

**ESTUDIO PARA LA REUTILIZACION DEL AGUA EN LA INDUSTRIA
FARMACEUTICA DE SOLUCIONES PARENTERALES EN UNA EMPRESA DE
BOGOTÁ**

ING. DIANA MARGARITA PEÑA BELTRÁN

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICOQUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN INGENIERÍA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

2010

**ESTUDIO PARA LA REUTILIZACION DEL AGUA EN LA INDUSTRIA
FARMACEUTICA DE SOLUCIONES PARENTERALES EN UNA EMPRESA DE
BOGOTÁ**

ING. DIANA MARGARITA PEÑA BELTRÁN

Proyecto para optar al título de
Especialista en Ingeniería Ambiental

Director

ING. RUBÉN DARÍO MOJÍCA JIMÉNEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA FISCOQUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN INGENIERÍA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

2010

Ni la Universidad Industrial de Santander, ni los jurados se hacen responsables de los conceptos expuestos en el presente documento.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su agradecimiento a:

Rubén Darío Mojica Ingeniero de alimentos y director de proyecto, por su orientación y apoyo en el desarrollo del presente estudio.

Germán Villarraga Ingeniero Mecánico y Gerente de ingeniería de Fresenius Medical Care, por su conocimiento técnico y profesional en el área técnica de la empresa.

Personal de ingeniería quienes suministraron información para el buen curso del proyecto y además aclararon dudas en el desarrollo.

Personal de control de calidad por brindar su cooperación e interés en las pruebas para la caracterización de las aguas de rechazo aportando su valioso conocimiento en el área de la farmacia.

Personal de producción quienes aportaron su conocimiento y experiencia en los procesos internos en la planta.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. GENERALIDADES	17
1.1 PLANTEO DEL PROBLEMA	17
1.2 OBJETIVOS	18
1.3 ESTADO DEL ARTE	18
1.4 ALCANCES	20
1.5 LIMITACIONES	20
1.6 METODOLOGÍA	20
2. ESTUDIO TÉCNICO	23
2.1 DEFINIÓN DEL FLUJO DEL AGUA POTABLE	23
2.1.1 Flujo general	23
2.1.2 Flujo planta producción y sistema producción agua para inyección	23
2.2 SISTEMA PRODUCCIÓN AGUA PARA INYECCIÓN	24
2.3 BALANCE HÍDRICO	26
2.3.1 Cálculo balance hídrico sección A	27
2.3.2 Cálculo balance hídrico sección B	29
2.3.3 Cálculo balance hídrico secciones C, D y E	31
2.3.4 Evaluación balance hídrico	34
2.4 CARACTERIZACIÓN AGUAS DE RECHAZO	34
2.5 BALANCE HÍDRICO PROYECTADO REUTILIZANDO AGUAS DE RECHAZO DEL DESTILADOR Y OSMOSIS INVERSA	39
2.5.1 Ahorro agua potable	41
3. PRESUPUESTO DEL ESTUDIO	43
4. CONCLUSIONES	44
BIBLIOGRAFÍA	45
ANEXOS	47

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1	Caracterización aguas potable, purificada y WFI26
Cuadro 2	Identificación secciones para elaboración del balance hídrico27
Cuadro 3	Suministro, rechazo y fuente de datos de la sección A28
Cuadro 4	Suministro, rechazo y fuente de datos de la sección B29
Cuadro 5	Suministro, rechazo y fuente de datos secciones C, D y E31
Cuadro 6	Suministro y rechazo sección C32
Cuadro 7	Características del agua para alimentación calderas34
Cuadro 8	Características del agua para alimentación torre de enfriamiento35
Cuadro 9	Cronograma toma de muestras para análisis de las aguas de rechazo del destilador y osmosis.....35
Cuadro 10	Resultado de la caracterización del agua de rechazo del destilador elaborado en los meses Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre de 2008, por el laboratorio de la empresa de soluciones parenterales de Bogotá en estudio.....36
Cuadro 11	Resultado diario de la caracterización del agua de rechazo del destilador en la última semana de Noviembre de 2008 elaborado por la empresa farmacéutica de soluciones parenterales en Bogotá y el laboratorio externo.37
Cuadro 12	Resultado de la caracterización del agua de rechazo de la osmosis elaborado en los meses Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre de 2008, por el laboratorio de la empresa de soluciones parenterales de Bogotá en estudio.....38
Cuadro 13	Comparativo balance actual vs proyectado41
Cuadro 14	Ahorro balance proyectado42
Cuadro 15	Costos caracterización aguas de rechazo43
Cuadro 16	Inversión estudio reutilización del agua43

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Esquema del proceso de producción de agua WFI	19
Figura 2 Flujo general del agua potable al ingreso de una empresa de soluciones parenterales con sede en Bogotá	23
Figura 3 Flujo del agua potable en la planta de producción de una empresa de soluciones parenterales con sede en Bogotá	24
Figura 4 Flujo del agua previamente tratada en el sistema de producción de agua para inyección WFI para alimentar otras áreas o procesos en una empresa de soluciones parenterales con sede en Bogotá	24
Figura 5 Sistema producción agua para inyección WFI	25
Figura 6 Gráfico suministro y rechazo m ³ /mes sección A	28
Figura 7 Gráfico suministro y rechazo m ³ /mes sección B	30
Figura 8 Flujo suministro y rechazo agua m ³ /mes en las secciones C,D y E	32
Figura 9 Grafico suministro vs. rechazo agua m ³ /mes en la sección C	33
Figura 10 Balance hídrico suministro y rechazo en m ³ /mes y porcentaje	33
Figura 11 Gráfica de los resultados de la caracterización del agua de rechazo destilador elaborado por la empresa farmacéutica de soluciones parenterales en Bogotá	36
Figura 12 Gráfica del resultado del pH fuera de especificación para el agua de rechazo del destilador para alimentar las calderas tomado la última semana de noviembre de 2008	37
Figura 13 Gráfica del resultado del recuento microbiano fuera de especificación para el agua de rechazo de la osmosis para alimentar las torres de enfriamiento tomado durante los meses de Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre de 2008	38
Figura 14 Balance hídrico proyectado en el sistema WFI	40

Figura 15 Balance hídrico proyectado con el reuso de las agua de rechazo del destilador y osmosis en la empresa farmacéutica de soluciones parenterales de Bogotá en estudio 40

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Balance hídrico m ³ /mes en una empresa farmacéutica de soluciones parenterales de Bogotá	47
Anexo 2. Registro consumo agua potable de los contadores m ³ /mes	48
Anexo 3. Resultados caracterización de las aguas de rechazo del destilador y la osmosis inversa	49
Anexo 4. Análisis de resultados para aprovechamiento de las aguas de rechazo	50

GLOSARIO

AGUA PARA INYECCIÓN: agua purificada nuevamente tratada para ser usada en soluciones parenterales.

AGUA PURIFICADA: Tipo de agua que se obtiene a partir del agua potable luego de pasar por procesos que pueden incluir prefiltración, ablandamiento, etc se emplea como excipiente en la producción de preparaciones no parenterales (preparaciones farmacéuticas que no son utilizadas por vía intravenosa)

ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DEL AGUA: son aquellos procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para evaluar sus características físicas, químicas o ambas.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA: son los procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para consumo humano para evaluar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos.

CALIDAD DEL AGUA: es el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia.

CLORO RESIDUAL LIBRE: es aquella porción que queda en el agua después de un período de contacto definido, que reacciona química y biológicamente como ácido hipocloroso o como ión hipoclorito.

COLIFORMES: bacterias Gram Negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37°C, produciendo ácido y gas (CO₂) en un plazo de 24 a 48 horas. Se clasifican como aerobias o anaerobias facultativas, son

oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática de la α galactosidasa. Es un indicador de contaminación microbiológica del agua para consumo humano.

ESCHERICHIA COLI - E-COLI: bacilo aerobio Gram Negativo no esporulado que se caracteriza por tener enzimas específicas como la α galactosidasa y α glucoronidasa. Es el indicador microbiológico preciso de contaminación fecal en el agua para consumo humano.

ESPECIFICACIÓN: rango que debe cumplir el resultado del ensayo

FUENTE DE ABASTECIMIENTO: depósito o curso de agua superficial o subterránea, utilizada en un sistema de suministro a la población, bien sea de aguas atmosféricas, superficiales, subterráneas o marinas.

OSMOSIS: paso recíproco de dos líquidos con concentraciones diferentes a través de una membrana semipermeable.

RECIRCULAR: acción de utilizar el efluente en el proceso donde inicialmente se uso

REUSAR: acción donde el efluente de un proceso con o sin tratamiento se utiliza en otro que requiera de diferente calidad

SANITIZACIÓN: proceso de limpieza compuesto por una solución de agua purificada y elementos asépticos

SOLUCIÓN PARENTERAL: aplicación intravenosa

TÍTULO: ESTUDIO PARA LA REUTILIZACION DEL AGUA EN LA INDUSTRIA FARMACEUTICA DE SOLUCIONES PARENTERALES EN UNA EMPRESA DE BOGOTÁ*

AUTOR: PEÑA BELTRÁN, Diana Margarita**

PALABRAS CLAVES: Soluciones parenterales, agua potable, ahorro, agua para inyección.

CONTENIDO:

En todo tipo de industria sea del sector de bebidas y alimentos, metalmecánico, petrolero y en particular el farmacéutico dedicado a la fabricación de soluciones parentales objeto de este estudio, dentro de sus procesos utilizan el recurso hídrico sin percibir en algunos casos el ahorro en el consumo y pago por el servicio y lo más importante la conservación del medio ambiente.

Hoy en día las empresas del sector farmacéutico como Bayer, Merck y Boehringer Ingelheim líderes en Colombia en el desarrollo sostenible y con una cultura de concientización en la preservación del medio ambiente. Desarrollan campañas para la concientización del consumo del agua y gracias a la ley 373 de 2 de junio de 1997 donde se establece el programa para uso eficiente y ahorro de agua, se evalúan técnicas viables para poder reutilizar el agua en sus procesos.

La empresa farmacéutica de soluciones parenterales de Bogotá en estudio, a nivel de Sur América es pionera en la gestión ambiental y tiene como meta ahorrar en el consumo del agua potable en el área de la planta específicamente en el sistema de tratamiento de agua para inyección. Sistema cuyo procesos generan aguas de rechazo pudiéndose reutilizar en otros procesos y/o equipos Es así la razón y fundamento de este estudio

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingeniería Físicoquímica. Escuela de Ingeniería Química. Especialización en Ingeniería Ambiental. Director Ing. Rubén Darío Mojica

TITLE: STUDY FOR RE-USE OF WATER IN THE PHARMACEUTICAL INDUSTRY IN A PARENTERAL SOLUTIONS COMPANY DE BOGOTÁ*

AUTHOR: PEÑA BELTRÁN, Diana Margarita**

KEY WORDS: Parenteral solutions, potable water, save, water for injection

CONTENT:

In all type of industry it is of the sector of drinks and foods, metallurgy, oil field and in particular the pharmacist dedicated to the manufacture of parental solutions object of this study, within its processes they use the hydro resource without perceiving in some cases the saving in the consumption and payment by the service and the most important conservation of the environment.

