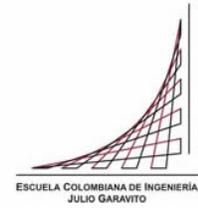


Maestría en Ingeniería Civil

**DISEÑO DE TRATAMIENTO DE UN EFLUENTE PROVENIENTE
DEL BENEFICIO DE LA INDUSTRIA AVICOLA**

Rodrigo Cáceres Escorcía

Bogotá, D.C., 15 de Mayo de 2017



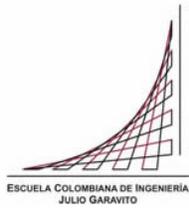
DISEÑO DE TRATAMIENTO DE UN EFLUENTE PROVENIENTE DEL BENEFICIO DE LA INDUSTRIA AVICOLA

**Tesis para optar al título de magíster en Ingeniería Civil, con
énfasis en recursos hidráulicos y medio ambiente**

Jairo Alberto Romero Rojas

Director

Bogotá, D.C. 15 de Mayo de 2017



La tesis de maestría titulada “**DISEÑO DE TRATAMIENTO DE UN EFLUENTE PROVENIENTE DE LA INDUSTRIA AVICOLA**”, presentada por Rodrigo Cáceres Escorcia, cumple con los requisitos establecidos para optar al título de Magíster en Ingeniería Civil con énfasis en Recursos Hidráulicos y medio ambiente.

Director de la tesis

Ing. Jairo Alberto Romero Rojas

Jurado

Dra. María Paulina Villegas de Brigard

Ing. Hector Matamoros Rodriguez

Bogotá, Mayo 15 de 2017

Dedicatoria

A mi esposa e hijos que gracias a ellos no hubiera sido posible la realización de una meta mas trazada en mi vida y que ahora veo ese sueño una realidad

AGRADECIMIENTOS

A Dios en primera instancia, es quién ha puesto todo a mi favor para poder desarrollar y alcanzar esta nueva meta. Tuve que renunciar a mi puesto como empleado e iniciar un nuevo camino como empresario, de esta manera disponer de mi tiempo para hacer lo que queria, estudiar y capacitarme para adquirir nuevas habilidades en mi carrera profesional. No ha sido fácil pero con la guía, orientación y poder de Dios veo realidad ese sueño que inicié hace 6 años y hoy es una realidad que puedo disfrutar.

Tambien quiero agradecer a mi familia por su paciencia, sacrificando dias de descanso en estudio. Muchas gracias por su apoyo.

Al Ing Jairo Alberto Romero Rojas. Director de la especialización saneamiento ambiental por contribuir a la culminación de este proyecto.

Al Doctor Fabio Dominguez, Gerente de la planta Inversiones Eldorado por permitirme desarrollar este proyecto en la compañía que dirige.

RESUMEN

Evaluar un sistema de tratamiento no solamente abarca la recolección, descontaminación y disposición de las aguas desechadas por el proceso, sino también revisar cada etapa del proceso productivo, con el fin de evaluar los conceptos de reducción de consumos de agua a través de prácticas de reúso y recirculación. Por este motivo, este trabajo se enfoca en gran parte en la evaluación de reúso y recirculación, basado en la guía, 9 CRF 416.2 establecido por la Food safety and inspection services (FSIS) perteneciente a la USDA (United States Department of Agriculture) que proporciona una guía detallada sobre los requisitos reglamentarios de saneamiento con respecto a las aplicaciones específicas de reutilización del agua.

Algunos sectores con alto consumo de agua y generadores de aguas residuales fueron identificados y se evaluó su factibilidad de reúso. Una reducción del 35% en el consumo de agua fue logrado como resultado de este estudio. Podemos concluir que programas de reúso y conservación de agua son herramientas útiles para la economía de las empresas, así como para la preservación de fuentes de agua dulce.

Posterior al estudio del uso eficiente del agua, se diseñó un sistema de tratamiento que cumpla con la legislación ambiental, resolución 0631 de 2015, para el agua residual generada.

CONTENIDO

1	JUSTIFICACIÓN	6
2	OBJETIVOS	8
2.1	OBJETIVO GENERAL.....	8
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
3	METODOLOGÍA	9
4	ETAPAS DEL PROCESO PRODUCTIVO	10
4.1	Recepción de aves vivas.....	10
4.2	Preparación del animal (colgado):.....	11
4.3	Aturdido eléctrico:.....	11
4.4	Degüello y sangrado:.....	12
4.5	Escaldado.....	12
4.6	Desplumado.....	13
4.7	Repasado y lavado:.....	13
4.8	Evisceración	13
4.9	Lavado o Pre enfriamiento.....	15
4.10	Enfriamiento de canales	15
4.11	Desprese y Post proceso	17
4.12	Almacenamiento y despacho	18
5	DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO	19
6	DIAGNÓSTICO Y OPTIMIZACIÓN DE CADA PROCESO.....	20
6.1	Cantidad de agua utilizada	21
6.2	Consumos de aguas actualmente utilizada	22
7	SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES	29
8	DESCRIPCION DEL PROCESO DE LA PTAR EXISTENTE	30
9	CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	35
10	SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	37
11	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
12	BIBLIOGRAFIA	40

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE CONSUMO DE AGUA EN PLANTA DE FAENADO DE POLLOS	21
TABLA 2. INDICADORES DE CONSUMO DE AGUA	22
TABLA 3. DEMANDA POR CALIDAD DE AGUA	25
TABLA 4. COSTO DE CADA TIPO DE AGUA	25
TABLA 5. MEDICIÓN DE CAUDALES DE AGUA CRUDA	31
TABLA 6. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL ENTRADA Y SALIDA DE LA PTARI	35
TABLA 7. COMPARACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA TRATADA DEL AGUA RESIDUAL CON LA RESOLUCIÓN 0631.	36

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. CONSUMO PER CÁPITA DE POLLO	5
FIGURA 2. CIRCUITO ENFRIAMIENTO CHILLER	16
FIGURA 3. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE FAENADO DE POLLO	19
FIGURA 4. PORCENTAJES DE DISTRIBUCIÓN DE CONSUMOS DE AGUA.....	23
FIGURA 5. CONSUMO POR POLLO POR PROCESO (L/POLLO)	24
FIGURA 6. CONSUMO DE AGUA DEL PROCESO DE SACRIFICIO DE POLLO, L/POLLO.....	24
FIGURA 7. CIRCUITO DE REÚSO DE AGUA DE PURGA DE CONDENSADORES EVAPORATIVOS	26
FIGURA 8. CIRCUITO DE REÚSO DE AGUA DESPLUMADORA.....	26
FIGURA 9. CIRCUITO DE REUSO DE AGUA DE LAVADO FINAL DE CANALES	27
FIGURA 10. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PTAR EXISTENTE.....	30
FIGURA 11. BALANCE GLOBAL DE AGUA	34
FIGURA 12. ETAPAS DE TRATAMIENTO PROPUESTO.....	38

LISTA DE FOTOGRAFIAS

FOTOGRAFIA 1. FAD. EQUIPO DE FLOTACIÓN POR AIRE DISUELTO	32
FOTOGRAFIA 2. MEZCLA PRESURIZADA DE AGUA Y AIRE	33
FOTOGRAFIA 3. FLOTACIÓN DE LODO	33
FOTOGRAFIA 4. FORMACIÓN DE TORTA EN LA FILTRO PRENSA.....	34

INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento esencial para la sostenibilidad de la vida, el concepto de agua fuente inagotable pertenece al pasado. El crecimiento de la población e industrialización ha conducido a la reducción de la calidad de agua y de su disponibilidad.

De acuerdo con Hespanhol (2005) cambios en la relación entre disponibilidad y demanda de agua podran ocurrir por varias razones:

- Fenómenos naturales asociados con las condiciones climáticas de cada región
- Crecimiento de la población

Cada vez mas se presionan los recursos de agua, ya sea aumentando la demanda o la contaminación. Por tal motivo la conservación y reuso del agua son herramientas claves para minimizar los problemas de escasez de agua. Altos costos en inversiones en tecnologías de tratamiento que permita reusar el agua, es un desafio relevante que la industria debe enfrentar.

Los gerentes o dueños de compañías deben implementar prácticas de reuso debido al incremento en la demanda y el declive de las fuentes de agua, aumento en la escasez de agua durante los periodos secos y el hecho de que las regulaciones ambientales cada vez son mas estrictas.

