

PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO DEL RECURSO AGUA
EN LA EMPRESA ALIMENTOS CAÑAVERAL S.A.

ALEJANDRO GOMEZ GONZALEZ.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
PREGRADO DE INGENIERIA QUÍMICA
LP INGENIERIA AMBIENTAL
MANIZALES
NOVIEMBRE DE 2001

PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO DEL RECURSO AGUA
EN LA EMPRESA ALIMENTOS CAÑAVERAL S.A.

ALEJANDRO GOMEZ GONZALEZ.

Cod. 396026

Trabajo de grado en la modalidad de pasantía
para optar al título de Ingeniero Químico.

Director Ad Hoc

FRANCISCO JAVIER GÓMEZ

Ingeniero Civil.

Directora por parte de la Universidad

ADELA LONDOÑO CARVAJAL.

Ingeniera Química.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
PREGRADO DE INGENIERIA QUÍMICA
LP INGENIERIA AMBIENTAL
MANIZALES
NOVIEMBRE DE 2001

*A Papá por su Responsabilidad y Ejemplo,
A Mamá por su Cariño y Comprensión ...
... y a Dios por el don de vivir.*

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus más sinceros agradecimientos a:

- Ingeniera Adela Londoño Carvajal. Profesora asociada del programa de Ingeniería Química. Directora del trabajo de grado en representación de la Universidad Nacional.
- Ingeniero Francisco Javier Gómez. Gerente Alimentos Cañaveral S.A. Director Ad-Hoc del trabajo de grado en representación de la Empresa.
- Doctor Hector Hugo Olarte. Jefe de Investigación y Desarrollo Casa Luker.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.
- ALIMENTOS CAÑAVERAL S.A.
- CASA LUKER.
- Así como a todas las personas que de una u otra forma hicieron posible la realización del presente trabajo de grado.

TABLA DE CONTENIDO.

RESUMEN

INTRODUCCION

JUSTIFICACIÓN

OBJETIVOS

1. GENERALIDADES DE PROCESO

1.1	Generalidades.....	1-1
1.2	Ubicación.....	1-1
1.3	Descripción de líneas de producción.....	1-1
1.3.1	<i>Línea de producción de jugos.....</i>	1-1
1.3.2	<i>Línea de producción de concentrado Cañaverál.....</i>	1-6
1.4	Descripción de líneas de agua y servicios de recirculación.....	1-8
1.4.1	<i>Líneas de Agua afluentes.....</i>	1-8
1.4.2	<i>Líneas de agua efluentes.....</i>	1-8
1.4.3	<i>Servicios de recirculación.....</i>	1-9
1.4.3.1	<i>Línea de vapor de caldera.....</i>	1-9
1.4.3.2	<i>Línea de agua de enfriamiento.....</i>	1-10
1.4.3.3	<i>Ciclo general de refrigeración.....</i>	1-10

2. BALANCE TEÓRICO DE AGUAS

2.0	Balances de materia.....	2-1
2.1	Generalidades del balance global teórico de consumo de agua y generación de aguas residuales.....	2-1
2.2	Intervención del recurso agua en líneas de producción.....	2-2
2.2.1	<i>Etapas de producción de Jugos.....</i>	2-2
2.2.2	<i>Etapas de producción de concentrado Cañaverál.....</i>	2-4
2.3	Intervención del recurso agua en operaciones de lavado y desinfección.....	2-5
2.4	Balance teórico de agua.....	2-6

2.4.1	Balance teórico de agua en línea de producción de Jugos.....	2-6
2.4.2	Balance teórico de agua en línea de producción de concentrado Cañaveral.....	2-11
2.5	Análisis de resultados del balance teórico	2-13
2.5.1	<i>Análisis de porcentajes de especificación teórica de consumos.....</i>	2-13
2.5.2	<i>Análisis de resultados</i>	2-15