Nowadays the companies of the pharmaceutical sector like Bayer, Merck and Boehringer Ingelheim leaders in Colombian in the sustainable development and with a culture of awareness in the preservation of the environment. They develop campaigns for the awareness of the consumption of the water and thanks to law 373 of 2 of June of 1997 where it settles down the program for efficient use and water saving, viable techniques are evaluated to be able to reuse the water in their processes.

The pharmaceutical company of parenterals solutions of Bogotá in study, concerning the South America is pioneering in the environmental management and has as it puts to save specifically in the consumption of the potable water in the area of the plant in the system of water treatment for injection. System whose processes generate waters by ricochet being able to reuse in other processes and/or equipment Is therefore the reason and foundation of this study

* Thesis

** Physicochemical Engineering Faculty. Chemical Engineer School. Environmental Engineer Specialist. Director: Ing. Rubén Darío Mojica

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo es elaborar un estudio para la reutilización de las aguas de rechazo en una empresa del sector farmacéutico dedicado a la fabricación de soluciones parenterales en Bogotá. Soluciones compuestas por más del 95% de agua tratada llamada agua para inyección.

La empresa ha sido consciente de la importancia en el ahorro no solo por el lucro o ahorro que se deduzca con el tiempo, sino por la preservación del medio ambiente ya que se encuentra internamente estructurando el departamento de gestión ambiental y uno de sus objetivos es reducir los impactos ambientales que se generen en toda la empresa por medio del ciclo de vida de producto.

Para el desarrollo de este proyecto se debe identificar el flujo del agua y elaborar su respectivo balance hídrico donde se determina por porcentajes y limitaciones de la empresa los procesos y cantidades de agua que se pueden reutilizar, para luego caracterizarla cumpliendo con las especificaciones exigidas en los procesos ó equipos donde se vaya a suministrar. De esta evaluación se elabora un balance proyectado donde se muestra el ahorro del agua potable

1. GENERALIDADES

1.1 PLANTEO DEL PROBLEMA

La empresa en estudio en Bogotá cuya razón social es fabricar soluciones parenterales, demanda en gran cantidad agua tratada para producir agua para Inyección también llamada WFI (Water For Injection), como materia prima en sus productos. Los procesos de este tratamiento producen aguas de rechazo que son vertidas al alcantarillado sin poderlas recircular y/o reusar, perdiendo la posibilidad de ser aprovechadas y obtener un ahorro mensual reflejado en el pago del servicio de agua potable.

Además de acuerdo a lo dispuesto en la ley 373 de 1997 como parte del programa de ahorro y uso eficiente del agua se debe implementar el re-uso obligatorio del agua: “las aguas utilizadas deberán ser reutilizadas en actividades primarias y secundarias cuando el proceso técnico y económico así lo amerita”. Este programa es requerido para obtener el permiso de vertimientos exigido por el DAMA. Actualmente la empresa en estudio, se encuentra en trámite para su obtención.

El estado del problema se resume para una empresa productora de soluciones parenterales en Bogotá de la siguiente forma:

- Desperdicio de las aguas de rechazo en el proceso de tratamiento de agua WFI que se podría recircular y/o reusar en otros procesos (cantidad importante)
- Aprovechar el valor agregado que ha recibido el agua.
- Se cumple las nuevas normativas de la Secretaria del Medio Ambiente de acuerdo a lo dispuesto en la ley 373 de 1997 como parte del programa de Ahorro y Uso Eficiente del Agua al implementar el re-uso obligatorio del agua.

- No ha existido a la fecha la concientización de reutilizar las aguas de rechazo del sistema de tratamiento de agua WFI.

1.2 OBJETIVOS

Objetivo general

Elaborar un estudio para la reutilización del agua en la industria farmacéutica de soluciones parenterales en una empresa de Bogotá

Objetivos específicos

- Indicar la fuente de agua potable.
- Indicar el flujo del agua en la empresa
- Identificar los procesos del área de tratamiento de agua para producción WFI.
- Elaborar un balance del consumo de agua.
- Determinar porcentajes y cantidades de consumo en cada área, proceso y/o equipo.
- Identificar cantidades de rechazo a reutilizar
- Identificar procesos donde se puede reutilizar el agua de rechazo identificada anteriormente
- Caracterizar el agua de rechazo de los procesos identificados
- Elaborar balance hídrico proyectado
- Plantear alternativas de aprovechamiento para uso de aguas utilizadas.
- Calcular el ahorro hídrico de las alternativas de aprovechamiento.

1.3 ESTADO DEL ARTE

En una empresa del sector farmacéutico de soluciones parenterales de Bogotá en estudio, el tratamiento de sus aguas de rechazo que se generan en la producción de agua WFI, no están cubiertas por un programa de aprovechamiento.

En el proceso de producción del agua WFI como se muestra en la figura 1, en cada etapa se rechazan aguas con características especiales presentando valor agregado que posteriormente son vertidas al alcantarillado perdiendo la posible utilización en otros procesos.

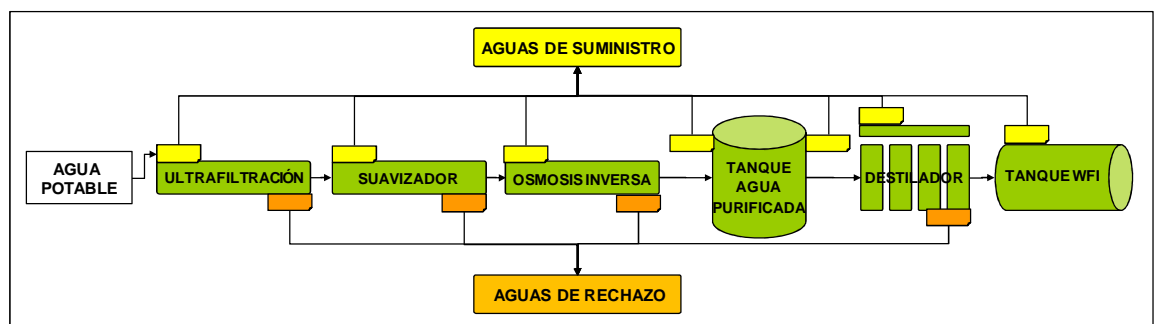


Figura 1 Esquema del proceso de producción de agua WFI

La empresa lugar de este estudio, presenta a la fecha las siguientes etapas relacionadas con las aguas de rechazo generadas en el proceso de producción de agua WFI, de la siguiente forma:

- Se han realizado análisis para el agua de rechazo de la Osmosis Inversa y el Destilador.
- La empresa actualmente está en proceso de solicitud del permiso de vertimientos de aguas ante la Secretaria del Medio Ambiente.
- A la fecha el tratamiento de aguas de rechazo solo se ha tenido como una problemática que se ha postergado.

1.4 ALCANCES

Este estudio que se realiza en una empresa del sector farmacéutico de soluciones parenterales en Bogotá, abarca las aguas de rechazo generadas en el proceso de producción de agua WFI; específicamente en la Osmosis Inversa y el Destilador para poder ser reutilizadas en las torres de enfriamiento y las calderas respectivamente.

1.5 LIMITACIONES

Por falta de recurso económico, tan solo se elaborará la caracterización de las aguas de rechazo del destilador y de la osmosis inversa del proceso de producción de agua WFI en una empresa del sector farmacéutico de soluciones parenterales de Bogotá, perdiendo la posibilidad de analizar las aguas de rechazo de ese proceso y otras como el área técnica y planta de producción.

1.6 METODOLOGÍA

Como primera etapa se determina el flujo del agua potable, procesada y de rechazo dentro de la empresa para tener un concepto claro del recorrido desde el suministro hasta el vertimiento al alcantarillado.

Luego se elabora un balance hídrico actual comprendido desde el 26 de Agosto hasta el 25 de Septiembre, soportado con el consumo de agua potable registrado en la factura de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB; por medio de datos registrados de los contadores, rutinas de mantenimiento y de proceso se recolectan para calcular las cantidades en m³/mes deduciendo las

cantidades de agua de suministro y rechazo en cada parte del flujo del agua y al final determinando la cantidad de agua que se vierte al alcantarillado.

Estos datos se plasman en el flujo de balance hídrico que se divide en secciones las cuales se van desglosando para poder analizar por medio de gráficos las cantidades de suministro y rechazo en m^3 /mes con sus respectivos porcentajes. Se enfatiza la sección correspondiente al proceso de producción de agua WFI donde se demostrará por medio de los gráficos, que los mayores porcentajes de aguas de rechazo presentados en este proceso, pertenecen a la Osmosis Inversa y al Destilador.

Se plantea reutilizar las aguas de rechazo de la Osmosis Inversa y el Destilador a las torres de enfriamiento y calderas respectivamente. Para esto se debe caracterizar cada rechazo respecto a las especificaciones del destino de estas aguas. Se elabora un programa para la toma de muestras y al obtener los resultados se analizan por medio de cuadros y gráficos comparando dichos datos con las especificaciones para determinar si es viable o no la reutilización del agua de rechazo. En caso de no cumplir con alguna especificación se plantea las respectivas soluciones para poder reutilizar el agua de rechazo.

Al finalizar se elabora un balance hídrico proyectado con las cantidades de agua de rechazo que se reutilizan en las torres de enfriamiento y calderas, determinando la cantidad de agua consumida al mes (m^3 /mes) y el ahorro reflejado mensual y anualmente.

Para el desarrollo de los objetivos del estudio se consideran las siguientes actividades a continuación:

- Indicación de la fuente de agua potable por medio de un esquema.
- Indicación del flujo del agua en la empresa por medio de un esquema.

- Identificación de los procesos del área de producción de agua WFI.
- Elaboración del balance del consumo de agua.
- Determinación de porcentajes y cantidades de consumo en cada área, proceso y/o equipo representado en un esquema y gráficos.
- Identificación cantidades de rechazo a reutilizar.
- Identificación procesos donde se puede reutilizar el agua de rechazo identificada anteriormente
- Caracterización del agua de rechazo de los procesos identificados
- Planteamiento de alternativas de aprovechamiento para uso de aguas utilizadas.
- Elaboración del balance hídrico proyectado
- Cálculo del ahorro hídrico de las alternativas de aprovechamiento.