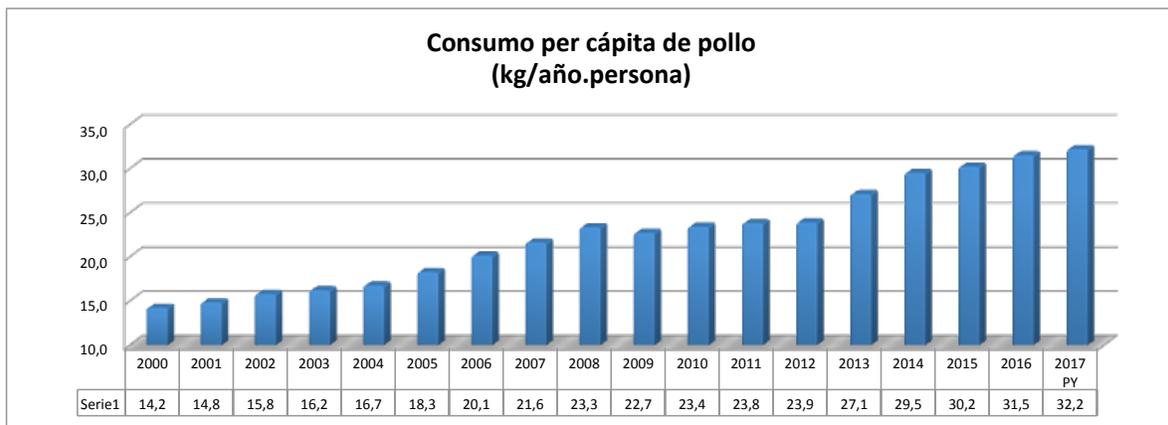
La industria avícola colombiana se ha consolidado en los últimos años como uno de los subsectores más importantes de la economía nacional. El producto interno bruto (PIB) avícola representa el 0,23% del PIB nacional y aproximadamente 12% del PIB agropecuario.

El sector ha venido registrando un importante crecimiento dentro de la economía nacional y durante el año 2016 la producción de pollo presentó un crecimiento del 4.8% alcanzando los 1,4 millones de toneladas. El consumo per cápita de pollo es de 32 kg/hab.año Ha tenido un continuo crecimiento pasando de aportar el 7,0 % de la producción total de carnes de res, cerdo y pollo en 1961 al 50,4% en 2015, siendo hoy una de las principales fuentes de proteínas de los colombianos. Las regiones que mas cuentan con plantas de beneficio son región centro, Santander, valle y Antioquia.

Teniendo en cuenta la estadística que muestra un fuerte crecimiento del consumo de carne de pollo, cada vez mas aumenta la capacidad de producción de las plantas de beneficio y por lo tanto aumenta la demanda de agua y las descargas de aguas residuales a las fuentes hidricas, de ahí la importancia de diseñar sistemas de tratamiento adecuados y establecer políticas de uso eficiente del agua dentro del mismo proceso productivo.

El agua residual de esta industria se caracteriza por contener altas cargas de sólidos suspendidos, grasas y aceites, nitrógeno, fósforo, DBO₅ y DQO, las cuales son grandes contaminantes, sino se disponen cumpliendo con la legislación ambiental. Es importante tener la consciencia ambiental pensando, en cubrir nuestras necesidades actuales pero teniendo en mente que las futuras generaciones puedan también cubrir las suyas.

Figura 1. Consumo per cápita de pollo



Fuente: FENAVI- Federación Nacional de Avicultores

1 JUSTIFICACIÓN

Las fuentes hídricas (superficiales y subterráneas) son afectadas principalmente por el vertimiento de aguas residuales provenientes de unidades productivas; en el caso de las plantas de beneficio, esta situación se da por el uso ineficiente del agua en operaciones de lavado o por vertimiento directo sin ningún tratamiento a las fuentes hídricas, así como por arrastre de la sangre, plumas, etc, si ésta se encuentra almacenada inadecuadamente.

El primer efecto del vertimiento de aguas residuales, es la pérdida de las cualidades organolépticas del medio receptor: color, olor, sabor, turbidez, lo que da el inicio o aceleración (cuando la fuente hídrica está contaminada), al proceso de eutrofización que consiste en el enriquecimiento del medio acuático con materia orgánica y nutrientes minerales como nitratos y fosfatos. Este enriquecimiento incrementa la actividad biológica, que se refleja en aumento de la biomasa y reducción del oxígeno disuelto. Una fuente eutrofizada puede reconocerse por el crecimiento de plantas acuáticas en la superficie, hasta el punto de cubrirla completamente, diferenciándose dos zonas dentro del cuerpo acuático: una zona fótica, en la superficie, donde la luz solar permite la actividad fotosintética de las algas asociadas a las raíces de las plantas que causan sobresaturación de oxígeno; y una zona afótica, debajo de la superficie donde no penetra la luz solar y en donde se consume el oxígeno disuelto, generándose un ambiente anaerobio caracterizado por la turbidez, el oscurecimiento de las aguas y la generación de gases como metano, amoníaco, gas carbónico y gas sulfhídrico; adicionalmente, se forman sedimentos que con el tiempo pueden llegar a colmatar el cuerpo acuático en su totalidad.

La gestión ambiental debe constituirse, para los avicultores, en una herramienta que les permita no sólo cumplir con la legislación ambiental vigente, sino también mejorar continuamente sus procesos productivos a través de la adopción de prácticas sostenibles, reducir el consumo de agua a través del reúso y recirculación de agua dentro de su proceso productivo.

Actualmente hemos experimentado el deterioro de ríos y quebradas, la reducción de la calidad y oferta del agua, debido en gran parte a la falta de conciencia y compromiso ambiental por parte de las directivas de la industria en el pasado. Por este motivo el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible decide actualizar la norma de vertimientos, decreto 1594 de 1984 por la resolución 0631 de 2015, siendo los objetivos de la norma:

- Reducir la contaminación de los vertimientos
- Descontaminación de ríos y quebradas
- Mejorar la calidad del agua
- Aumentar la oferta de agua limpia

Se cambia el concepto de remoción (kg/día) en el tratamiento por concentración final (mg/L)

Por todo lo anterior, es de vital importancia la implementación de un programa del uso eficiente del agua, así como sistemas de tratamientos de aguas residuales eficientes enfocadas al cumplimiento de la actual normatividad ambiental y aquellas compañías que cuentan con su PTARI y aun no logran cumplir con los nuevos parámetros de calidad, deberán ajustar su calidad del vertimiento mediante la implementación de tecnologías complementarias con el propósito no solamente de cumplir con la legislación ambiental, y evitar sanciones, sino para contribuir con los objetivos de la norma, los cuales fueron expuestos anteriormente.

Este trabajo esta enfocado a brindar soluciones que contribuyan a reducir la contaminación de los ríos y promover el uso eficiente del agua en épocas de sequias.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de tratamiento enfocado a cumplir con la resolución 0631 de 2015 para el vertimiento del beneficio de aves de corral.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Disminuir el caudal vertido después del proceso de beneficio
- Buscar la optimización de cada etapa del proceso productivo
- Evaluar un sistema de tratamiento que permita cumplir con la legislación ambiental

3 METODOLOGÍA

- Conocer e identificar las etapas del proceso de beneficio de aves de corral
- Elaborar el diagrama de flujo, caracterizando las entradas y salidas de cada etapa del proceso, con análisis de DBO_5 , DQO, grasas y aceites, Sólidos suspendidos totales, sólidos sedimentables y pH.
- Realizar un diagnóstico y optimización de cada proceso
- Definir el sistema de recolección de aguas residuales para tratamiento y disposición
- Proponer un sistema de tratamiento y exponer su diseño conceptual

4 ETAPAS DEL PROCESO PRODUCTIVO

Las plantas de beneficio cumplen la función de recibir el ave en pie y entregar carne en canal o despresada, lo cual realizan a través de un flujo como el que se muestra en la Figura 3. Las aves que se ahogan durante el transporte se desnaturalizan mediante una picadora y se envían a la planta de harinas de carne, junto con la víscera blanca del pollo. Los pollos vivos llegan a la planta en camiones de carrocería tipo estacas con capacidad para 2700 aves cada uno.

El beneficio de aves se realiza en diez(10) grandes procesos:

1. Recepción de aves vivas
2. Colgado, Matanza y desangrado
3. Escaldado y pelado
4. Evisceración
5. Pre enfriamiento- pre chiller
6. Enfriamiento de canales- Chiller
7. Desprese
8. Selección
9. Almacenamiento
10. Despacho

4.1 Recepción de aves vivas

Las aves llegan a la planta de beneficio transportadas en huacales o jaulas; donde se depositan máximo 10 pollos en cada uno.

Después del pesaje se pasan los huacales a un transportador de rodillos que los conduce al sitio de colgado

El área de descarga debe poseer colores tenues, no debe haber presencia de ruidos fuertes, esto con el afán de que el ave antes del sacrificio experimente un tiempo de

espera de aproximadamente 15 a 20 minutos, en el cual su ritmo cardíaco se relaja, con esto posteriormente se logra un mejor desangre en la línea de proceso. Este tiempo de espera se lleva a cabo por el estrés que sufren las aves en su captura y transporte.

4.2 Preparación del animal (colgado):

Los operarios cuelgan los pollos individualmente por las patas boca abajo, en una línea de ganchos que los desplaza hacia el equipo de aturrido eléctrico.

Si el colgado no se realiza eficazmente, en las operaciones posteriores se pueden producir: cortes de las alas en el matador automático, descolgado del ave, fracturas de los muslos durante el desplumado, cortes desiguales de las patas, etc.

4.3 Aturrido eléctrico:

El objeto del aturdimiento es insensibilizar a las aves frente al dolor, lo que permite darles una muerte más adecuada, produciendo canales de mejor calidad. El aturdimiento no debe matar al animal, sino simplemente producirle una taquicardia que provocará un rápido bombeo de la sangre facilitando el desangrado y la posterior muerte una vez practicado el corte del sacrificio.