3. BALANCE REAL DE AGUAS

3.1	Balances real de aguas línea de Jugos.....	3-1
3.1.1	<i>Balance real etapas de precalentamiento y enfriamiento.....</i>	3-1
3.1.2	<i>Balance real de aguas en etapas de producción.....</i>	3-3
3.1.3	<i>Balance real en operaciones de limpieza y desinfección.....</i>	3-12
3.1.3.1	<i>Descripción de operaciones de la vado y desinfección.....</i>	3-14
3.1.3.2	<i>Formulación del balance en operaciones de lavado y desinfección.....</i>	3-16
3.1.4	<i>Resumen del balance real en la línea de Jugos.....</i>	3-19
3.2	Balance real de aguas línea de concentrado Cañaveral.....	3-27
3.2.1	<i>Balance real en etapas de producción.....</i>	3-27
3.1.2	<i>Balance real en operaciones de limpieza y desinfección.....</i>	3-29
3.2.2.1	<i>Descripción de operaciones de lavado y desinfección.....</i>	3-30
3.2.2.2	<i>Formulación del balance en operaciones de lavado y desinfección.....</i>	3-35
3.2.3	<i>Resumen del balance real línea de concentrado Cañaveral.....</i>	3-41

4. IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRITICOS

4.1	Identificación y relación de puntos críticos de consumo (PCC).....	4-1
4.1.1	<i>Identificación y relación de PCC Línea de Jugos.....</i>	4-1
4.1.1.1	<i>PCC en etapas de producción.....</i>	4-1
4.1.1.2	<i>PCC en operaciones de lavado y desinfección.....</i>	4-5
4.1.1.3	<i>PCC en operaciones de precalentamiento y enfriamiento de línea.....</i>	4-9
4.1.2	<i>Identificación y relación de PCC Línea de concentrado Cañaveral.....</i>	4-10
4.1.2.1	<i>PCC en etapas de producción.....</i>	4-10
4.1.2.2	<i>PCC en operaciones de lavado y desinfección.....</i>	4-11

4.2	Identificación y relación de puntos críticos de generación de Aguas residuales (PCGAR).....	4-12
4.2.1	<i>Identificación y relación de PCGAR Línea de Jugos.....</i>	4-14
4.2.1.1	<i>PCGAR en etapas de producción.....</i>	4-14
4.2.1.2	<i>PCAR en operaciones de lavado y desinfección.....</i>	4-18
4.2.1.3	<i>PCAR en operaciones de precalentamiento y enfriamiento de línea.....</i>	4-21
4.2.2	<i>Identificación y relación de PCAR Línea de concentrado Cañaverál.....</i>	4-21
4.2.2.1	<i>PCAR en operaciones de lavado y desinfección.....</i>	4-21

5. ANÁLISIS DE DISMINUCIÓN DE CAUDAL Y CARGA CONTAMINANTE DE LAS ARI

5.1	Lineamientos generales.....	5-1
5.2	Análisis de reducción de volumen en los efluentes líquidos residuales de la empresa alimentos Cañaverál.....	5-2
5.2.1	<i>Separación de vertidos.....</i>	5-2
5.2.2	<i>Retención de las aguas residuales.....</i>	5-9
5.2.3	<i>Cambios en la producción para la disminución de vertidos.....</i>	5-10
5.2.4	<i>Reutilización de vertidos.....</i>	5-11
5.3	Análisis de reducción cargas contaminantes en los efluentes líquidos residuales de la empresa alimentos Cañaverál.....	5-13
5.3.1	<i>Cambios en el proceso.....</i>	5-13
5.3.2	<i>Modificaciones en el equipo industrial.....</i>	5-15
5.3.3	<i>Segregación de vertidos.....</i>	5-16
5.3.4	<i>Mezcla de vertidos.....</i>	5-16
5.3.5	<i>Recuperación de subproductos.....</i>	5-17

6. PLAN DE MANEJO DEL RECURSO AGUA

6.1	Lineamientos generales.....	6-1
6.2	Objetivos del plan de manejo del recurso agua.....	6-2

6.3	Estrategias y metas del plan de manejo del recurso agua.....	6-2
6.3.1	<i>Estrategias para asegurar el consumo mínimo de agua.....</i>	6-2
6.3.2	<i>Metas para asegurar el consumo mínimo de agua.....</i>	6-4
6.3.3	<i>Estrategias para asegurar la carga contaminante mínima en el agua residual de la empresa.....</i>	6-7
6.3.4	<i>Metas para asegurar la carga contaminante mínima de aguas residuales</i>	6-9
6.3.5	<i>Estrategias para asegurar que el tratamiento de las aguas residuales, cumpla con parámetros de vertimiento.....</i>	6-12
6.3.6	<i>Metas para asegurar el tratamiento de aguas residuales.....</i>	6-12