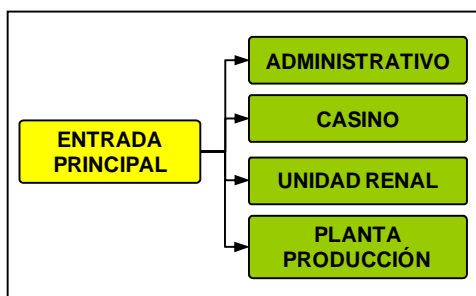
2. ESTUDIO TÉCNICO

2.1 DEFINIÓN DEL FLUJO DEL AGUA POTABLE

2.1.1 Flujo general

La figura 2 muestra el recorrido del agua potable desde su ingreso y suministro al edificio administrativo, casino, unidad renal y planta producción.

Figura 2 Flujo general del agua potable al ingreso de una empresa de soluciones parenterales con sede en Bogotá



El objeto de este estudio se concentra en la planta de producción.

2.1.2 Flujo planta producción y sistema producción agua para inyección

La figura 3 muestra el suministro del agua a las torres de enfriamiento, el equipo de Autoclave 02, actividades de limpieza y al sistema de producción de agua para inyección donde se trata el agua potable haciéndola pasar por los equipos de ultrafiltración, suavizador, osmosis inversa y destilador obteniendo agua WFI¹ como se muestra en la figura 4.

¹ WFI Water for Injection Agua para inyección

Figura 3 Flujo del agua potable en la planta de producción de una empresa de soluciones parenterales con sede en Bogotá

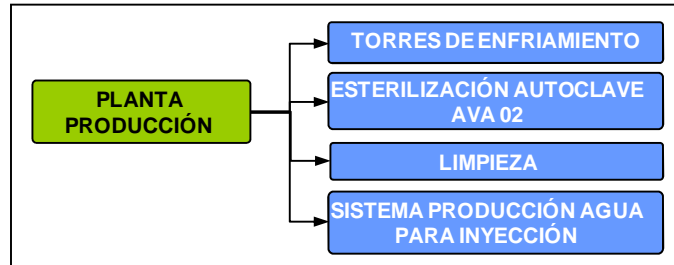
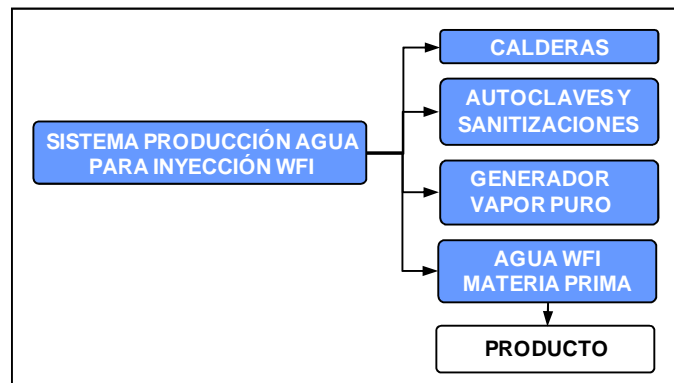


Figura 4 Flujo del agua previamente tratada en el sistema de producción de agua para inyección WFI para alimentar otras áreas o procesos en una empresa de soluciones parenterales con sede en Bogotá



2.2 SISTEMA PRODUCCIÓN AGUA PARA INYECCIÓN

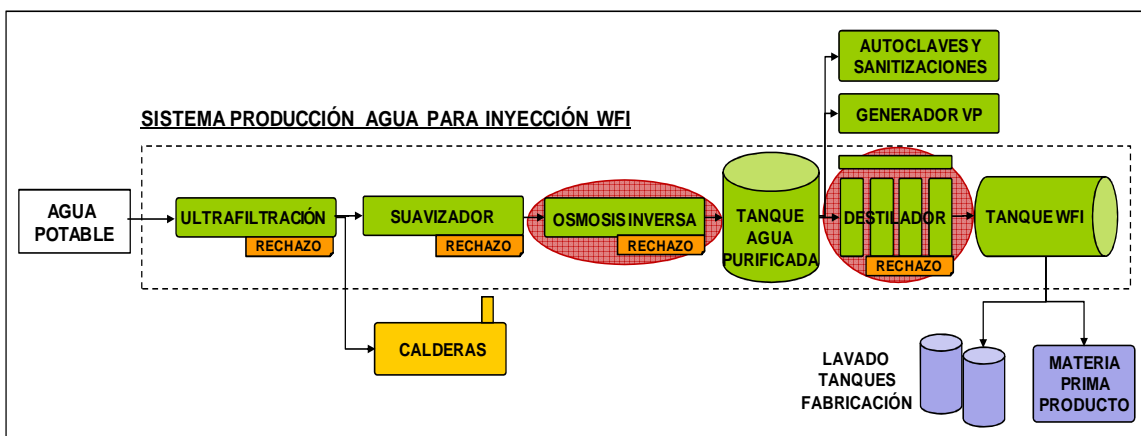
Según la farmacopea el proceso de obtención del agua para inyección debe iniciar a partir de un tipo de agua que cumpla con la reglamentación vigente de cada país, en Colombia se cumple con el Decreto 1575 de 2007 (Resolución 2115 de 2007).

Este sistema de producción de agua para inyección WFI trata el agua potable para producir agua purificada utilizada en el generador de vapor, autoclaves y actividades de sanitización y agua WFI (Water For Injection) como materia prima

para las soluciones parenterales. Este tratamiento consta de los siguientes procesos (ver figura 5):

El agua potable es filtrada en la ultrafiltración para proporcionar una barrera a los virus, bacterias y partículas asegurando su eliminación y la obtención de un filtrado estéril. Luego se presenta una remoción selectiva de cationes polivalentes como Ca^{++} , Mg^{++} y otros en los suavizadores para luego en la unidad ultravioleta disminuir la carga microbiológica para después inyectar Bisulfito de Sodio e Hidróxido de Sodio para eliminar el cloro libre y elevar el pH respectivamente. Después en la osmosis se retiene el material orgánico produciendo agua purificada y en la destilación se eliminan los iones que alcanzaron a pasar de los anteriores procesos produciendo agua para inyección WFI.

Figura 5 Sistema producción agua para inyección WFI



En cada proceso de este tratamiento se producen aguas de rechazo que se vierten directamente al alcantarillado. El interés de este estudio es reutilizar las aguas de rechazo del destilador y de la osmosis inversa que se encuentran resaltadas en rojo en la figura 5.

La caracterización del agua potable, purificada y WFI se muestra en el cuadro 1

Cuadro 1 Caracterización aguas potable, purificada y WFI

Ensayo	Especificación		
	Agua Potable	Agua Purificada	Agua WFI
pH	6.5 – 9.0	5.0 – 9.0	N.E
Solidos totales	≤ 500 ppm	N.E	N.E
Conductividad	50 μS/cm - 1000 μS/cm	5 μS/cm (20°C)	1.1 μS/cm(20°C)
Dureza total	≤ 160 ppm	N.E	N.E
Cloro libre residual	0.2 – 1.0 ppm	≤ 0.05 ppm	N.E
Aluminio	≤ 0.2	N.E	≤ 0.2
Recuento aerobio total	≤ 100 UFC/100mL	≤ 10000 UFC/100mL	≤ 10 UFC/100mL
P. aeruginosa	Ausente	N.E	N.E
Coliformes totales	Ausente	N.E	N.E
E. coli	Ausente	N.E	N.E
Hierro	N.A	≤ 0.01 ppm	N.E
Endotoxinas	N.A	N.E	0.25 UI/mL
TOC	N.A	≤ 500 ppb	≤ 500 ppb

Fuente: Agua potable decreto 1575 de 2007 Resolución 2115, Agua purificada y para inyección USP United State Pharmaceutical.
NE: No Especificado

2.3 BALANCE HÍDRICO

El balance hídrico se realizó durante el periodo del 26 de Agosto hasta el 25 de Septiembre soportado con copia de la facturación correspondiente al servicio de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá cuyo consumo en una empresa de soluciones parenterales con sede en Bogotá, fue de 12.269 m³/mes vs a una producción de 1'950.009L/mes² de producto dando un indicador de consumo de 6,29 Lconsumido/Lproducido. Como información la empresa tiene 126 empleados planta y 20 contratistas en 2 turnos de 8 horas de lunes a sábado durante 325 días al año. Además, se cuenta con 121 empleados área técnica, bodega, control calidad, servicio técnico y área administrativa obteniendo en promedio una población de 267 personas.

Para la elaboración y entendimiento del balance hídrico, se debe tomar como base el anexo A donde se muestra el balance por m³/mes y se secciona cada área de

² Fuente planta producción Informe Mensual Utilidades Septiembre 2008

suministro identificada con una letra (ver cuadro 2) en orden alfabético para calcular el suministro y rechazo.

Cuadro 2 Identificación secciones para elaboración del balance hídrico

Sección	Áreas - Equipo - Proceso	Sección	Áreas - Equipo - Proceso
A	Edificio Administrativo	C	Osmosis Inversa
	Casino		Tanque Agua Purificada
	Unidad Renal		Destilador
	Planta Producción		Tanque Agua WFI
B	Torres de Enfriamiento	D	Caldera
	Esterilización Autoclave AVA 02		Autoclaves y Sanitizaciones
	Limpeza		Generador Vapor Puro
	Sistema WFI		Agua WFI
C	Ultrafiltración	E	WFI Materia Prima Producto
	Suavizador		WFI Lavado Tanques

2.3.1 Cálculo balance hídrico sección A

La empresa cuenta con cuatro contadores ubicados a la entrada principal de la empresa, edificio administrativo, casino y unidad renal deduciendo por diferencia el consumo en la planta de producción. Los registros tomados diariamente se consignan en el anexo B (ver cuadro 3).