Si el aturrido no se realiza de forma correcta, el desangrado será incompleto. El mismo problema ocurre si el ave muere en el aturridor. En caso de un desangrado incompleto, las canales adquieren un color oscuro y presentan manchas visibles de sangre.

Este aturrido consiste en el paso de los pollos por una bañera con agua con un electrodo y una barra guía que hace contacto con los ganchos constituyendo el segundo electrodo. Al introducir la cabeza de cada animal en la bañera se hace pasar una corriente alterna sinusoidal con una frecuencia de 400Hz de 50V durante unos 10 segundos. Esa corriente fluye desde la cabeza a los ganchos (patas) y les provoca la pérdida de consciencia.

4.4 Degüello y sangrado:

El sacrificio consiste en un degüello automático que debe realizarse 10 segundos después del aturdimiento y 30 como máximo, en el que se cortan los grandes vasos sanguíneos (carótida) del cuello, y tras el cual existe un periodo de desangrado.

El sangrado es vertical por gravedad y se produce en un túnel en el que pasan las aves colgadas a una velocidad determinada para controlar que el desangrado es completo. Se hace un repaso manual para asegurar que el corte permita el desangrado completo del animal.

La sangre cae a un canal que la lleva a un depósito para recogerla separadamente. Presenta el grave riesgo de que la sangre pueda contaminarse por la caída de heces, orina, suciedad o contenido gástrico procedente de posibles regurgitaciones durante la fase de agonía.

4.5 Escaldado

Luego del desangrado, se procede al escaldado del pollo, esto se realiza con el objetivo de dilatar los folículos de la piel y permitir en el siguiente proceso la extracción fácil de plumas; la temperatura del agua a la cual se sumerge al animal debe estar entre los 50 y 52 °C manteniéndose así uniformemente, el rango de permanencia del animal en la cuba de escaldado está entre los 2.0 a 2.5 min, si se aumenta la temperatura o el tiempo de permanencia en el agua, las canales se decoloran, se produce un pardeamiento de la epidermis irreversible en la etapa superior de oreado. Si disminuye la temperatura o el tiempo de permanencia, la eficiencia del pelado será muy baja.

La línea automática, posee tanques escaldadores con divisiones, cada sección del tanque, en el cual se sumerge un ave, posee boquillas que inyectan vapor de agua o recirculan el agua alrededor del cuerpo del ave, una vez que ha transcurrido el tiempo de escaldado, y se han sumergido hasta 5 aves por sección, se realiza un recambio automático de agua.

4.6 Desplumado

El desplumado tiene la finalidad de eliminar las plumas de los pollos. El proceso se realiza de forma mecánica por medio del roce de dedos de goma sobre las plumas mientras los cuerpos escaldados pasan por la desplumadora.

Los dedos están montados sobre platos, instalados en grupos y formando barras horizontales, que giran en sentidos alternados.

Normalmente en las máquinas se incorpora un rociado continuo de agua para eliminar las plumas. Éstas se llevan a un punto de recogida común a través de un canal de agua situado debajo de la máquina. El tiempo aproximado de pelado es de 25 – 30 s/pollo.

4.7 Repasado y lavado:

Para esta fase se emplea una lavadora de látigos que elimina las plumas que han quedado pegadas al cuerpo en la fase anterior. Esta máquina emplea gran cantidad de agua (2 m³/h aproximadamente) para limpiar la superficie del ave y minimizar el riesgo microbiológico.

En todas las desplumadoras se emplea agua a la temperatura a la que se encuentran las aves, para facilitar la evacuación de las plumas y limpiar las aves. El consumo de agua medio por máquina varía entre 0,5 y 2,5 m³/h.

Si después del lavado quedan restos de plumas, cañones, suciedad, etc. éstos se eliminan de forma manual, para evitar que pasen a la zona de eviscerado.

4.8 Evisceración

Se realiza una evisceración mecánica, luego un corte alrededor de la cloaca, se inserta un dispositivo en forma de cuchara y se retiran las vísceras. consta de tres pasos:

1. Abrir la cavidad intestinal a partir del rajado en la cloaca

2. Extraer las vísceras de la cavidad gastrointestinal
3. Lavar la cavidad vacía, las vísceras (intestinos, corazón, molleja, entre otras) y demás menudencias (cabeza, pescuezo y patas)

El lavado se hace minuciosamente con agua clorada (máximo 50 ppm de hipoclorito de sodio en agua). Posteriormente se segmentan y clasifican las menudencias en:

Desechos comestibles- vísceras rojas

- Cabeza
- Pescuezo
- Patas
- Molleja
- Corazón
- Hígado

Desechos no comestibles- vísceras blancas

- Buche
- Proventrículo
- Intestinos
- Vesícula biliar (Hiel)
- Pulmones
- Páncreas

Las patas deberán ser separadas por desarticulación o sección, a la altura de la articulación tibiometatarsica.

En esta etapa, una vez eviscerada e inspeccionada, el ave será sometida a un duchado con agua, para disminuir su carga bacteriana y mejorar su calidad, además de eliminar cualquier resto de víscera. Este duchado será controlado por medio de un caudalímetro,

el que medirá la cantidad de agua empleada, fijándose como mínimo un litro y medio, por ave.

Los desechos comestibles una vez lavados, se enfundan y sellan para luego ser enfriados por 15 minutos en hielo

4.9 Lavado o Pre enfriamiento

Una vez que el pollo ha sido faenado, pasa al prechiller o tanque de inmersión, que es un recipiente cilíndrico de acero inoxidable, el cual posee un eje central, que transmite el movimiento hacia aspas onduladas unidas al eje; la función principal del prechiller es:

- Realizar el lavado completo de la carcasa,
- Eliminar restos de sangre, plumas y desechos del eviscerado,
- Eliminar microorganismos de la cavidad eviscerada y de la superficie de la piel (principalmente bacterias patógenas: Salmonella, E. Coli y Campylobacter.
- Hidratar a la canal en un porcentaje del 4,5 %

El agua debe mantenerse a una temperatura máxima de 17°C, con un pH de 6 - 7 y con una concentración de cloro de no más de 50 ppm. El proceso de pre enfriamiento dura de 20 - 25 min. La temperatura del pollo deberá ser de 38°C

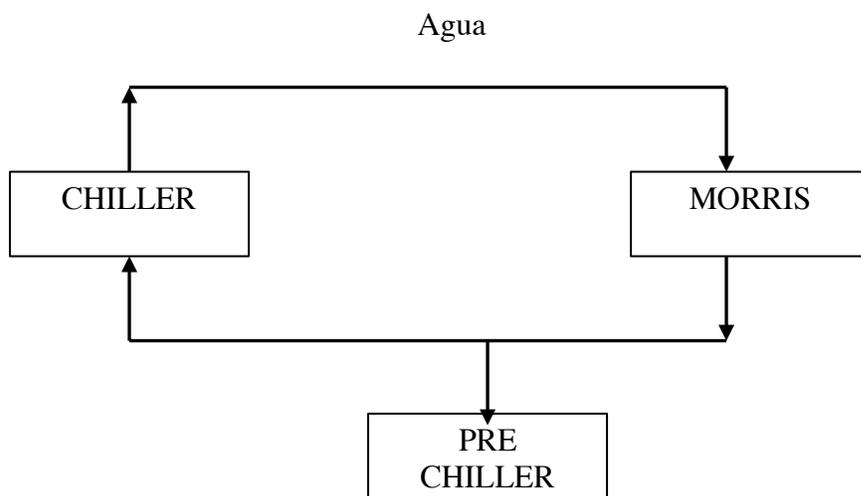
El agua del pre-enfriador se encuentra en constante agitación por aire y el transporte de los canales a través del tanque es realizado por un espiral sin fin. Luego de esta etapa los canales pasan a la etapa de enfriamiento.

4.10 Enfriamiento de canales

Se realiza en un equipo construido totalmente en acero inoxidable, conformado por dos secciones en espiral sin fin para el transporte del pollo, descargador y espiral en una pieza para obtener el tratamiento más suave posible de las aves.

La entrada de los canales al enfriamiento tienen como finalidad terminar de dar un enfriamiento progresivo de manera que los canales tengan una temperatura interna a la salida de máximo de 4°C , la temperatura del agua del tanque enfriador debe ser inferior a 2.0°C, por lo cual se utiliza agua tratada a una temperatura baja y se enfría mediante un equipo de recirculación que la pasa por un equipo de enfriamiento llamado Morris. El tiempo de permanencia del pollo en el tanque de enfriamiento es aproximadamente de 45 minutos y el consumo de agua es de 3 litros de agua por kilogramo de carne

Figura 2. Circuito enfriamiento chiller



Luego de este tiempo el pollo es retirado hacia la mesa de marinado, en ella se inyecta a la pechuga una salmuera (mezcla de: sal, dextrosa, fosfatos, ascorbato sódico, entre otros componentes), que evitan la deshidratación de la canal faenada y a su vez le proporcionara jugosidad a la carne como característica de palatabilidad.

El objetivo principal es inhibir o disminuir al máximo el crecimiento bacteriano para garantizar la inocuidad en posteriores procesos como enfundado y almacenamiento, gracias a que el aire frío al contacto con la piel cierra los folículos, con esto se evita la deshidratación de la canal.