7. RECOMENDACIONES PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

7.1	Generalidades.....	7-1
7.2	Recopilación teórica para el estudio en cuestión.....	7-1
7.3	Definición de los parámetros de diseño.....	7-2
7.3.1	<i>Caracterización del agua residual a tratar.....</i>	7-2
7.3.2	<i>Caracterización fisicoquímica del efluente líquido residual.....</i>	7-3
7.3.3	<i>Recomendaciones para la caracterización futura de aguas residuales.....</i>	7-7
7.4	Proceso sistemático para el diseño definitivo.....	7-7
7.4.1	<i>Criterios de selección de las unidades de tratamiento de aguas residuales en la empresa Alimentos Cañaveral S.A.....</i>	7-8
7.5	Recomendaciones aplicables a la selección del sistema de tratamiento de aguas residuales.....	7-16
7.5.1	<i>Criterios independientes al sistema de tratamiento.....</i>	7-17
7.5.2	<i>Criterios determinantes para la selección del sistema de tratamiento.....</i>	7-18
7.6	consideraciones adicionales para el dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	7-18

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1.1	Diagrama de flujo simplificado (Línea de producción Jugos).	1-6
Figura 1.2	Diagrama de flujo simplificado (Línea de producción Cañaveral).	1-8
Figura 1.3	Ciclo general de refrigeración	1-11
Figura 1.4	Distribución en planta de líneas de agua y servicios de recirculación	1-12
Figura 2.1	Distribución de consumos de agua y generación típica de ARI	2-3
Figura 3.1	Diagrama de flujo cualitativo (Línea de producción de jugos).	3-2
Figura 3.2	Diagrama de operaciones de lavado y desinfección (Línea de Jugos).	3-13
Figura 3.3	Diagrama de flujo cualitativo (Línea de concentrado Cañaveral).	3-27
Figura 3.4	Diagrama de operaciones de lavado y desinfección (Línea Cañaveral)	3-31
Figura 4.1	Representación gráfica consumo de agua durante producción	4-3
Tabla 2.1	Descripción de consumos y generación de ARI (línea de Jugos).	2-4
Tabla 2.2	Descripción de consumos y generación de ARI (línea de Cañaveral).	2-4
Tabla 2.3	Formulación agua de dilución producción de jugos.	2-7
Tabla 2.4	Caudal teórico de extracción de frutas cítricas procesadas.	2-8
Tabla 2.5	Caudal teórico de pasteurización de productos elaborados.	2-9
Tabla 2.6	Estudio de consumos teóricos especificados (Julio 2000- Abril 2001).	2-14
Tabla 3.1	Tabla de lavado convencional de equipos (línea de Jugos)	3-14
Tabla 3.2	Relación diaria de lavados en línea (línea de Jugos)	3-17
Tabla 3.3	Relación diaria de lavados convencionales (línea de Jugos)	3-18
Tabla 3.4	Relación de consumo en lavados adicionales (línea de Jugos)	3-18
Tabla 3.5	Relación agentes químicos en lavados adicionales (línea de Jugos)	3-18

RESUMEN

Ante la necesidad de implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales para los efluentes de la empresa alimentos Cañaveral S.A, el presente trabajo reúne las características actuales y posibles mejoras ambientales de las aguas residuales generadas en la planta, dentro de un estudio preliminar de parámetros de intervención en líneas de proceso para la reducción de volumen y carga contaminante de los efluentes.

Los primeros tres capítulos efectúan una campaña de revisión de efluentes mediante una descripción de líneas de proceso, agua y servicios de recirculación. Se considera además un diagnóstico del consumo teórico de agua durante diez meses de estudio el cual genera las bases de formulación y resolución de los balances reales de aguas en las actividades de producción, lavado y desinfección.

Partiendo del balance real de aguas, se identifican y relacionan los puntos críticos de consumo de aguas industriales y generación de efluentes residuales. A partir de los cuales, se proponen alternativas de intervención basadas en los principios básicos de reducción, reutilización, recuperación y reciclaje de aguas residuales. Para asegurar el cumplimiento de los objetivos de disminución propuestos, se citan las bases para la formulación del plan de manejo del recurso agua.