El consumo obtenido es el resultado de la diferencia entre el último valor para cada contador del día 25 de septiembre de 2008 y el primero del día 26 de agosto de 2008. Ejemplo: Para determinar el consumo de agua potable que llega a la empresa se deduce a continuación.

$$\text{Consumo.entrada.principal.m}^3 / \text{mes} = \text{última.fecha.registro}(25 - 09 - 08) - \text{primera.fecha.registro}(26 - 08 - 08)$$

$$\text{Consumo.entrada.principal.m}^3 / \text{mes} = 530506\text{m}^3 / \text{mes} - 518237\text{m}^3 / \text{mes}$$

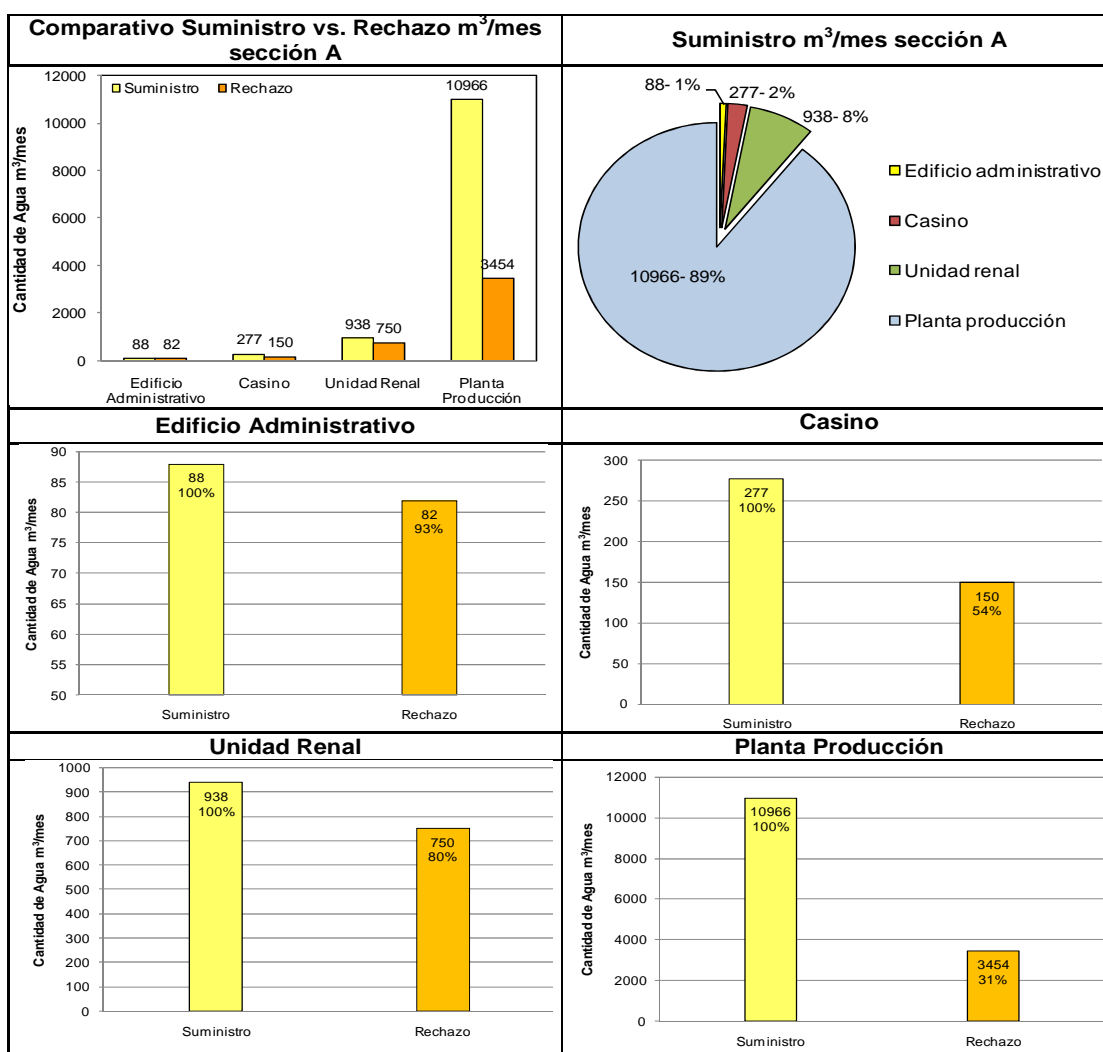
$$\text{Consumo.entrada.principal.m}^3 / \text{mes} = 12269\text{m}^3 / \text{mes}$$

Cuadro 3 Suministro, rechazo y fuente de datos de la sección A

Sección	Áreas	Suministro		Rechazo	
		m ³ /mes	Fuente	m ³ /mes	Fuente
A	Edificio Administrativo	88	Contador Anexo B	82	Caracterización vertimientos*
	Casino	277		150	
	Unidad Renal	938		750	
	Planta Producción	10966	Diferencia	3454	Ver cuadros 5 y 6
Totales		12269		4436	

*Los valores se obtuvieron de la caracterización de vertimientos elaborada por personal contratista para el trámite del permiso de vertimientos 2008

Figura 6 Gráfico suministro y rechazo m³/mes sección A



Del cuadro 3 se grafican los resultados en la figura 6 donde se observa que la planta de producción demanda el mayor consumo de agua potable en un 89% con 10966 m³/mes y rechaza de este suministro el 31% con 3454 m³/mes dato obtenido de la sección B como se muestra en el siguiente numeral.

2.3.2 Cálculo balance hídrico sección B

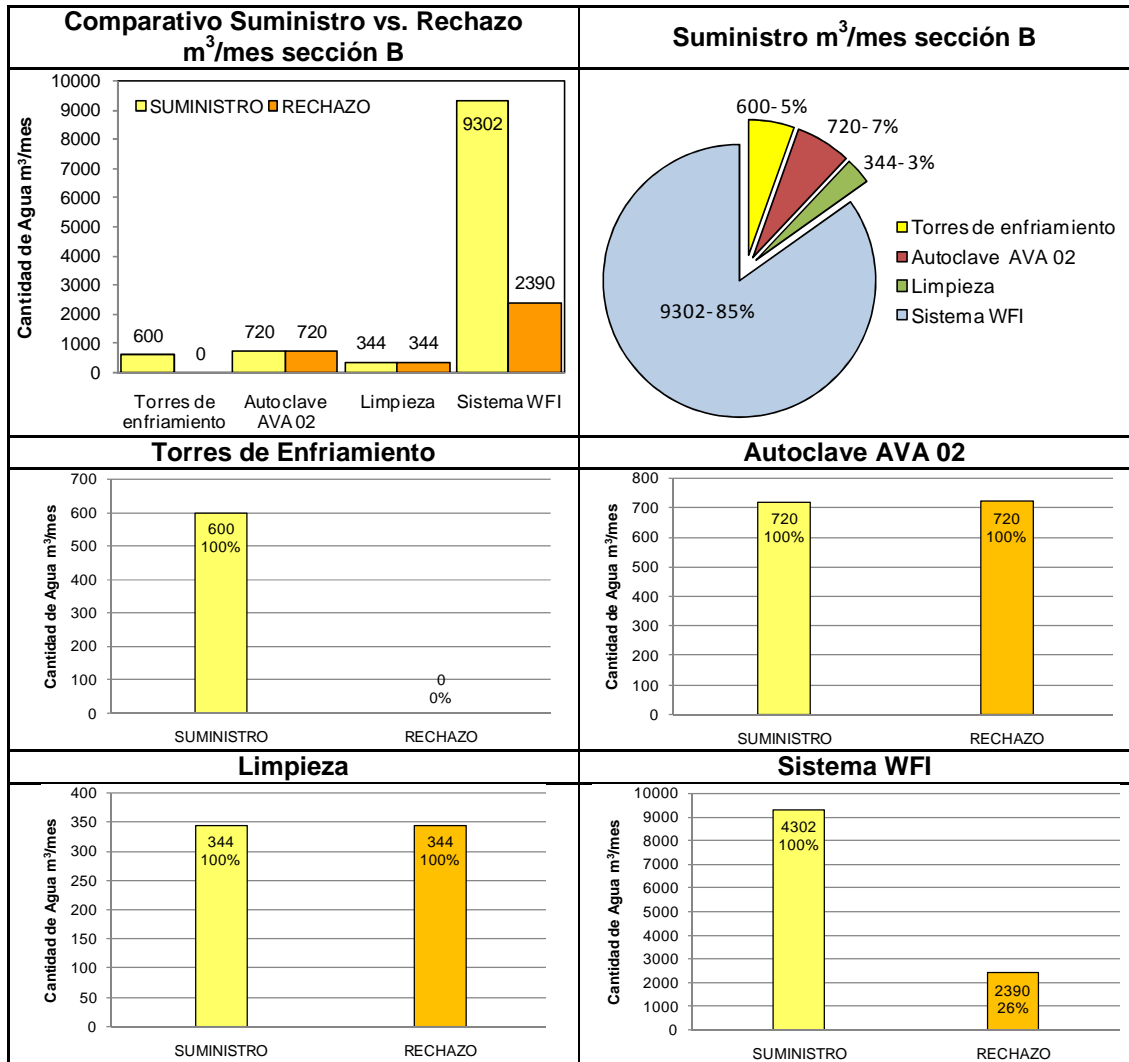
En esta sección se encuentra el suministro de agua potable a las torres de enfriamiento, dato tomado del manual técnico donde se especifica que el equipo requiere de un caudal de 15 a 20 L/h y se deduce el promedio siendo 600 m³/mes y confrontado con el informe de caracterización de vertimientos. El rechazo de este equipo es cero al evaporarse toda el agua en el proceso de enfriamiento.

Los datos de suministro de la esterilización del autoclave 02 son dados por el área de producción cuyo dato es el promedio del periodo en estudio de lo registrado en las rutinas de operación. El agua de rechazo de este proceso corresponde a la misma cantidad de entrada. Los suministros y rechazos del sistema WFI se deducen en apartado de la sección C. El cuadro 4 muestra la compilación de lo descrito anteriormente.

Cuadro 4 Suministro, rechazo y fuente de datos de la sección B

Sección	Áreas	Suministro		Rechazo	
		m ³ /mes	Fuente	m ³ /mes	Fuente
B	Torres de Enfriamiento	600	Especificación equipo	0	Evaporación
	Esterilización Autoclave AVA 02	720	Registro producción	720	Equipo
	Limpieza	344	Diferencia	344	Diferencia
	Sistema WFI	9302	Cuadro 5	2390	Cuadro 5
	Totales	10966		3454	

Figura 7 Gráfico suministro y rechazo m³/mes sección B



Del cuadro 4 se grafican los resultados en la figura 7 donde el sistema WFI con un 85% representado en 9302 m³/mes y rechazando de este suministro el 26% con 2390 m³/mes, demanda la mayor cantidad de agua y la de rechazo. El porcentaje aquí descrito se deduce del 100% de 10966 m³/mes siendo el suministro a la planta de producción calculado en la sección A como ingreso a la sección B.

2.3.3 Cálculo balance hídrico secciones C, D y E

En estas secciones las fuentes de datos de agua de suministro y rechazo se observan en el cuadro 5. La figura 8 muestra en detalle el paso del agua por cada una de las secciones con sus respectivas cantidades de suministros y rechazos del agua potable y luego tratada en m³/mes.

En los cuadros 5 y 6 se mencionan suministro 1 y 2, para aclarar se cita el siguiente ejemplo. En la figura 8 a la salida del proceso de ultrafiltración se encuentran con dos suministros uno para los suavizadores y el otro para las calderas y un rechazo. Esto también se evidencia a la salida del tanque de agua purificada y el de WFI.