4.11 Desprese y Post proceso

El pollo al salir de la línea del chiller pasa automáticamente a una línea de preselección que es una cámara que posee una balanza y un sistema de visión controlado por computadora, que registra el peso de la canal en el momento en que ésta atraviesa la cámara, así como distingue y separa las aves que presenten golpes, cortes o roturas así como hematomas en la piel y extremidades. Al salir de la cámara el sistema envía una señal a un clasificador de cadena, el mismo que discrimina los pesos enviados y los desvía a líneas secundarias de producción según la calidad del producto.

La selección del pollo se realiza por rangos de peso y calidad de la canal, para lo cual se emplea una línea de pesaje aéreo que esta compuesta por cadena y troles en acero inoxidable ruedas en nylon con rodamientos en inoxidable, ganchos plásticos para colgado de pollo y estructuras que salen en acero inoxidable; para su movimiento tienen una unidad de tracción y un variador de frecuencia.

Los pollos destinados para sacar producto en presa se envían a la sala de desprese. Para lo cual se emplea un sistema de despiece que consta de un armazón en acero inoxidable, ganchos para colgado del ave, sensores de parada, 5 unidades de corte, descargador final y un tablero de control.

Cuando un pollo entra al despiece, la primera etapa que encuentra es el cortado de las alas. Se realiza por la articulación y se puede comercializar como ala entera con punta (húmero, cúbito, radio, carpo, metacarpo, dedos y alula), alitas, que es la segunda falange del ala del pollo (cúbito y radio) y blanqueta, que es la primera falange del ala del pollo (húmero).

Después, mediante un corte abdominal, se separa el cono que irá a una máquina llamada FHF que separará la pechuga de la carcasa y las patas, las que tras pasar por la japonesa, las podemos obtener como cuartos traseros, muslos o jamoncitos y contras

Del tablero de control se puede arrancar y parar el total del equipo o unidad por unidad de corte.

4.12 Almacenamiento y despacho

Después de que los pollos enteros son seleccionadas y empacados son enviados por un transportador a la pre cámara; al igual que la menudencia debidamente seleccionada y enfriada y el producto despresado en sus diferentes presentaciones.

Después de la pre cámara todos los productos resultantes del proceso (pollo entero, pollo despresado y menudencia) son enviados a unos cuartos para:

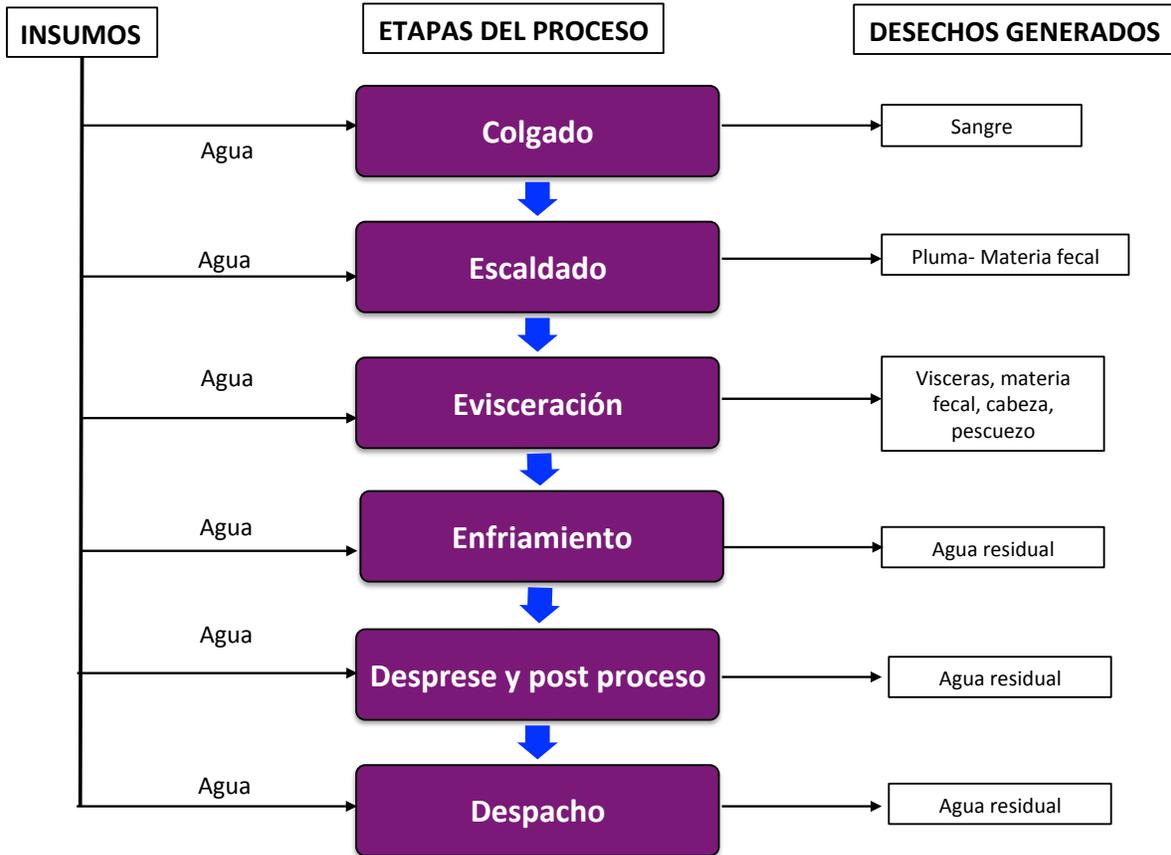
- Conservación (temperatura < 18°C)
- Refrigeración (Temperatura entre 0 – 4 °C)

El producto que se destina para refrigeración pasa directamente a los cuartos destinados para tal fin y los productos destinados para congelación se almacenan en túneles estáticos hasta alcanzar la temperatura de -18°C y luego pasan a los cuartos de sostenimiento de congelados.

Todo el producto se pesa y se toman los registros respectivos para darle entrada a bodega o entrada a inventarios; con estos registros y con los obtenidos en la zona de descargue obtenemos peso de entrada de pollo en pie y el resultado después de ser procesado.

5 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de faenado de pollo



La figura 3 muestra el proceso de faenado de pollo. La zona de colgado está compuesta por: recepción de aves, colgado, aturdido, degüello y desangrado.

La zona de escaldado esta compuesto por: escaldado, desplumado y lavado.

La zona de enfriamiento lo componen el: prechiller, chiller, equipo Morris y condensadores evaporativos.

La zona de desprese y post proceso la componen: desprese, selección y almacenamiento

6 DIAGNÓSTICO Y OPTIMIZACIÓN DE CADA PROCESO

La planta esta enfocada con el uso eficiente del agua, trabajando en tres aspectos como son:

- La recirculación,
- El reúso y
- La reducción del consumo

En los tres casos son necesarias dos actividades básicas: la medición y el monitoreo de la calidad del agua.

Para lograr el objetivo de minimizar el consumo de agua, mediante el reúso o la recirculación del agua respetando las leyes de higiene para la industria de alimentos, consideramos evaluar los siguientes aspectos:

- Medir el consumo de agua potable y la producción de agua residual (Balance de agua)
- Verificar los puntos de mayor consumo de agua, esto es categorizar y priorizar
- Minimizar el consumo de agua haciendo énfasis en los puntos de mayor consumo
- Evaluar el potencial de reúso de agua y de recirculación sin reacondicionamiento
- Comparar- Benchmarking. Esto significa comparar los consumos reales con índices nacionales e internacionales del mismo sector industrial.

Los puntos asociados con el mayor consumo de agua son:

- Pre enfriamiento de menudencias
- Lavado de canales antes del prechiller
- Transporte de menudencia, cuellos y pies

Después de minimizar el uso de agua, la acción mas importante es la evaluación de recirculación y reúso del agua residual sin reacondicionamiento o tratamiento (reúso directo). El reúso directo puede ser en proceso sin contacto directo con el producto, en usos no potable tales como: torre de enfriamiento, lavado de baños o riego alrededor de

la planta; de esta manera puede haber un ahorro de agua potable. De acuerdo con el balance de agua realizado, la posibilidad de recirculación o reúso del agua residual directa o indirectamente, debe ser evaluada física, química y microbiológicamente.

El tratamiento avanzado y terciario para reacondicionar el agua efluente del sistema secundario, puede ser destinada para reúso directo o indirecto. El tratamiento terciario es una buena alternativa para producir agua de alta calidad, permitiendo reducir el consumo de agua potable. Es importante anotar que para mejorar la calidad del agua residual para reúso es necesario desinfectarla.

6.1 Cantidad de agua utilizada

Dependiendo del tamaño de la planta y el nivel de automatización, tanto para el proceso de los pollos como para la higienización que se tenga; de acuerdo con el programa de mejores prácticas en tecnología ambiental en el Reino Unido, el consumo de agua debe estar entre 8 a 15 L/pollo

Su distribución porcentual se muestra en la tabla 1, sin reutilizar agua.

Tabla 1. Distribución porcentual de consumo de agua en planta de faenado de pollos

Sección	Porcentaje
Recepción del pollo	3,0
Escaldado	9,4
Desplumado	6,3
Evisceración	50,0
Enfriamiento	18,8
Higienización	12,5
Total	100

Fuente: el sitio avícola

La tabla 1, es una guía. Sin embargo, el consumo de agua por pollo en cada planta dependerá de una serie de aspectos puntuales:

- Infraestructura para el control de los flujos de agua de reposición en los tanques de escaldado y enfriamiento.