Finalmente, se hace un análisis del sistema de tratamiento adecuado para los efluentes de la planta, acompañado del algoritmo de cálculo para el dimensionamiento de las unidades propias de una depuración secundaria (biológica). El algoritmo se amolda a las variación en las características de los efluentes sometidos a intervención

Los anexos referencian las tablas de balance teórico, las relaciones de proceso, lavado y desinfección; la formulación y resolución de balances reales de agua y el algoritmo de dimensionamiento de las unidades de tratamiento secundario propuestas.

INTRODUCCIÓN

La concepción del agua como un recurso barato e inagotable en las plantas de procesos químicos es cosa del pasado. A medida que las capacidades productivas se expanden, los incrementos en los costos de abastecimiento de aguas industriales y disposición de aguas residuales comienzan a ser factores determinantes en la generación de beneficios económicos en la operación y funcionamiento de la empresa. De lo anterior, debe la misma enfocarse el manejo del recurso agua a lo largo de la línea de proceso para permitir una provisión de la cantidad y calidad de agua requerida dentro de los parámetros viables económica y ambientalmente [13].

Concientes de las necesidades y garantías con las cuales se debe llevar a cabo toda actividad productiva, dentro de un marco de desarrollo sostenible que minimice cualquier efecto significativo en contra del ambiente, se presentan a continuación los pasos para la adopción de un plan de manejo integral del recurso agua en la empresa Alimentos Cañaveral S.A.

La estrategia llevada a cabo tiene en cuenta diversas oportunidades de tratamiento de aguas de manera integrada al proceso básico de la actividad industrial, mediante un estudio de dos fases:

Fase 1. Campaña de revisión de consumos y efluentes de la planta industrial. Efectuada mediante la descripción y determinación de las principales características del consumo de agua industrial y generación de aguas residuales. La determinación de las características de intervención del recurso agua incluye las actividades de producción, lavado y desinfección, a partir de las cuales, se proponen las relaciones que hacen posible la solución del balance real de aguas.

Fase 2. Revisión de los datos obtenidos en fase 1 para establecer los objetivos de manejo integral. A partir de los datos del balance real de aguas, se efectúa la determinación de los puntos críticos en el consumo de agua industrial y en la generación de aguas residuales, para luego proponer alternativas de uso racional y reducción, reutilización, reciclaje y recuperación de efluentes residuales. De manera adicional se especifican las metas y estrategias para satisfacer los objetivos de manejo integral propuesto. Finalmente se ofrecen las alternativas de tratamiento junto con los algoritmos de dimensionamiento para las unidades de depuración.

JUSTIFICACIÓN

La necesidad de imprimir calidad de vida apropiada a cualquier ser humano, junto con la satisfacción del desarrollo sostenible en las actividades que le comprometen hacen parte de una serie de responsabilidades compartidas por todas las esferas de la sociedad. La Universidad como ente académico partícipe de la misma, debe estar dispuesta a generar interacciones con la empresa, para que en común acuerdo se destinen esfuerzos encaminados al estudio y solución de las problemáticas ambientales de la región, contribuyendo así con el desarrollo local y nacional.

Para la empresa resulta indispensable continuar cumpliendo con su compromiso de mejoramiento continuo dentro de sus líneas de proceso, lo que a su vez se traduce en mantener evidentes sus políticas de mejoras ambientales con relación a los efluentes líquidos producto de su actividad industrial. La ejecución de este proyecto resulta necesaria para:

- Permitir un conocimiento detallado del consumo de agua industrial y generación de efluentes residuales en las actividades de producción, lavado y desinfección de sus líneas de proceso.
- Definir las relaciones de proceso, lavado y desinfección necesarias para la resolución del balance real de aguas, ante cualquier volumen de producción u operación de lavado o desinfección.
- Identificar los puntos críticos responsables de las problemáticas ambientales de la empresa, referentes a volúmenes y concentración de agentes contaminantes en aguas residuales.
- Proponer acciones correctivas a los puntos críticos, de tal forma que se generen beneficios económicos adicionales, mediante la disminución del consumo de agua industrial y de la carga contaminante de sus aguas residuales.
- Satisfacer parcialmente los requerimientos actualmente exigidos por la Corporación Autónoma Regional, concernientes al diseño e implementación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales (Ausentes actualmente en la planta), al entregar una serie de observaciones y

sugerencias que ofrezcan bases sólidas para una caracterización representativa de mínimos efectos ambientales.