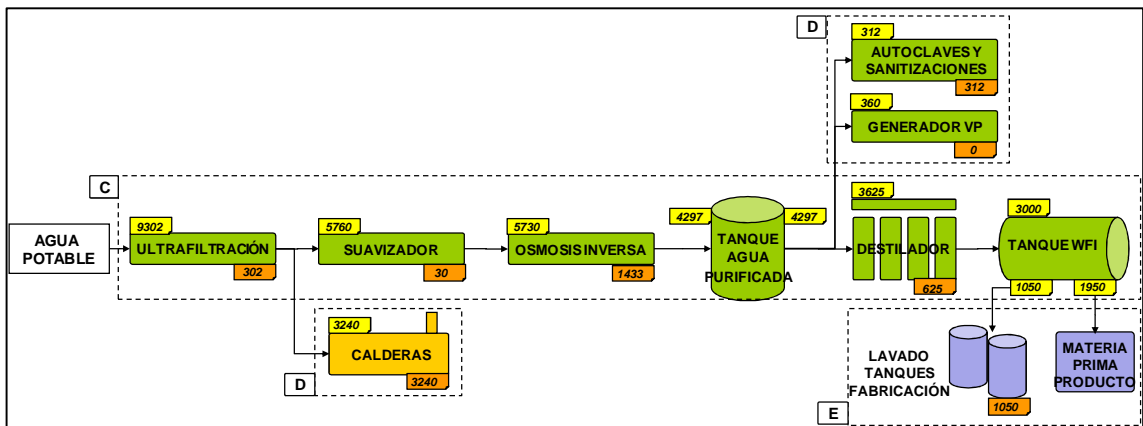
Cuadro 5 Suministro, rechazo y fuente de datos secciones C, D y E

Sección	Proceso - Equipo	Suministro m ³ /mes		Dato	Rechazo m ³ /mes	
		1	2		m ³ mes	Dato
C	Ultrafiltración	9302	3240 5760	Registro rutina mantenimiento	302	Especificación equipo 3% del suministro
D	Caldera	3240	0	Especificación equipo	3240	No recirculación
C	Suavizador	5760	5730	Diferencia entre el ingreso a Ultrafiltración menos la sumatoria del rechazo del equipo de ultrafiltración y el suministro a calderas	30	Especificación equipo 0.5% del suministro
	Osmosis Inversa	5730	4297	Registro rutina mantenimiento	1433	Registro rutina mantenimiento
	Tanque Agua Purificada	4297	4297	Almacenamiento	0	Almacenamiento
D	Autoclaves y Sanitizaciones	312	0	Rutinas operación área producción	312	Autoclaves recirculación y sanitización no recirculación
	Generador Vapor Puro	360	0	Registro rutina mantenimiento	0	Evaporación
C	Destilador	3625	3000	Registro rutina mantenimiento	625	Registro rutina mantenimiento
	Tanque Agua WFI	3000	3000	Almacenamiento	0	Almacenamiento
E	Lavado Tanques Fabricación	1050	0	Rutinas limpieza área producción	1050	No recirculación
	Materia Prima Producto	1950	1950	Datos producción	0	Queda en el producto
Totales		9302			6992	

Como se muestra en el cuadro 5, el valor total del suministro en las secciones C, D y E es el calculado en el sistema WFI de la sección B con 9302 m³/mes y el desperdicio total equivale a la sumatoria de la respectiva columna, la cual a su vez cada celda es la diferencia entre los dos suministros.

Por ejemplo: al suavizador se le suministran 5760 m³/mes provenientes de la ultrafiltración y suministra a la osmosis inversa 5730 m³/mes, entonces la diferencia de estas dos cantidades representa el rechazo de 30 m³/mes tal como se muestra en la columna de rechazos.

Figura 8 Flujo suministro y rechazo agua m³/mes en las secciones C,D y E



Como el interés de una empresa farmacéutica de soluciones parenterales de Bogotá en estudio, es la recuperación de las aguas de rechazo del sistema WFI específicamente del destilador y la osmosis (ver sección C de la figura 8), se muestra en el cuadro 6 que el mayor rechazo está dado por estos procesos siendo el 60% con 1433 m³/mes para la osmosis inversa y el 26% con 625 m³/mes para el destilador representado en la figura 9 (estos porcentajes se toman del 100% del ingreso al sistema WFI de 9302 m³/mes).

Cuadro 6 Suministro y rechazo sección C

Sección	Proceso - Equipo	Suministro m ³ /mes		Rechazo	
		1	2	m ³ /mes	%
C	Ultrafiltración	9302	3240	302	13%
	Suavizador	5760	5730	30	1%
	Osmosis Inversa	5730	4297	1433	60%
	Tanque Agua Purificada	4297	4297	0	0%
	Destilador	3625	3000	625	26%
	Tanque Agua WFI	3000	3000	0	0%
	Totales		9302		2390

Figura 9 Grafico suministro vs. rechazo agua m³/mes en la sección C

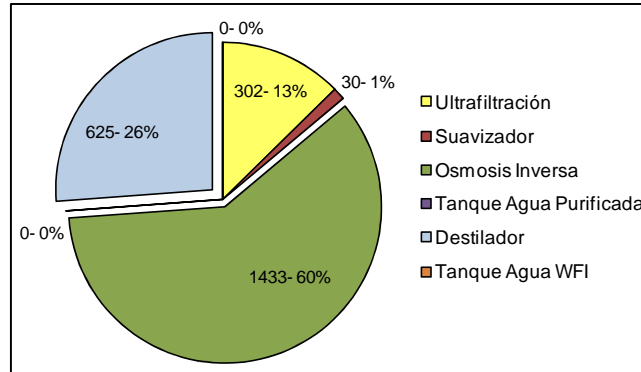
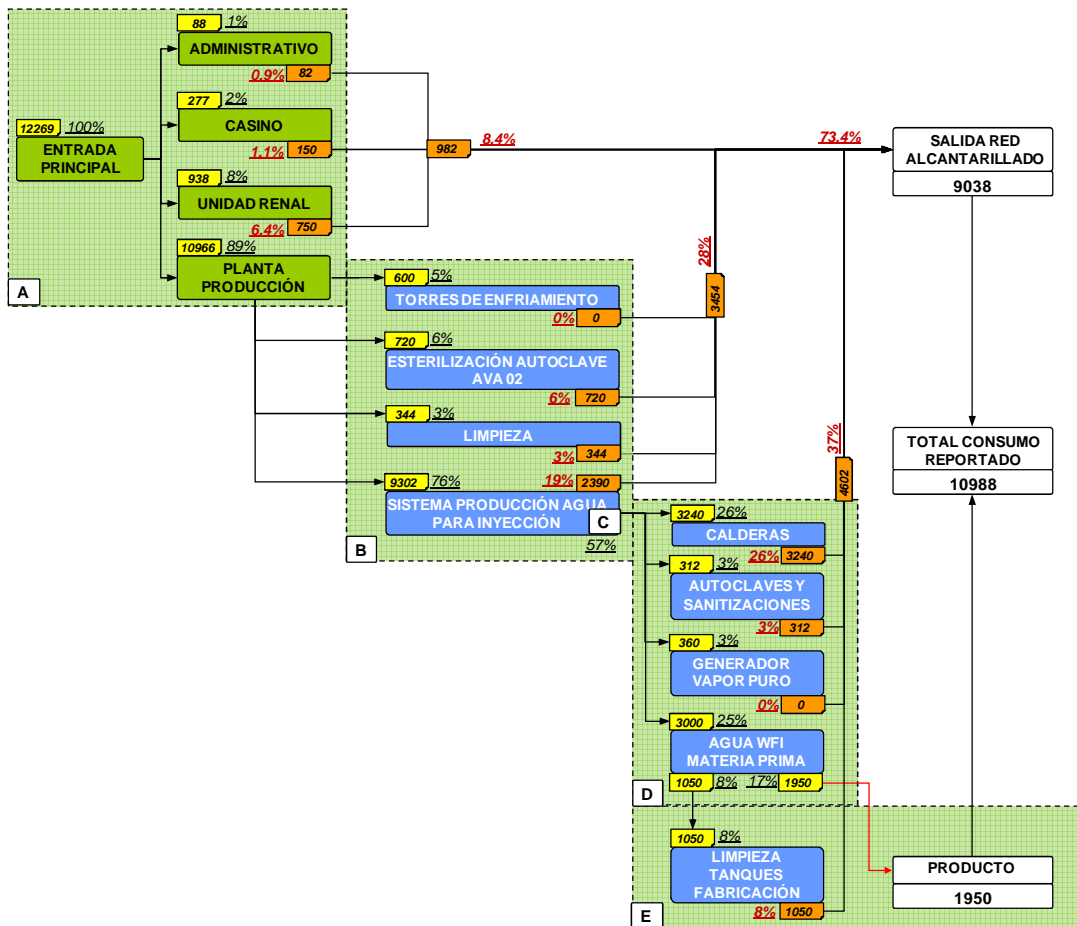


Figura 10 Balance hídrico suministro y rechazo en m³/mes y porcentaje



2.3.4 Evaluación balance hídrico

Se elabora un balance hídrico soportado con las cantidades de aguas de suministro y rechazo en m³/mes previamente calculadas en los cuadros 3, 4, 5 y 6; primero se determinan los porcentajes de las cantidades de agua de suministro de izquierda a derecha y luego de estos, se deducen los porcentajes correspondientes a las aguas de rechazo en el mismo sentido.

De este balance se observa que el 89% del suministro a la empresa lo demanda la planta de producción. Las aguas de rechazo de mayor cantidad están dadas por las calderas con el 26% y el sistema WFI con el 19%. Además, la empresa vierte al alcantarillado el 73.4% de lo que ingresa.

2.4 CARACTERIZACIÓN AGUAS DE RECHAZO

Para una empresa farmacéutica de soluciones parenterales de Bogotá en estudio, el interés es reutilizar las aguas de rechazo del equipo de osmosis inversa a la torre de enfriamiento y del destilador a las calderas, para tal fin se toman muestras in situ a la salida de cada equipo.

Los cuadros 7 y 8 muestran las especificaciones del agua para alimentar las calderas y la torre de enfriamiento suministrada del manual de cada equipo.

Cuadro 7 Características del agua para alimentación calderas

Ensayo	Especificación	Elaborada por	
		Empresa	Externo
Oxígeno	<0,007 ppm		X
pH	7.5 - 10	X	
Dureza	< 3 ppm	X	
Alcalinidad	<1200 - 800 ppm		X
Hierro	<10 ppm	X	
Silice	<150 ppm		X
Aceite	<10 ppm		X
Total sólidos	<4000 - 2500 ppm	X	

Fuente: Manual Caldera Hurts 400HP

Cuadro 8 Características del agua para alimentación torre de enfriamiento

Ensayo	Especificación	Elaborada por	
		Empresa	Externo
pH	6.5 - 9.0	X	
Conductividad	50µS/cm - 1000µS/cm	X	
Sólidos Totales	≤ 500 ppm	X	
Cloruros	≤ 250 ppm	X	
Cloro libre residual	0.2 ppm - 1.0 ppm	X	
Dureza total	≤ 160 ppm como CaCO ₃	X	
Hierro Total	≤ 0.3 ppm	X	
Sulfatos	≤ 250 ppm	X	
Aluminio	≤ 0.2 ppm	X	
Coliformes Totales	Ausencia	X	
Escherichia Coli	Ausencia	X	
Recuento Microbiano	≤ 100 ufc/100mL	X	

Fuente: Manual Torre de Enfriamiento YORK

Como lo especifican los cuadros 7 y 8 algunos de los ensayos son elaborados por el laboratorio de la empresa en estudio y los otros por un laboratorio externo certificado.