- Tipo de duchas rociadores o boquillas empleadas en lavadoras tradicionales o del tipo “inside – outside washer”, equipos de evisceración y procesamiento de menudencias.
- Infraestructura para el proceso de higienización de la planta, lavado de jaulas y canastas para pollo procesado

Es importante hacerse las siguientes preguntas encaminadas al ahorro de agua

¿Un lavado adecuado de las aves durante el proceso requiere mayor volumen o mayor presión de agua?

No es la cantidad de agua que se utilice, sino la presión apropiada la que garantiza que los pollos durante el faenamiento se mantengan limpios. En consecuencia, las duchas domésticas tradicionales, no deben ser empleadas en las plantas, ya que se desperdicia el agua y el objetivo de limpieza no se cumple cabalmente.

El uso de boquillas atomizadoras es muy apropiado, ya que su consumo es muy bajo - alrededor de 0,25 litros/ ave, y su efectividad es muy alta. Es oportuno recordar que una excesiva presión crea una capa de neblina que no es favorable para esta operación

¿Durante las operaciones de limpieza diaria de la planta las mangueras tienen las válvulas de control de flujo o es el dedo el que ajusta la presión del agua?

¿Recogemos todo el material sólido – materia fecal, plumas, sangre coagulada, etc., antes de lavar o convertimos el chorro de agua en escoba

6.2 Consumos de aguas actualmente utilizada

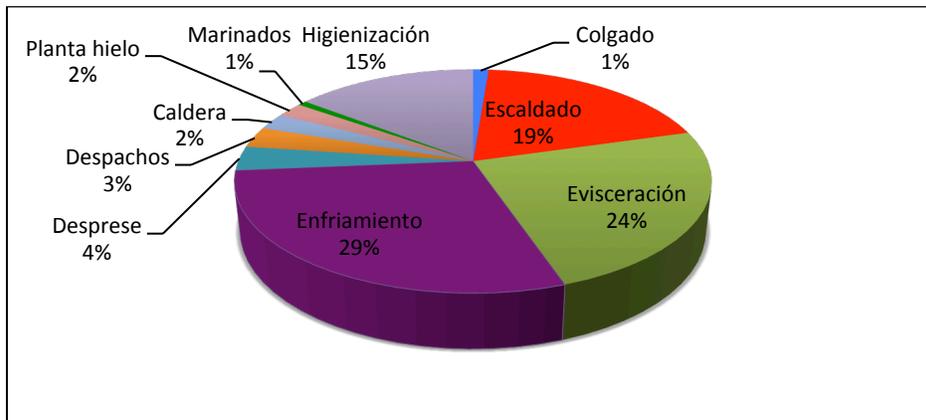
Los consumos promedio actuales de agua en la planta avícola en estudio se muestran en la tabla 2:

Tabla 2. Indicadores de consumo de agua

Indicador	Valor
Proceso de sacrificio	83%
Proceso de Higienización	14.6%
Caldera	2.4%

Los porcentajes de distribución del consumo de agua se ilustran en la figura 4

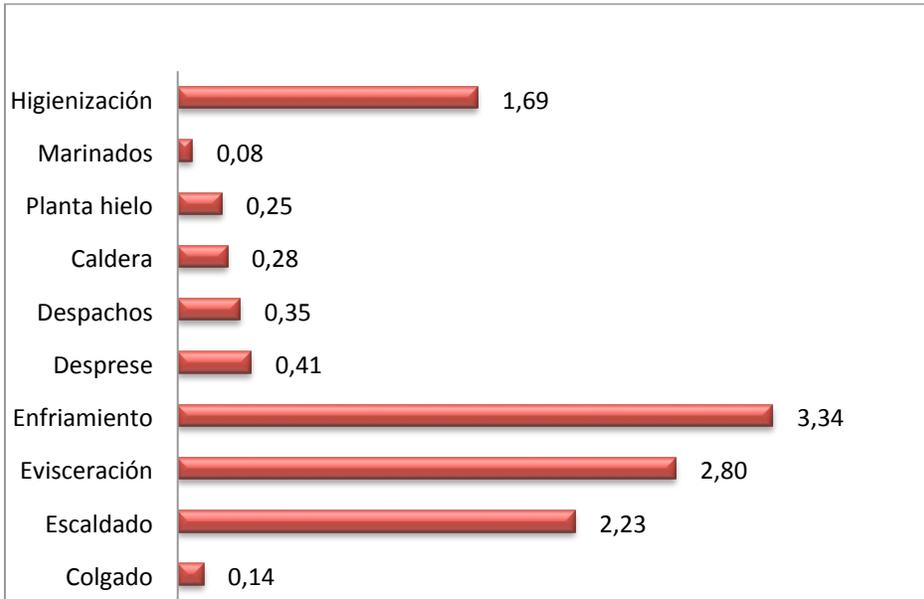
Figura 4. Porcentajes de distribución de consumos de agua



Las etapas del proceso de pollos que consume mayores volúmenes de agua son : Evisceración (24%), enfriamiento (29%), higienización (15%) y escaldado (19%). Estos volúmenes de agua son consumidos debido al constante enjuague y limpieza de los equipos e instalaciones. El propósito de este enjuague es prevenir la acumulación de residuos en el piso y equipos. La remoción de la víscera realizado por evisceración, muestra un gran consumo de agua y generación de aguas residuales que contiene altas concentraciones de materia orgánica, grasas & aceites, nitrógeno y fosforo, el cual se derivan de la grasas y sangre para unir el efluente a través del contacto con la carne interior, el sobrante y la piel

El consumo de agua por cada etapa del proceso expresado en litros por pollo se ilustra en la Figura 5

Figura 5. Consumo por pollo por proceso (L/pollo)



Fuente: Industria en estudio

En la figura 6 se muestra el consumo de agua global del proceso de faenado, comparado con los valores máximos y mínimos alcanzado

Figura 6. Consumo de agua del proceso de sacrificio de pollo, L/pollo

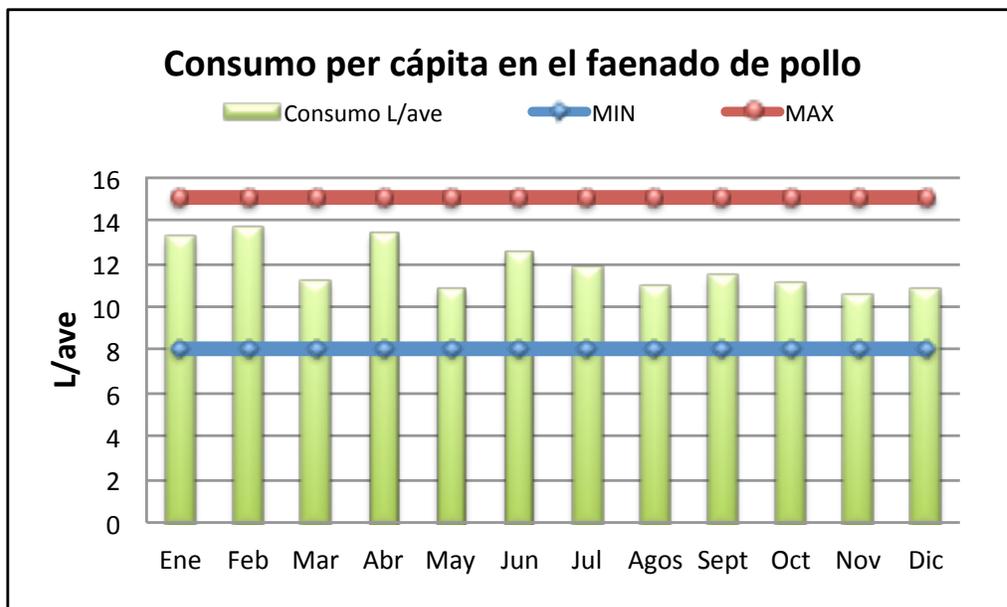


Tabla 3. Demanda por calidad de agua

Calidad de agua	Demanda (m³/día)	Porcentaje (%)
Agua Potable	380	76
Agua de reúso	120	24

La Tabla 3 muestra la demanda de agua por su calidad en la industria de estudio, eso significa que su reúso es del 24%, sin embargo esa cifra podría aumentar al 35%, al implementar unos cambios en el prechiller. De esta manera se podría alcanzar un consumo de agua de 8,0 L/pollo.

En la tabla 4 se muestra el costo de los dos tipos de agua. Al aumentar el reúso de agua, el ahorro no solamente es por la reducción en el consumo de agua potable, sino también, por el ahorro al dejar de verter agua residual a la PTARI, lo cual tiene un costo asociado.