- Como beneficio adicional concerniente a la operatividad del sistema de producción, este trabajo permitirá proponer estrategias para corregir la falta de técnicas de manejo integral del recurso agua en la empresa.
- Dar bases sólidas para contrarrestar parcialmente los costos de tasa retributiva e implementación de sistemas de tratamiento, atendiendo principalmente a las alternativas de intervención, a las que ha de someterse el proceso para asegurar las disminuciones previstas y continuar con el mejoramiento de cada línea.
- Constituir el punto de partida ante posibles proyectos de certificación ambiental y expansión de mercados transnacionales.

OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL

- Formular las bases para un plan de manejo para el recurso agua que permita la disminución del consumo de agua industrial y la carga contaminante presente en los efluentes líquidos residuales de la empresa Alimentos Cañaveral S.A.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Proponer herramientas para la disminución del consumo de agua industrial durante la operación normal de cada una de las líneas de producción, mediante la formulación de prácticas de manejo que propendan a su uso racional.
- Proponer herramientas para la disminución la carga contaminante de los efluentes líquidos de cada proceso mediante un análisis de recuperación, reducción, reutilización y reciclaje de las aguas residuales antes de su disposición final.
- Formular las bases para el plan de manejo del recurso agua en la empresa Alimentos Cañaveral S.A. que contenga el dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

1. GENERALIDADES DE PROCESO

Descripción de líneas de producción y aguas

1.1	Generalidades.....	1-1
1.2	Ubicación.....	1-1
1.3	Descripción de líneas de producción.....	1-1
1.3.1	<i>Línea de producción de jugos.....</i>	1-1
1.3.2	<i>Línea de producción de concentrado Cañaveral.....</i>	1-6
1.4	Descripción de líneas de agua y servicios de recirculación.....	1-8
1.4.1	<i>Líneas de Agua afluentes.....</i>	1-8
1.4.2	<i>Líneas de agua efluentes.....</i>	1-8
1.4.3	<i>Servicios de recirculación.....</i>	1-9
1.4.3.1	<i>Línea de vapor de caldera.....</i>	1-9
1.4.3.2	<i>Línea de agua de enfriamiento.....</i>	1-10
1.4.3.3	<i>Ciclo general de refrigeración.....</i>	1-10
Figura 1.1	Diagrama de flujo simplificado (Línea de producción Jugos).....	1-6
Figura 1.2	Diagrama de flujo simplificado (Línea de producción Cañaveral).....	1-8
Figura 1.3	Ciclo general de refrigeración.....	1-11
Figura 1.4	Distribución en planta de líneas de agua y servicios de recirculación.....	1-12

1.1 GENERALIDADES

Alimentos Cañaveral S.A es una empresa agroindustrial dedicada a la elaboración de productos naturales de consumo humano. Cuenta en la actualidad con dos líneas de proceso divididas en elaboración de jugos y concentrados azucarados de frutas en la primera línea y producción de edulcorante natural a base de miel de caña panelera en la segunda. De manera adicional, se mantiene una constante experimentación que espera ser traducida en nuevos productos que se amolden a las características de producción de las líneas existentes y que a su vez satisfagan algunas de las necesidades del mercado nacional.

1.2 UBICACIÓN

La empresa se encuentra localizada sobre el kilómetro 2 de la vía que de Chinchiná conduce al municipio de Palestina en el departamento de Caldas y está cobijada bajo la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Caldas en cuanto a normatividad ambiental se refiere (Permisos de emisiones y vertimientos).

1.3 DESCRIPCIÓN DE LÍNEAS DE PRODUCCIÓN.

1.3.1 LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE JUGOS.

La línea de producción de Jugos está compuesta por once etapas: selección, extracción, refinación, preparación, clarificación, desaireado, precalentamiento, homogenización, pasteurización, enfriamiento y envasado. La disposición del número de etapas involucradas en la producción de cada uno de los jugos varía según la materia prima utilizada, tal como sigue:

a) Producción de Jugos Naturales

Fruta	Producto	Materia Prima
Naranja	Pulpa	Frutos frescos
	Jugo	Frutos frescos
	Concentrado Azucarado	Frutos frescos
Limón	Jugo	Frutos frescos
	Concentrado Azucarado	Frutos frescos

Mora	Jugo Concentrado Azucarado	Pulpas y frutos Pulpas y frutos
Maracuyá	Jugo Concentrado Azucarado	Pulpas y frutos Pulpas y frutos

Las materias primas determinadas como frutos frescos (Limón, Naranja) son sometidas a todas las operaciones contenidas en la línea, mientras que las demás materias primas (Pulpas concentradas) comienzan su producción en la etapa de preparación.