El periodo de toma y análisis de muestras se realiza durante cuatro meses a partir de agosto hasta noviembre y el cronograma seguido se muestra en el cuadro 9.

Cuadro 9 Cronograma toma de muestras para análisis de las aguas de rechazo del destilador y osmosis

Año	2008																
Mes	08				09				10				11				
Día	4	12	20	28	05	08	16	24	02	10	13	21	29	6	14	17	25
Hora	7:00	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	23:00	6:00	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00

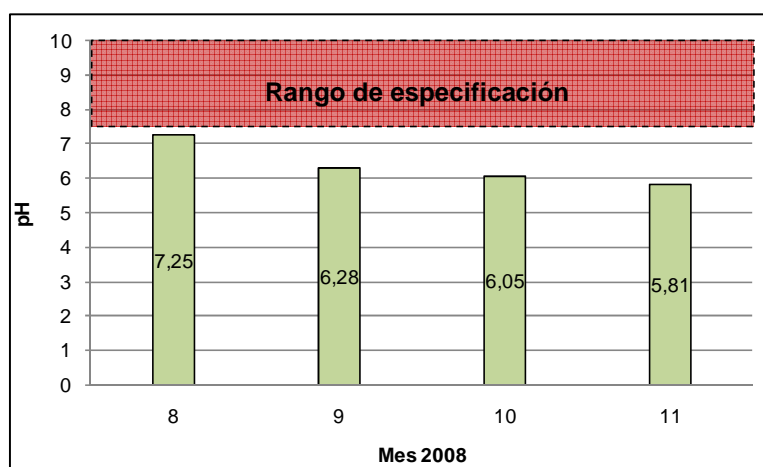
Los resultados del muestreo anterior se consignan en el anexo C y en el cuadro 10 se muestra el promedio como se grafica en la figura 11 mostrando fuera de especificación el pH.

Cuadro 10 Resultado de la caracterización del agua de rechazo del destilador elaborado en los meses Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre de 2008, por el laboratorio de la empresa de soluciones parenterales de Bogotá en estudio

Ensayo	Especificación	Mes 2008			
		08	09	10	11
pH	7.5 - 10	7,25	6,28	6,05	5,81
Dureza	< 3 ppm	0	0	0	0
Hierro	<10 ppm	0,0470	0,0170	0,0040	0,0302
Total sólidos	<4000 - 2500 ppm	36	5	4	0

Del anterior cuadro y la figura 11, se evidencia que los resultados del agua de rechazo del destilador con respecto al pH se encuentran fuera del rango de la especificación de 7.5 a 10 para poderse reutilizar en las calderas.

Figura 11 Gráfica de los resultados de la caracterización del agua de rechazo destilador elaborado por la empresa farmacéutica de soluciones parenterales en Bogotá



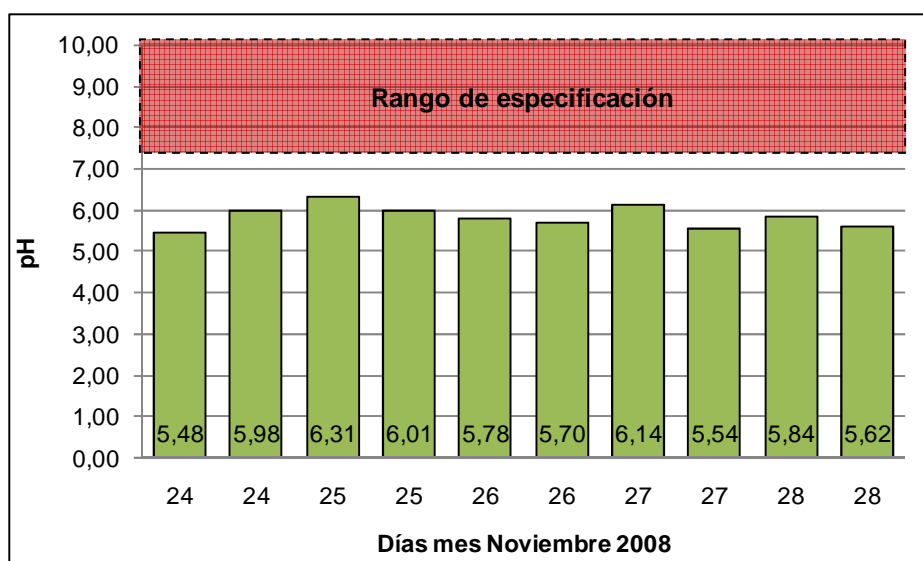
En los cuatro meses por falta de recurso económico la empresa solo patrocino los ensayos en el laboratorio de calidad, la última semana de noviembre se hicieron todos los aplicables al agua de rechazo del destilador por un laboratorio externo certificado con una frecuencia de dos muestras al día como se muestra en el cuadro 11

Cuadro 11 Resultado diario de la caracterización del agua de rechazo del destilador en la última semana de Noviembre de 2008 elaborado por la empresa farmacéutica de soluciones parenterales en Bogotá y el laboratorio externo.

Ensayo	Especificación	Mes	Noviembre									
		Día	24	24	25	25	26	26	27	27	28	28
		Hora	5:00	11:00	8:00	14:00	11:00	17:00	14:00	20:00	17:00	23:00
pH	7.5 - 10		5,48	5,98	6,31	6,01	5,78	5,70	6,14	5,54	5,84	5,62
Alcalinidad	<1200 - 800 ppm		5	2	6	2	2	6	2	1	1	1
Hierro	<10 ppm		0,0073	0,0096	0,0254	0,0027	0,0025	0,0116	0,0033	0,0048	0,0126	0,0104
Silice	<150 ppm		0,200	0,775	0,360	0,454	0,764	0,637	0,200	0,200	0,200	0,200
Aceite	<10 ppm		0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080
Total sólidos	<4000 - 2500 ppm		0	0	0	0	1	4	2	3	0	1
Oxígeno	<0,007 ppm		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dureza	< 3 ppm		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

En la figura 12 se puede confirmar el no cumplimiento de la especificación estando por debajo del pH requerido. En el anexo D se muestra la recomendación que se debe hacer para poder reutilizar esta agua de rechazo en la caldera adicionando Hidróxido de Sodio en línea para subir el pH

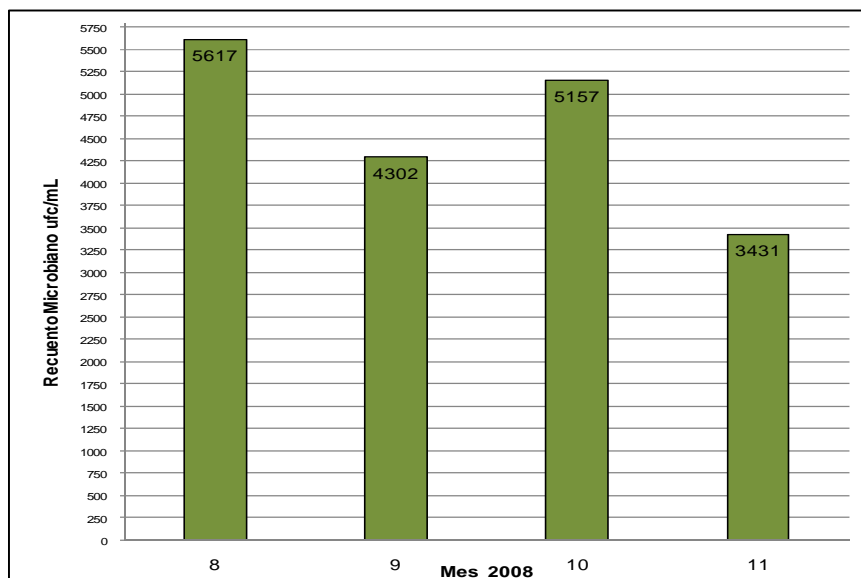
Figura 12 Gráfica del resultado del pH fuera de especificación para el agua de rechazo del destilador para alimentar las calderas tomado la última semana de noviembre de 2008



Cuadro 12 Resultado de la caracterización del agua de rechazo de la osmosis elaborado en los meses Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre de 2008, por el laboratorio de la empresa de soluciones parenterales de Bogotá en estudio

Ensayo	Especificación	Mes 2008			
		08	09	10	11
Dureza total	≤ 160 ppm como CaCO ₃	0	0	0	0
Hierro Total	≤ 0.3 ppm	0,0121	0,0116	0,0315	0,0241
Cloro libre residual	≤ 0.2 ppm - 1.0 ppm	0,0454	0,0505	0,0539	0,0463
Aluminio	≤ 0.2 ppm	0,13	0,13	0,10	0,06
pH	6.5 - 9.0	8,03	8,22	7,96	6,94
Cloruros	≤ 250 ppm	23,57	14,72	25,74	17,50
Sulfatos	≤ 250 ppm	35,52	34,30	42,68	28,21
Sólidos Totales	≤ 500 ppm	159	97	199	162
Conductividad	50μS/cm - 1000μS/cm	202	225	332	241
Recuento Microbiano	≤ 100 ufc/100mL	5617	4302	5157	3431
Coliformes Totales	Ausencia	Aus	Aus	Aus	Aus
Escherichia Coli	Ausencia	Aus	Aus	Aus	Aus

Figura 13 Gráfica del resultado del recuento microbiano fuera de especificación para el agua de rechazo de la osmosis para alimentar las torres de enfriamiento tomado durante los meses de Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre de 2008



En el resultado deducido del cuadro 12 y representado en la figura 13 se determina fuera de especificación el recuento microbiano para lo cual se soluciona adicionando Hipoclorito de Sodio para eliminar los microorganismos

2.5 BALANCE HÍDRICO PROYECTADO REUTILIZANDO AGUAS DE RECHAZO DEL DESTILADOR Y OSMOSIS INVERSA

Como resultado de la caracterización de las aguas de rechazo del destilador y osmosis inversa y solucionando aquellas especificaciones que no cumplen, se procede a reutilizarlas por medio de la técnica de reuso partiendo del agua de rechazo de la osmosis de 1433 m³/mes a las torres de enfriamiento y del rechazo del destilador de 625 m³/mes a las calderas, como se muestra en la figura 14.