Tabla 4. Costo de cada tipo de agua

Tipo de agua	Costo \$/m³
Agua Potable	800
Agua Residual	1900

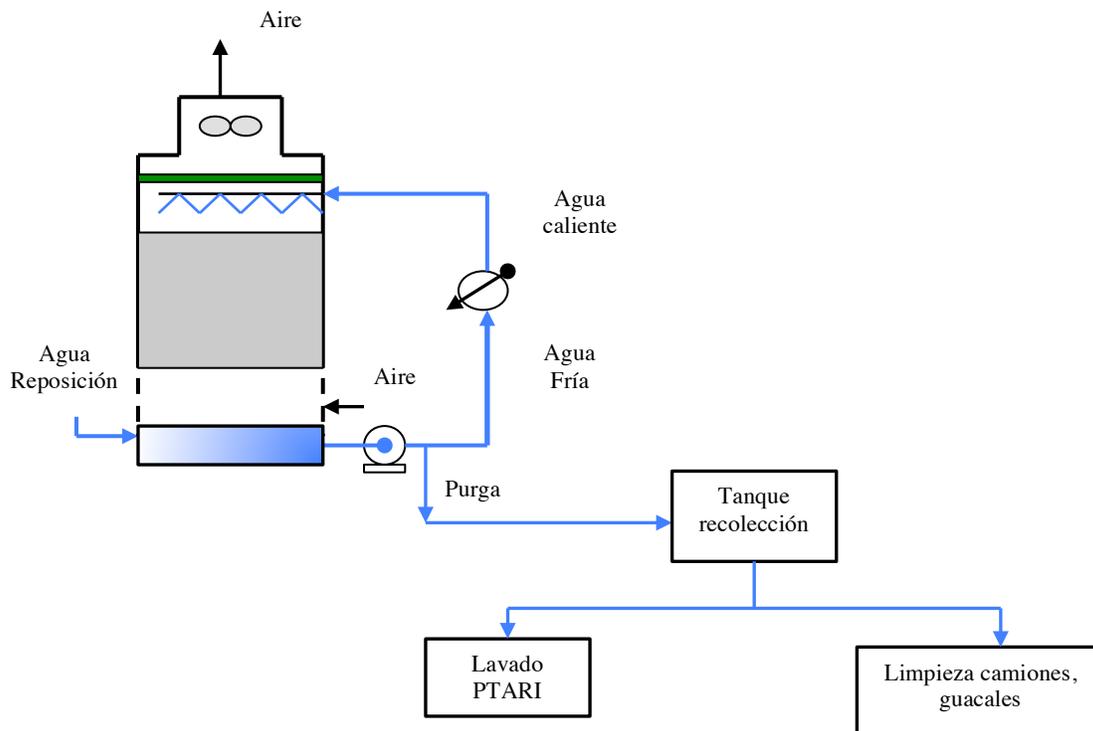
Actualmente existen procesos de reúso (con o sin tratamiento) implementados. Entiéndase por reúso, en donde el efluente de un proceso se utiliza en otro que requiere diferente calidad de agua.

Por lo anterior es necesario determinar la calidad del agua que requiere cada proceso, identificar qué efluentes podrían utilizarse y, cuando corresponda, definir cuál sería el tratamiento mínimo requerido y los mecanismos para transportar el líquido. El agua producto de los procesos de lavado, puede reusarse en otros que requieran de una calidad menor, como sucede en el enfriamiento, el transporte de materiales o en procesos de lavado.

La planta cuenta con los siguientes procesos de reúso de agua

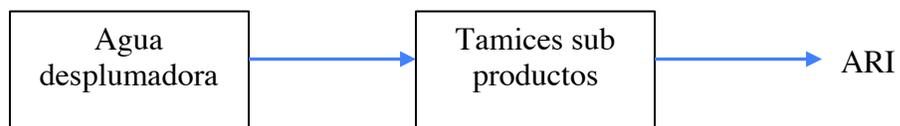
1. Agua de condensadores evaporativos se destina para el lavado de camiones, guacales y limpieza de la PTAR .

Figura 7. Circuito de reúso de agua de purga de condensadores evaporativos



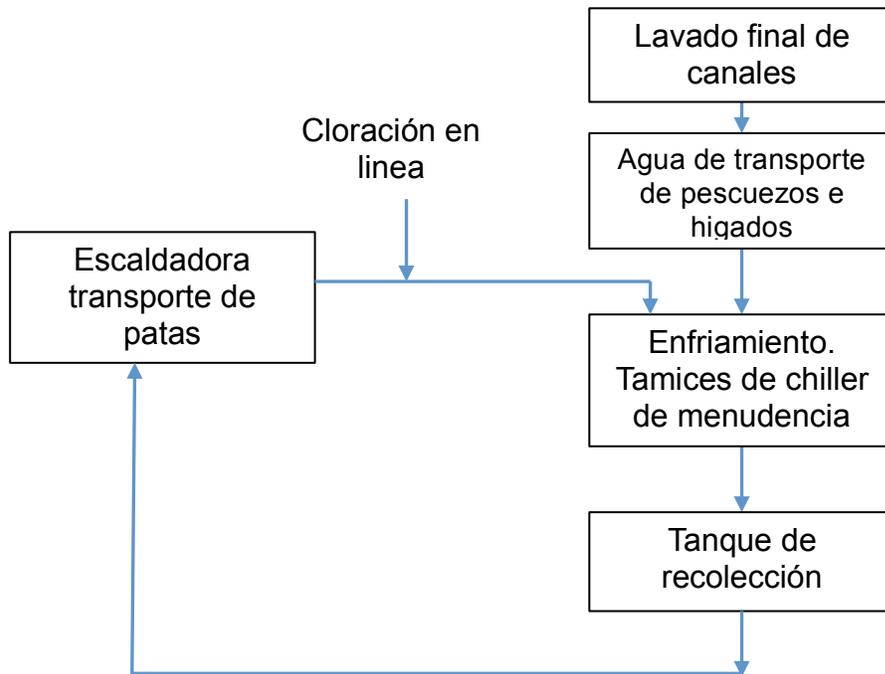
2. Agua desplumadora para transporte de pluma a planta de subproductos

Figura 8. Circuito de reúso de agua desplumadora



- Agua desplumadora para refrigeración de dedos.
- Agua de evisceración: para escaldado de patas, pelado y transporte
- Lavado final de canales (pollo): para transporte de pescuezo e hígados.

Figura 9. Circuito de reuso de agua de lavado final de canales



AGUA POTENCIALMENTE REUTILIZABLE

El rebose del prechiller, a caudal de 3,5 L/s, durante 9 horas, equivalente a 113 m³/d se envía a la PTARI. Ese rebose del prechiller, es aportado por :

Agua clorada 10 – 12 ppm :	1,5 L/s
Agua fría recirculación Morris:	2,0 L/s

Recirculación

- Lavado de canastas- Parte final del lavado de canastillas: Agua con desinfectante Amonio cuaternario recircula a la etapa inicial de la misma máquina lavadora

Reducción de consumo

- Prechiller, se utiliza agua clorada (10 – 12 ppm de cloro), con un caudal de 1,5 L/s. Es una oportunidad de reducción en el consumo, al recircular la misma agua del prechiller y clorarla, en lugar de utilizar agua potable.

7 SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES

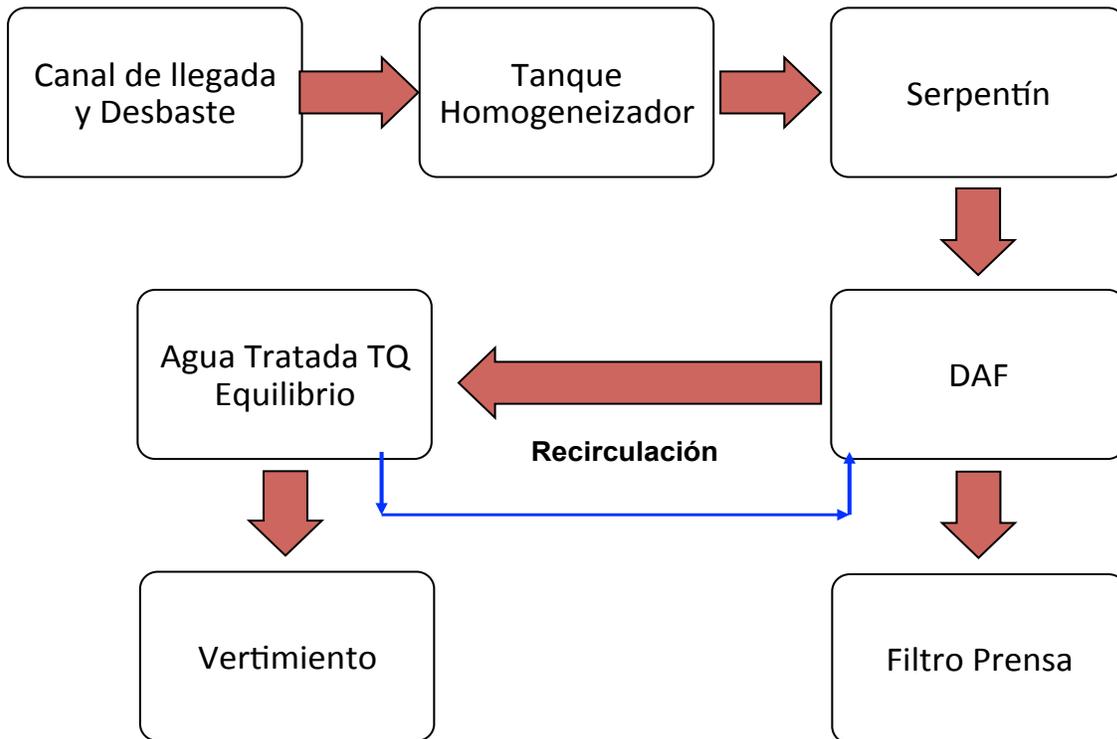
Existen actualmente tres (3) tanques que recolectan las aguas residuales de los diferentes procesos que son conducidos por tubería de 8 pulgadas y luego son enviadas a la planta de tratamiento de aguas residuales, por medio de bombas tipo tornillo.