La descripción de cada una de las etapas para la producción de jugos naturales obedece a:

1.3.1.1 Selección: La materia prima es recibida y pesada en la zona de descarga para luego ser llevada a una tolva dispensadora mediante una banda transportadora de cangilones. Una vez dispuestos en la tolva, los frutos frescos se llevan a la zona de preselección donde un operario coloca sobre una banda de elevación, aquellos que cumplen con los parámetros de tamaño y calidad apropiados para la alimentación a la máquina de extracción (Extractora). Durante el transporte de los frutos a la bandeja de recepción de la extractora, las bandas son lubricadas con agua fría. Dicha lubricación sirve además como enjuague de los frutos cítricos.

1.3.1.2 Extracción: Las máquinas de extracción (Extractoras) son equipos diseñados para exprimir frutos frescos y maduros, pueden procesar naranjas, limones y mandarinas con diámetros entre los 40 y 100 mm. En esta etapa se reciben los frutos para ser exprimirlos mecánicamente, de tal forma que se separen la cáscara, el bagazo y la semilla del jugo exprimido, evitando la mezcla del producto con los aceites esenciales para disminuir posteriores efectos de oxidación. En el sistema de extracción, el fruto es comprimido y el jugo forzado a salir por un cilindro de extracción a través de unos micro-orificios (1 mm de diámetro) para luego ser transportado a la siguiente etapa de producción mediante mangueras plásticas sanitarias. Las partes sólidas de los frutos (semillas, fibras, membranas y cáscaras) son luego descargadas por la parte inferior del cilindro de extracción al plato de recolección de residuos [3].

Se cuenta con dos extractoras marca Bertuzzi con un ciclo de 46 golpes por minuto en los cuales se alimentan cuatro frutos por cada extracción. Las máquinas efectúan la acción mecánica de

extracción mediante un sistema de émbolo pistón refrigerado y lubricado por un flujo constante de agua, la cual se descarga directamente sobre la bandeja de recolección de residuos sólidos cumpliendo con una función adicional de transporte de sólidos a un tornillo sinfin de extracción. El sinfin se encuentra dentro de una carcaza perforada que retiene sólidos gruesos (cáscaras) y algunos sedimentables (membranas y semillas) permitiendo el flujo del agua residual utilizada como refrigeración, lubricación y arrastre de sólidos.

1.3.1.3 Refinación: El jugo exprimido se conduce a un sistema de refinación denominado "finisher", en el cual mediante un tamiz rotatorio se efectúa una remoción fina de sólidos constituida principalmente por la membrana intercarpelar de los frutos cítricos. Los residuos sólidos generados en esta etapa son evacuados del equipo mediante una serie de aspas que raspan la superficie interna del tamiz hasta llevarlos a una caneca. Luego de terminada la operación, los residuos de refinación son dispuestos en el tornillo sinfin para ser evacuados a la tolva de recepción de residuos sólidos.

1.3.1.4 Preparación: Una vez efectuada la refinación, el jugo se lleva a una tina de acero inoxidable (Para cumplir con volúmenes de dosificación) para luego ser bombeado al tanque de preparación. En esta etapa se realiza la estandarización del producto a elaborar en función del contenido de grados Brix y acidez mediante la adición de los microingredientes específicos de cada preparación. Luego de cumplir con los tiempos de retención y adición específicos, la mezcla es llevada al clarificador.

1.3.1.5 Clarificación: El jugo preparado es ahora dispuesto en un equipo de separación de partículas en suspensión (almidones, pectina, celulosa entre otras [14]), logrando mejoras en la calidad organoléptica del producto. Esta operación entrega al canal de aguas residuales una descarga periódica consistente en un fluido con un alto contenido de sólidos. Luego de clarificado el jugo es llevado al tanque de clarificación de donde se bombea al tren de pasteurización.