Luego se calcula el ahorro a la entrada del sistema WFI como sigue a continuación: en la figura 7 se muestra que el suministro a las calderas proveniente de la ultrafiltración es de 3240 m³/mes, pero como se reusa el agua de rechazo del destilador de 625 m³/mes a las calderas y estas rechazan 3240 m³/mes; entonces la diferencia entre el rechazo de las calderas y el suministro de reuso del rechazo del destilador nos da 2615 m³/mes. Luego se calcula el suministro del agua potable a la ultrafiltración sumando el suministro al suavizador de 5760 m³/mes, más el suministro a las calderas de 2615 m³/mes, más el agua de rechazo de la ultrafiltración de 302 m³/mes dando 8677 m³/mes (ver figura 14 delineado en azul).

Luego en la figura 15 se elabora el balance hídrico, producto del reuso de las aguas de rechazo del destilador y osmosis inversa como sigue: Las aguas de rechazo de la osmosis inversa del sistema WFI de 600 m³/mes, se reusan a las torres de enfriamiento y teniendo como alimentación al sistema WFI 8677 m³/mes anteriormente calculado, se suman estos suministros más los de la Autoclave AVA 02 de 720 m³/mes y las actividades de limpieza de 720 m³/mes estos últimos se toman de la figura 7 dando 9741 m³/mes consumo de agua potable proyectado para la planta de producción. Con este valor más la unidad renal de 938 m³/mes más casino de 277 m³/mes más del administrativo de 88 m³/mes para un total de

11044 m³/mes. Después se determinan los porcentajes de suministro y rechazo para cada área tal como se describe en el numeral 3.3.4 Evaluación balance hídrico.

Figura 14 Balance hídrico proyectado en el sistema WFI

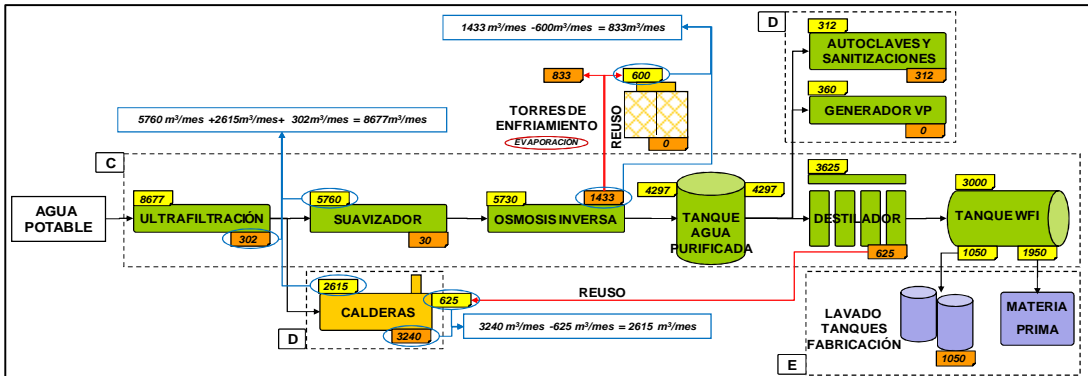
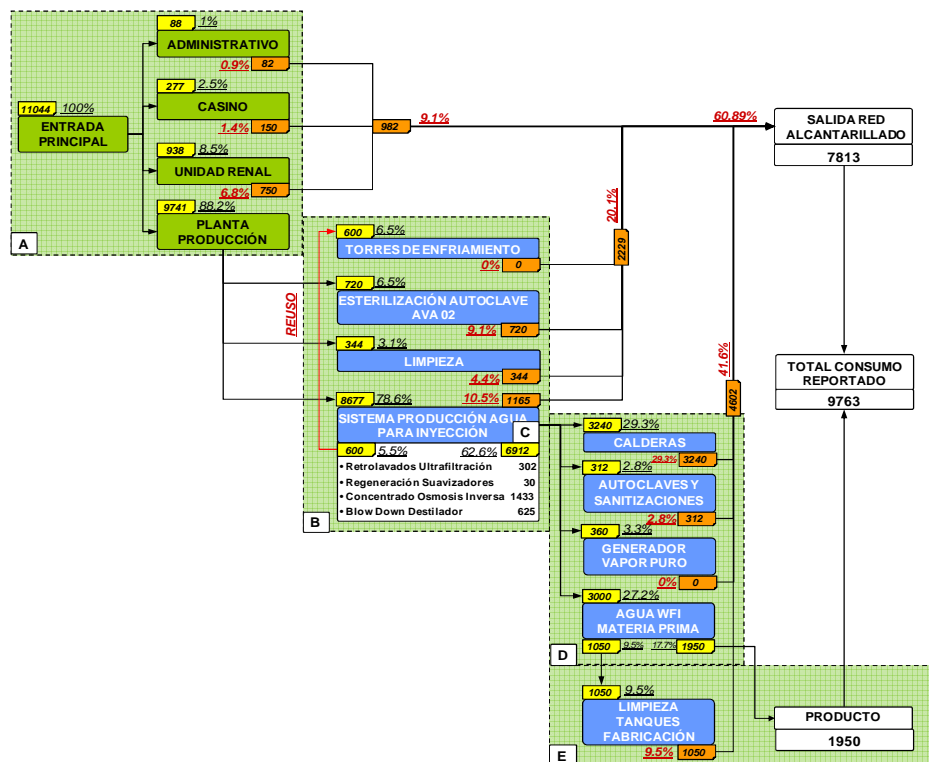


Figura 15 Balance hídrico proyectado con el reuso de las agua de rechazo del destilador y osmosis en la empresa farmacéutica de soluciones parenterales de Bogotá en estudio



En el cuadro 13 se muestra en detalle el balance actual vs lo proyectado con el reuso de las aguas de rechazo del destilador y osmosis, para determinar el ahorro en el consumo de agua potable.

Cuadro 13 Comparativo balance actual vs proyectado

Sección	Áreas - Equipo - Proceso	Balance Actual				Balance Proyectado			
		Suministro		Rechazo		Suministro		Rechazo	
		m ³ /mes	%	m ³ /mes	%	m ³ /mes	%	m ³ /mes	%
A	Edificio Administrativo	88	1%	82	0.9%	88	1%	82	0.9%
	Casino	277	2%	150	1.1%	277	2.5%	150	1.4%
	Unidad Renal	938	8%	750	6.4%	938	8.5%	750	6.8%
	Planta Producción	10966	89%	0	0%	9741	88.2%	0	0%
	Total Suministro Empresa	12269	100%	982	8.4%	11044	100%	982	9.1%
B	Torres de Enfriamiento	600	5%	0	0%	600	0%	0	0%
	Esterilización Autoclave AVA 02	720	6%	720	6%	720	6.5%	720	6.5%
	Limpieza	344	3%	344	3%	344	3.1%	344	3.1%
	Sistema WFI	9302	76%	2390	19%	8677	78.6%	1165	10.5%
	Suministro Planta Producción	10966	89%	3454	28%	9741	88.2%	2229	20.1%
D	Caldera	3240	26%	3240	26%	3240	29.3%	3240	29.3%
	Autoclaves y Sanitizaciones	312	3%	312	3%	312	2.8%	312	2.8%
	Generador Vapor Puro	360	3%	0	0%	360	3.3%	0	0%
	Agua WFI	3000	25%	1050	8%	3000	27.2%	1050	9.5%
E	WFI Materia Prima Producto	1950	17%	0	0%	1950	9.5%	0	0%
	WFI Lavado Tanques	1050	8%	1050	8%	1050	17.7%	1050	9.5%
	Suministro Varios Planta	6912	57%	4602	37%	6912	62.6%	4602	41.6%
	Totales	12269	100%	9038	73.4%	11044	100%	7813	60.89%
Ahorro en el suministro de agua potable		12269 m³/mes -11044 m³/mes =1225 m³/mes (10%)							
Disminución de vertimientos		9038 m³/mes – 7813 m³/mes = 1225 m³/mes (14%)							

2.5.1 Ahorro agua potable

Se calcula el pago del servicio de agua potable en condición actual y proyectada con los valores totales deducidos del cuadro 13

Cuadro 14 Ahorro balance proyectado

Descripción		Actual	Proyectado
Consumo mes (m ³ /mes)		12269	11044
Valor unitario \$ m ³		\$ 4.842	\$ 4.842
Pago factura mes		\$ 59.406.498	\$ 53.475.048
Ahorro mensual	m ³ /mes		\$ 5.931.450
	Porcentaje		10%
Pago factura anual		\$ 712.877.976	\$ 641.700.576
Ahorro mensual	m ³ /anual		\$ 71.177.400
	Porcentaje		10%

Del cuadro 14 se deduce que la empresa farmacéutica de soluciones parenterales de Bogotá en estudio, reutilizando las aguas de rechazo del destilador y osmosis ahorraría mensualmente \$ 5.931.450 y anualmente \$71.177.400 representando el 10% en el pago del servicio de agua potable a la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá como parte del plan de ahorro que tiene dentro de sus políticas.

Con respecto a la cantidad de agua que se vierte al alcantarillado actualmente es de 9038 m³/mes con el reuso serían 7813 m³/mes. Este dato se toma simplemente como información ya que la empresa farmacéutica de soluciones salinas de Bogotá en estudio, se encuentra en trámite del permiso de vertimientos industriales por lo tanto no se puede deducir un ahorro.

3. PRESUPUESTO DEL ESTUDIO

Cuadro 15 Costos caracterización aguas de rechazo

Proceso	Ensayo	Valor unitario	Cantidad	Total
Destilador	Oxigeno	\$ 8.200	10	\$ 82.000
	pH	\$ 5.000	26	\$ 130.000
	Dureza	\$ 10.000	26	\$ 260.000
	Alcalinidad	\$ 5.000	10	\$ 50.000
	Hierro	\$ 10.000	10	\$ 100.000
	Silice	\$ 22.500	10	\$ 225.000
	Aceite	\$ 35.500	10	\$ 355.000
	Total sólidos	\$ 2.000	26	\$ 52.000
Osmosis Inversa	pH	\$ 5.000	17	\$ 85.000
	Conductividad	\$ 5.000	17	\$ 85.000
	Sólidos Totales	\$ 2.000	17	\$ 34.000
	Cloruros	\$ 10.000	17	\$ 170.000
	Cloro libre residual	\$ 10.000	17	\$ 170.000
	Dureza total	\$ 10.000	17	\$ 170.000
	Hierro Total	\$ 10.000	17	\$ 170.000
	Sulfatos	\$ 10.000	17	\$ 170.000
	Aluminio	\$ 10.000	17	\$ 170.000
	Coliformes Totales	\$ 25.000	17	\$ 425.000
	Escherichia Coli	\$ 25.000	17	\$ 425.000
	Recuento Microbiano	\$ 25.000	17	\$ 425.000
Total caracterización aguas de rechazo				\$ 3.753.000

Cuadro 16 Inversión estudio reutilización del agua

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor	
				Unitario	Total
1	Caracterización agua rechazo destilador y osmosis inversa	general	1	\$ 3.753.000	\$ 3.753.000
2	Asesoría ingeniero	día	20	\$ 160.000	\$ 3.200.000
3	Transporte	día	20	\$ 2.400	\$ 48.000
4	Alimentación	día	20	\$ 14.000	\$ 280.000
5	Varios (papelería, internet, etc)	general	1	\$ 392.940	\$ 392.940
6	Estudiante	general	1	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000
TOTAL				\$ 8.501.000	

4. CONCLUSIONES

Estudio:

- Se elaboró un estudio para la reutilización del agua en la industria farmacéutica de soluciones parenterales en una empresa de Bogotá, arrojando resultados convenientes para el ahorro del recurso hídrico
- Se identificó la fuente de agua potable con un suministro de 12269 m³/mes.
- Se elaboró un balance hídrico del agua potable identificando que el mayor porcentaje de consumo se lleva a cabo en la planta de producción con 10966 m³/h siendo el 89% del consumo suministrándole al sistema WFI 9302 representando el 76% de lo que ingreso a la planta
- Se identifican que los mayores rechazos en el sistema WFI se presentan en el destilador y en la osmosis inversa con 625 m³/mes y 1433m³/mes respectivamente
- Se determina caracterizar las aguas de rechazo del destilador y osmosis en las calderas y torres de enfriamiento.