- **Tanque subterráneo 140:** Recoge las aguas provenientes de las zonas de colgado, aturdido y escaldado.
- **Tanque subterráneo cuarto de basuras:** Recoge agua de la zona de enfriamiento
- **Tanque subterráneo PTAR:** Recoge aguas de despacho y lavado de canastas

8 DESCRIPCION DEL PROCESO DE LA PTAR EXISTENTE

El sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales de INVERSIONES EL DORADO S.A.S está conformado por un sistema de pretratamiento y tratamiento primario como lo muestra el siguiente diagrama de bloques.

Figura 10. Diagrama de flujo de la PTAR existente



La primera operación unitaria que tiene lugar en la planta de tratamiento es la operación de desbaste, realizada por un tamiz estático con aberturas de 0.50 mm, de tamaño uniforme, que se utiliza para retener los sólidos gruesos en el agua residual. Posteriormente el agua llega a un tanque subterráneo de donde es bombeada a dos (2) tanques de igualación y homogeneización (50 m³ cada uno), con el fin de amortiguar las variaciones de caudal y homogeneizar la calidad de agua cruda. Estos tanques permiten recibir las descarga de prechiller, chiller y de la escaldadora, es una descarga rápida y continúa con el tratamiento de la PTAR

En la tabla 5 se muestran los caudales en L/s durante las 12 horas que duró el faneado de pollo.

Tabla 5. Medición de caudales de agua cruda

Tiempo (horas)	Caudal (L/s)
1	11,4
2	10,2
3	9,94
4	12,0
5	12,5
6	9,41
7	10,2
8	9,8
9	11,9
10	11,8
11	11,1
12	11,3
Suma Q	131,5
Q promedio	10,9
Qmáximo	12,5
Q mínimo	9,8

Volumen tanques: 100 m³

Caudal medio diario: 470 m³/d

Caudal Máximo Diario (QMD)= caudal de diseño

Caudal de diseño: 648 m³/d

Volúmen útil de almacenamiento: QMH – QMD (648 - 470) = 178 m³/d

Tiempo útil de almacenamiento: Vol/QmD (100/470) = 2,0 hr

El tiempo de almacenamiento a caudal máximo es de 2,0 horas. El agua luego es enviada al tratamiento primario de clarificación por medio de flotación por aire disuelto en un FAD.

La flotación por aire disuelto es un proceso de clarificación de agua residual a través de la remoción de material suspendido tales como grasas, aceites o sólidos. La remoción es lograda por la inyección presurizada de aire dentro del agua residual, donde finas microburbujas (10 a 100 micras) se adhieren a las partículas de sólidos suspendidos. Esta interacción causa la flotación de las partículas a la superficie del FAD donde ellas son separadas por barredores

Fotografía 1. FAD. Equipo de flotación por aire disuelto



Una parte del efluente entre el 30 al 50% del flujo, se recircula a través de una bomba multietapas a una presión de 60 – 80 PSI, hacia el tanque de presurización para la

creación de agua blanca que induce la flotación. El aire es inyectado al tanque por medio de un compresor a una presión 10 a 20 PSI mayor que la presión del agua reciclada. La presión combinada y el tiempo de retención de 2 minutos fuerza a la solubilización del aire en el agua

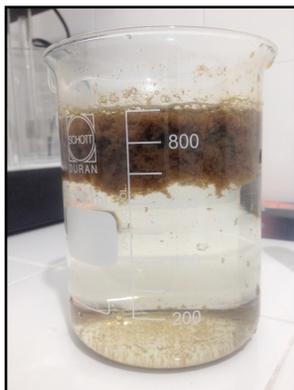
La corriente de agua reciclada y presurizada con aire, es mezclada con la corriente de agua cruda antes de la entrada al tanque de flotación lo que provoca que el aire deje de estar en solución y entre en contacto con las partículas sólidas a la entrada del tanque de flotación.

Fotografía 2. Mezcla presurizada de agua y aire



Normalmente se adicionan químicos para facilitar el proceso de flotación. La adición de coagulante y floculante se realiza en el serpentín que consiste de tubos en forma de espiral. Estos sistemas (serpentín) están diseñados para suministrar la apropiada cantidad de tiempo y energía de mezcla para el programa químico empleado. El resultado de la flotación se muestra en la fotografía 3

Fotografía 3. Flotación de lodo



El equipo de flotación tiene dos salidas, agua clarificada y lodo formado y retirado por los barredores. El agua es vertida por gravedad a un canal que conduce las aguas hacia el río. El lodo es deshidratado, previamente acondicionado en un tanque de espesamiento en donde se le adiciona polímero y cal. Posteriormente el lodo acondicionado es enviado por una bomba tipo tornillo marca netzsch a un filtro prensa de 30 placas de

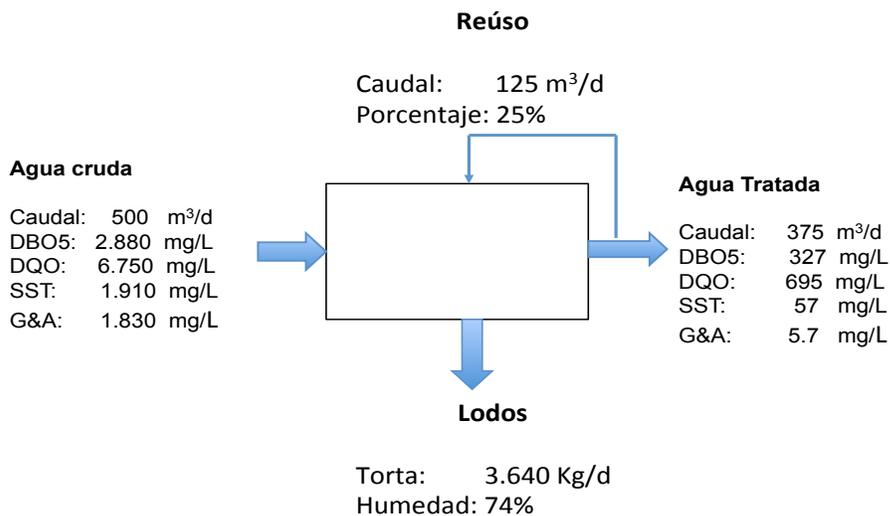
60 x 60 cm con una capacidad de 450 Litros de lodo. En la fotografía 4 vemos la formación de la torta en la filtro prensa.

Fotografía 4. Formación de torta en la filtro prensa



Cada torta formada pesa 9 kilos y se producen 260 kg por cada ciclo de prensado que dura 40 minutos. Durante el día realizan 14 filtro prensadas, produciendo 3640 Kg de lodo seco, con un porcentaje de humedad del 74%, el cual es un sub producto para la fabricación de harina de carne para animales.

Figura 11. Balance global de agua



9 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

De los componentes usualmente encontrados en estos efluentes, la sangre es considerada como la más problemática por su capacidad para inhibir la formación de flocs durante el proceso fisicoquímico en el tratamiento del agua residual y por su alto aporte de materia orgánica expresada como DBO₅. El procesamiento de pollos genera alrededor de 0,5 L de sangre por ave. También contiene altas concentraciones de nitrógeno y fósforo derivado de la grasa, sangre y residuos de carne y piel.

Tabla 6. Caracterización del agua residual entrada y salida de la PTARI

PARAMETRO	UNIDADES	CRUDA	TRATADA	% REMOCION
pH	Unidades	7,1	6,37	N.A
Aceites y grasas	mg/L	1830	5,7	99,6
DBO ₅	mg/L- O ₂	2880	327	88,6
DQO	mg/L- O ₂	6750	695	89,7
SAAM	mg/L	0,8	0,58	27,5
SST	mg/L	1910	57	97,0
Cloruros	mg/L		779	250
Sulfatos	mg/L		123	250
Nitratos	mg/L		0,3	Análisis y reporte
Nitritos	mg/L		0,024	Análisis y reporte
Fósforo	mg/L		1,7	Análisis y reporte

Los porcentajes de remoción son altos, lo cual muestra la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales. En la tabla 6 se muestra los valores de agua cruda y tratada obtenidos en planta comparándolos con los límites para el vertimiento establecidos en la resolución 0631 de 2015.

Tabla 7. Comparación de la calidad de agua tratada del agua residual con la resolución 0631.

PARAMETRO	UNIDADES	ENTRADA	SALIDA	RES 0631
pH	Unidades	7,1	6,37	6,0 –9,0
Aceites y grasas	mg/L	1830	5,7	40
DBO ₅	mg/L- O ₂	2880	327	300
DQO	mg/L- O ₂	6750	695	650
SAAM	mg/L	0,8	0,58	NE
SST	mg/L	1910	57	100
Sulfatos	mg/L		123	250
Cloruros	mg/L		779	250
Nitrato	mg/L		0,3	Análisis y reporte
Nitritos	mg/L		0,024	Análisis y reporte
Fósforo	mg/L		1,7	Análisis y reporte
Color	UPCo		60	Análisis y reporte
Color	436nm		0,043	Análisis y reporte

SST: Sólidos Suspendidos totales.