El denominado tren de pasteurización reúne las etapas de desaireado, precalentamiento, homogenización, pasteurización propiamente dicha y enfriamiento. Cada una de las operaciones de intercambio de calor (precalentamiento, pasteurización y enfriamiento) se lleva a cabo en un arreglo definido para un intercambiador de placas y marcos APV de tres pasos. Las etapas de esta operación de acondicionamiento del producto pueden ser descritas según:

1.3.1.6 Desaireado: El jugo clarificado se lleva a un tanque de balance, donde se regula el flujo (proveniente del tanque de clarificado) para su posterior alimentación al sistema de desaireación. En esta etapa se genera un vacío de aproximadamente 15 mm Hg (0.0197 atmósferas), que tiene por objeto disminuir el contenido de oxígeno en la interfase gas líquido, de tal manera que [14]:

- Se eviten reacciones de oxidación que deterioren el sabor del jugo.
- Se disminuyan las pérdidas de vitaminas en el jugo terminado.
- Se elimine la formación de espuma y sus consecuentes problemas en las operaciones de intercambio de calor por la falta del recubrimiento homogéneo de las placas de intercambio.

El vacío se lleva a cabo mediante una bomba de anillos (Liquid ring vacuum pump) que utiliza agua fresca y limpia como fluido refrigerante, esta agua es constantemente descargada en el canal de captación de aguas residuales.

1.3.1.7 Precalentamiento: El jugo desaireado se bombea al primer paso del intercambiador de calor de placas y marcos, en el cual se cumplen las siguientes características:

Fluido de proceso:	Jugo clarificado.
Fluido de servicio:	Agua caliente de la salida del segundo paso (Pasteurización) por el intercambiador.
Incremento de Temperatura:	Variable, según las capacidades caloríficas de los productos elaborados

Esta etapa tiene por objeto dar al producto una temperatura adecuada para su disposición en el sistema de homogenización, logrando además un aprovechamiento energético de las otras corrientes del intercambiador de calor.

1.3.1.8 Homogenización: El jugo precalentado se introduce al equipo de homogenización, donde se efectúa una reducción por presión del tamaño de las partículas dando una consistencia final de cuerpo al producto elaborado y disminuyendo la sedimentación durante el periodo de almacenamiento. El equipo necesita de un flujo constante de agua a manera de lubricación de los pistones, la cual es dispuesta en el canal de desagüe de ARI.

1.3.1.9 Pasteurización: La pasteurización es la operación en la que mediante un aumento de temperatura se eliminan microorganismos patógenos y se inactivan enzimas garantizando el incremento en la vida útil y disminuyendo alteraciones del gusto del producto terminado. Las principales características de este segundo paso por el intercambiador de placas obedecen a:

Fluido de proceso: Jugo Homogenizado.
Fluido de servicio: Agua caliente de mezclador (Agua-Vapor).
Incremento de Temperatura: Hasta un valor no menor a los 85° C, logrado mediante control automático de servoválvulas.

El fluido de servicio se toma de un mezclador de vapor de caldera con agua fría, este equipo de intercambio de calor está dispuesto a un lado del intercambiador de placas y cumple con las siguientes características:

Entrada al mezclador: Vapor de caldera controlado automáticamente.
Agua fría a razón de flujo constante.
Salida del mezclador: Agua caliente al intercambiador de placas.
Purga de vapor de caldera.
Descarga de agua en el canal de ARI por alivio de presión.

1.3.1.10 Enfriamiento: Luego de pasteurizar el jugo, se lleva a una tubería en zig zag en la que se efectúa un primer enfriamiento por convección natural del aire circundante, al final de la misma se tiene un acople al último paso del intercambiador de calor de placas, el cual cumple con las siguientes especificaciones:

Fluido de proceso: Jugo Pasteurizado.
Fluido de servicio: Agua fría del banco de hielo.
Decremento de Temperatura: Hasta un valor no mayor a los 4° C.

El agua de servicio del banco de hielo consiste en un sistema cerrado de recirculación de agua fría, que tiene como alimentación un tanque refrigerado por un ciclo convencional de amoniaco (Ver página 1-11).

