.com.ve/>
- [14] <http://www.avoncompany.com/world/timeline.html>
- [15] http://www.excelwater.com/spa/b2c/water_tech_5.php
Excel Water Technologies Inc.
- [16] <http://www.lenntech.com/espanol/intercambiador-ionico.htm>
- [17] <http://www.lenntech.com/espanol/home-esp.htm>

LENNTECH. Purificación del aire y tratamiento del agua

[18] http://www.tecnociencia.es/especiales/intercambio_ionico/funcionamiento.htm

Portal Tecno – Ciencia. España. Diciembre 2001.

[19] http://mx.geocities.com/agua_cosmos/osmosis.htm