A pesar de lograr altos porcentajes de remoción en DBO₅ y DQO, no cumple con la normatividad por muy poco, en este monitoreo, pero existen otros monitoreo en donde se logran resultados de DBO₅: 295 mg/L y DQO : 542 mg/L, eso significa que va estar en el límite de la norma, algunas veces ligeramente por debajo y otras veces ligeramente por encima.

Para ajustarse a la normatividad será necesario complementar el sistema de tratamiento actual, con un sistema secundario (biológico) que permita reducir aun más la carga orgánica expresada como DBO₅ y DQO

10 SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

Las plantas de tratamiento de aguas residuales de las unidades procesadoras de pollo usualmente tiene el mismo tipo de tratamiento, donde la flotación es el mas comúnmente utilizado como etapa de separación sólido- líquido., debido a la características de estos efluentes, el cual contiene alto contenido de grasas y aceites. Para mejorar el desempeño de estos sistemas de flotación el uso de coagulantes y floculantes es obligatorio, para incrementar el tamaño del floc y proveer una alta estabilidad del mismo a altas tasas de separación. La adición de estos químicos debe ser precisa y controlada para mejorar la separación sólido- líquido. Algunas variables deben ser tenidas en cuenta como son el pH, la dosificación de reactivos químicos, velocidad de mezcla y tiempo de contacto y saturación del aire en el agua (microburbujas), para garantizar el éxito en este proceso de separación

Los procesos de flotación son preferidos con relación a los de sedimentación por su rápida separación de sólidos, el bajo contenido de humedad en los lodos producidos y requerimiento de menor área. La eficiencia de la flotación puede variar entre el 60 – 95% de remoción de materia orgánica.

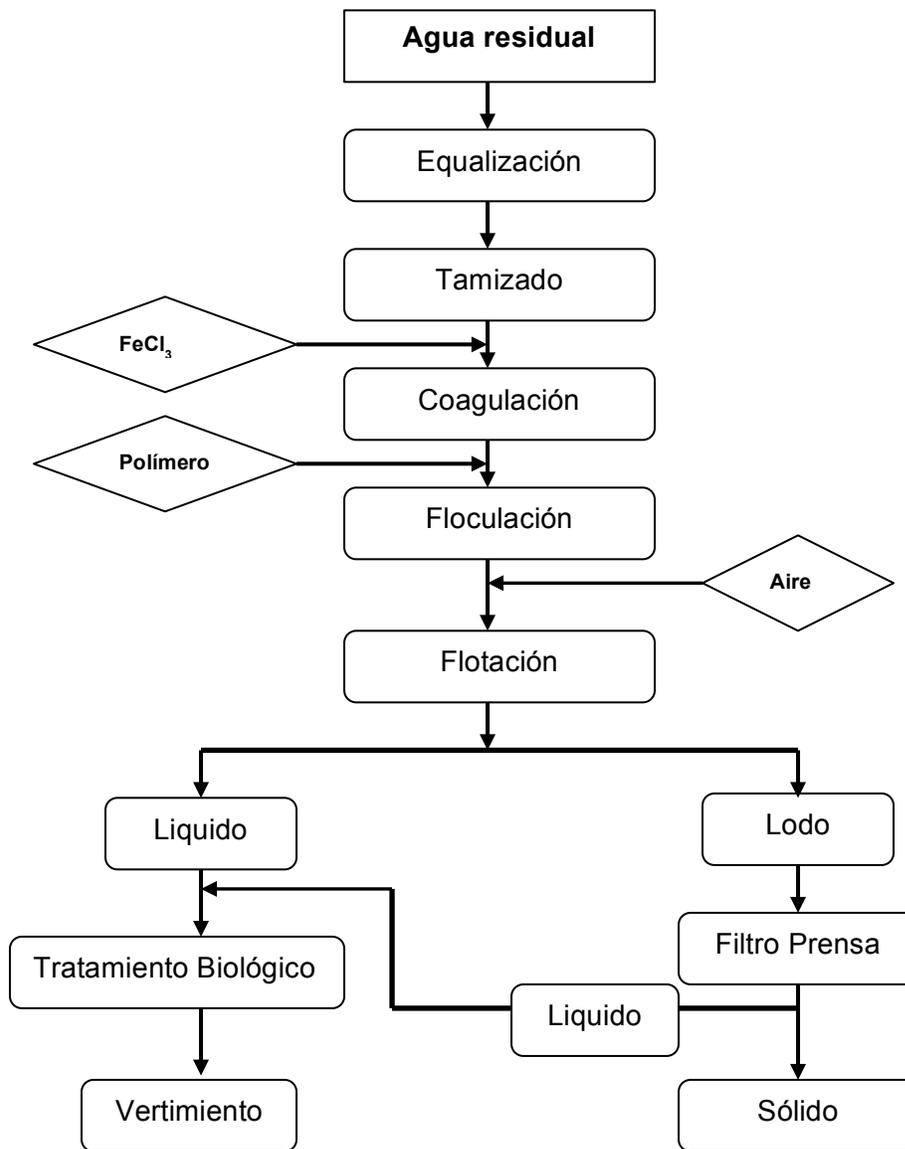
Cuando la flotación de sólidos es bien ejecutada, el lodo sobre la superficie es separado del agua a través de un barredor. Este lodo es recolectado en un tanque para su acondicionamiento, adicionándole poliacrilamida catiónica y luego es bombeado a un equipo de deshidratación como es el filtro prensa. El lodo deshidratado es almacenado y utilizado como sub producto para la fabricación de alimento de animales, especialmente en el segmento de mascotas.

El agua tratada del DAF debe ser sometida a un tratamiento biológico (tratamiento secundario: lagunas de estabilización o lodos activados). Finalmente el agua residual tratada es descargada al rio

Si se desea realizar un proyecto de reúso, se recomienda implementar un tratamiento

terciario para el efluente del tratamiento secundario, utilizando procesos de ultrafiltración. En la figura 11 mostramos los procesos de tratamiento del agua residual

Figura 12. Etapas de tratamiento propuesto



11 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se identificaron las áreas de mayor consumo de agua como son: evisceración (24%), escaldado (19%), enfriamiento (29%) e higienización (15%), hacen el 87% del consumo de agua de toda la planta.
- El consumo promedio de agua es de 11,5 L/ave, el cual está dentro de los establecido a nivel mundial en un consumo de 8 – 15 L/ave.
- Actualmente la compañía está reutilizando el 24% de agua pero existe un punto posible de recuperación en el prechiller perteneciente al área de enfriamiento, lo que permitiría llegar al 35% de reducción de agua por reúso.
- Alcanzando el 35% de reducción de consumo de agua potable en el proceso de beneficio, podrían llegar a tener un consumo per cápita de 8 L/ave.
- En cuanto al cumplimiento de la normatividad ambiental, los parámetros como DBO5 y DQO están al límite máximo permitido, es decir, en algún monitoreo se cumple y en otros no, estando sus valores muy cercano a la norma. Recomendamos implementar el sistema secundario por medio de un sistema MBR (Reactor biológico por membranas) por el poco espacio que cuenta la fábrica y porque es un sistema de alta eficiencia.
- Si se implementa el sistema MBR, que tiene un sistema de ultrafiltración incorporado, permitiría reutilizar el agua en procesos, como caldera, enfriamiento y lavado de zonas sucias.

12 BIBLIOGRAFIA

AVULA R, NELSON H M, SINGH R K 2009. Review Recycling of poultry process wastewater by ultrafiltration. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 10 - 18.

CRUZ JOHANA. Etapas del proceso de faenamiento de pollos.

DE SENA R F, TAMBOSI J L, GENENA A K, MOREIRA R DE FPM, SCHRÖDER H FR, JOSÉ H J 2009. Treatment of meat industry wastewater using dissolved air flotation and advanced oxidation processes monitored by GC–MS and LC–MS. *Chemical Engineering Journal* 152 - 151–157.

EL SITIO AVICOLA .Uso eficiente del agua en plantas de faenamiento, Febrero de 2014.

Environmental Technology Best Practice Programme. Reducing Water and Effluent Costs in Poultry Meat Processing. Guide GG233; 2000.

FENAVI. Guía ambiental para el subsector avícola. Colombia 2016.

HESPANOL HELENA. Manual de conservación y reúso de agua en la industria. 2005

MATSUMURA EM, MIERZWA JC 008. Review- Water conservation and reuse in poultry processing plant- A case study. *Resources, conservation and recycling* 38-355-345

MINISTERIA DE AGRICULTURA. Indicadores del sector avícola. Colombia 2016.

REGINA MOREIRA, ANDERSEN SILVIA, GENENA AIZA. Water and Wastewater Management and Biomass to Energy Conversion in a Meat Processing Plant in Brazil. A case Study.

SHAI BARBUT. The Science of poultry and meat processing. Chapter 18. Waste treatment and by products. University of Guelph