Reutilización:

- Se elabora un balance hídrico proyectado con el reuso de las aguas de rechazo del destilador y osmosis del sistema WFI y se compara con el actual determinando un 10% de ahorro al aprovechar las aguas de rechazo analizadas. Traduciéndose en el pago del servicio de \$ 59.406.498 a \$ 53.475.048 mensualmente.
- Se reducen costos con el ahorro del 10% al reutilizar las aguas de rechazo del destilador y osmosis como plan de ahorro de la empresa farmacéutica de soluciones parenterales de Bogotá en estudio.

BIBLIOGRAFÍA

USP 32 – Farmacopea de los Estados Unidos de América – NF27 Formulario Nacional – Oficial desde el 1° de Mayo de 2009. The United States Pharmacopeial Convention 12601 Twinbrook Parkway, Rockville, MD 20852, Estados Unidos de América. Páginas 812-813,1556-1557.

DECRETO 1575 de 2007, Mayo 9 Diario Oficial No.46.623 de 9 de mayo de 2007 Ministerio de la Protección Social. Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

LEY 373 de 2 de Junio de 1997, “Se establece el programa para el uso eficiente y ahorro de agua”.

Guía de ahorro y uso eficiente de agua. Dirección General Ambiental, Secretaria Ministerio del Medio Ambiente. Republica Colombia 2002. Joaquin Guillermo Montaña Dindep Ltda. Edición N° 1 Diciembre de 2002 Medellín Colombia.

Programa de Auditoría de Aguas no Residenciales en Denver Colorado. Water Efficiency Manual.

OSMOSIS MANUAL DEL USUARIO. Septiembre 24, 2001 951 Clearwater Drive Minnetonka, MIN 55343-8990

MANUAL CALDERA HURTS. HURST BOILER & WELDING COMPANY, INC. P.O. Drawer 530 21971 Highway 319 North Coolidge, GA 31738-0530

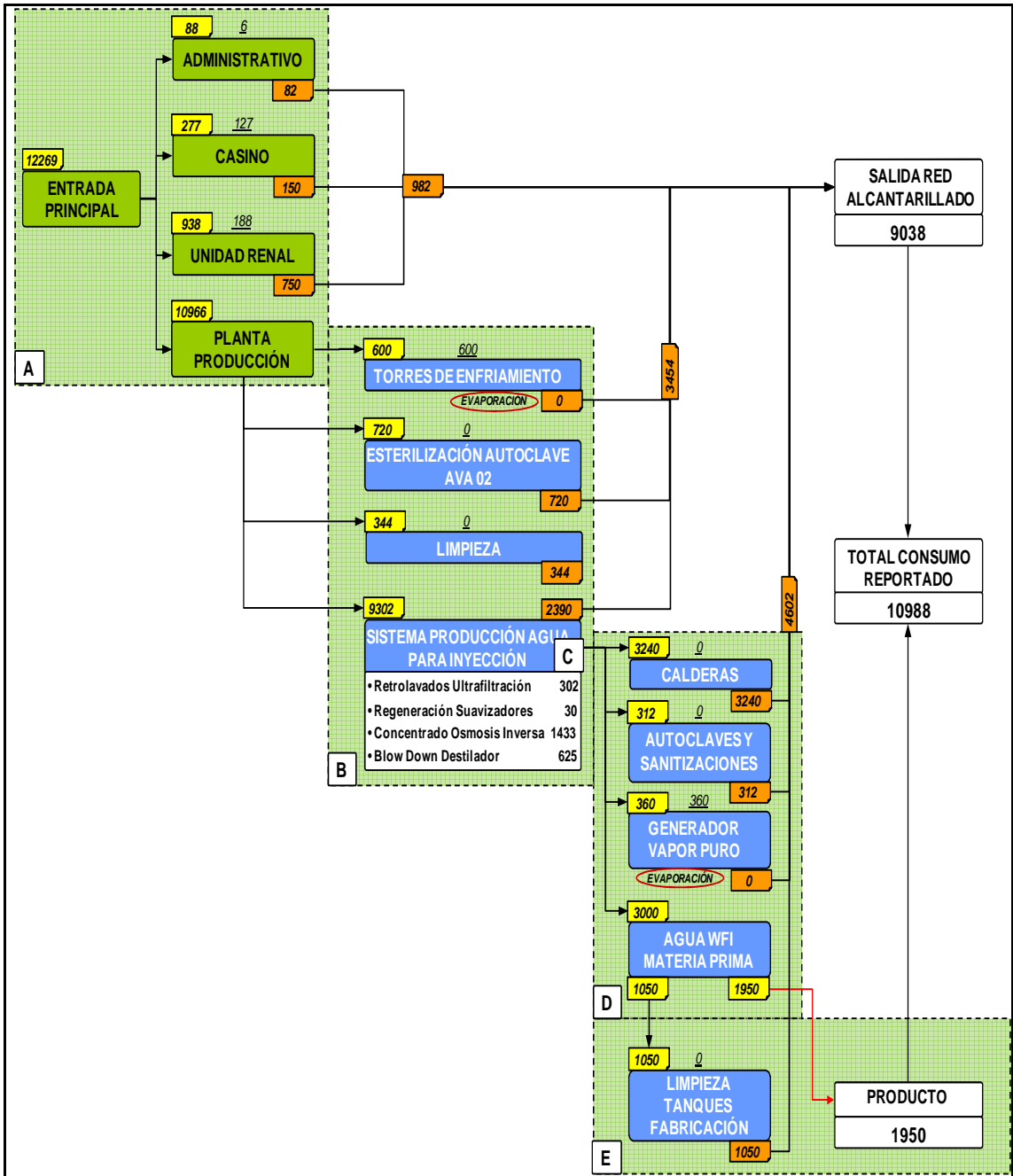
AUTOCLAVE SBM STERILIZATION TECHNOLOGY. Member of the Pharmatec-Group Nov. 20 th, 2006 ° SBM / B. Graf

MANUAL DEL USUARIO DEL DESTILADOR DE AGUA DE EFECTO MÚLTIPLE
FINN-AQUA. Modelo: 2000-S-5. Nº DE SSERIE FINN-AQUA: COA41439.

ULTRAFILTRACIÓN CHIRST PHARMA & LS AG. Hauptstrasse 192, Postfach 130
CH-4147 Aesch Ultrafiltración UF 14000

ANEXOS

Anexo 1. Balance hídrico m³/mes en una empresa farmacéutica de soluciones parenterales de Bogotá



Anexo 2. Registro consumo agua potable de los contadores m³/mes

Fecha	Entrada principal	Casino	Edificio Administrativo	Unidad Renal	Planta producción
26-08-08	518237	2171	770	8389	506907
27-08-08	520290	2180	773	8410	508927
28-08-08	520639	2192	778	8481	509188
29-08-08	521021	2209	781	8509	509522
01-09-08	522029	2223	785	8583	510438
02-09-08	522407	2234	789	8619	510765
03-09-08	522778	2246	793	8655	511084
04-09-08	523099	2257	797	8688	511357
05-09-08	523440	2269	801	8721	511649
08-09-08	524400	2299	806	8793	512502
09-09-08	524702	2306	810	8825	512761
10-09-08	525018	2313	814	8857	513034
11-09-08	525317	2321	818	8890	513288
12-09-08	525631	2330	822	8924	513555
15-09-08	526591	2359	827	8996	514409
16-09-08	526903	2371	831	9029	514672
17-09-08	527214	2381	834	9062	514937
18-09-08	527554	2392	838	9098	515226
19-09-08	527908	2399	842	9131	515536
22-09-08	529226	2418	846	9207	516755
23-09-08	529654	2428	850	9251	517125
24-09-08	530090	2438	854	9289	517509
25-09-08	530506	2448	858	9327	517873
CONSUMO	12269	277	88	938	10966

Anexo 4. Análisis de resultados para aprovechamiento de las aguas de rechazo

Agua de rechazo Fuente	Técnica de uso	Destino	Cantidad m ³ /mes	Cuadro	Ensayo	Especificación	Resultado	Aceptación		Recomendación	Aceptación	
								Si	No		Si	No
Destilador	Recirculación	Caldera	625	10 y 11	pH	7.5 - 10	5,84		X	Adición Hidróxido de sodio en línea para subir el pH	X	
					Alcalinidad	<1200 - 800 ppm	3	X				
					Hierro	<10 ppm	0,009	X				
					Silice	<150 ppm	0,399	X				
					Aceite	<10 ppm	0,08	X				
					Total sólidos	<4000 - 2500 ppm	1	X				
					Oxígeno	<0,007 ppm	0	X				
Dureza	< 3 ppm	0	X									
Osmosis Inversa	Recirculación	Torres de enfriamiento	600	12	pH	6.5 - 9.0	7,7875	X		Adición de Hipoclorito de Sodio para bajar la carga microbiológica	X	
					Cloruros	≤ 250 ppm	20,383	X				
					Sulfatos	≤ 250 ppm	35,178	X				
					Sólidos Totales	≤ 500 ppm	154,25	X				
					Conductividad	50µS/cm 1000µS/cm	250	X				
					Recuento Microbiano	≤ 100 ufc/100mL	4626,8		X			
					Dureza total	≤ 160 ppm como CaCO ₃	0	X				
					Hierro Total	≤ 0.3 ppm	0,0198	X				
					Cloro libre residual	≤ 0.2 ppm - 1.0 ppm	0,049	X				
					Aluminio	≤ 0.2 ppm	0,105	X				
					Coliformes Totales	Ausencia	Aus	X				
Escherichia Coli	Ausencia	Aus	X									