1.3.1.11 Envasado: El jugo terminado a baja Temperatura se bombea al tanque pulmón de envasado para luego ser envasado en recipientes estériles que se sellan herméticamente quedando en condiciones óptimas para su almacenamiento y distribución. El envasado de todas las presentaciones (Pulpa, Jugo, Concentrado Azucarado) se efectúa manualmente y por gravedad al abrir una llave de un cuarto de vuelta ubicada al final de la tubería que comunica el tanque pulmón con el cuarto de envasado.

El diagrama simplificado de flujo de proceso obedece a:

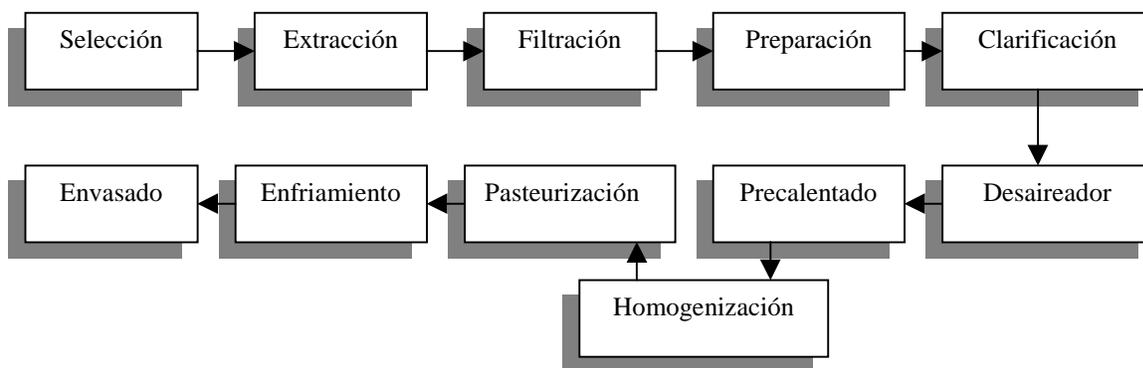


Figura 1.1. Diagrama de flujo simplificado (Línea de Producción de Jugos).

1.3.2 LÍNEA DE PRODUCCIÓN CAÑAVERAL.

La producción del concentrado de caña panelera "Cañaveral" se efectúa mediante una mezcla y acondicionamiento de mieles vírgenes con mieles semiprocesadas. La condiciones de operación de la línea satisfacen la producción del concentrado y de las mieles semiprocesadas utilizadas como materia prima. La producción se lleva a cabo mediante el seguimiento de cuatro etapas básicas: Almacenamiento, preparación, enfriamiento y disposición final, las cuales pueden describirse según:

1.3.2.1 Almacenamiento: El almacenamiento para cada una de las mieles varía de acuerdo con:

Miel virgen: Se dispone de cuatro tanques para la recepción de la materia prima, constituida por miel virgen proveniente de ingenio. Cuando la miel se está descargando es pasada por un sistema de filtro recibo que, además de retener sólidos gruesos, la bombea al tanque destinado para su almacenamiento.

Miel semiprocada: En el cuarto de proceso se dispone de dos tanques para el almacenamiento de este tipo de miel una vez cumplidos los tiempos de preparación y enfriamiento.

1.3.2.2 Preparación: La etapa de preparación es similar para la producción de miel semiprocada y del concentrado de caña "Cañaveral". Para ambos procedimientos, las mieles a emplear son cargadas en una serie de marmitas siguiendo una proporción en volumen. Una vez cargadas se comienza la elaboración por batches, sometiendo a un calentamiento con agitación constante. Según las cargas y volúmenes de dilución calculados para cada batch se efectúa la adición formulada de microingredientes (función de la Temperatura). De ser necesario, se debe efectuar una adición de agua que asegure la concentración final de sólidos en el producto terminado.

1.3.2.3 Enfriamiento: Luego de la preparación, el producto terminado es pasado por un intercambiador de calor de coraza y tubos donde presenta una primera reducción de Temperatura antes de ser bombeado al tanque de enfriamiento. Las características del intercambiador son:

Fluido de proceso: Producto terminado (miel procesada, concentrado Cañaveral).

Fluido de servicio: Agua fría del banco hielo.

Decremento de Temperatura: Valores entre 15 y 20°C

Luego de pasar por el intercambiador de calor se lleva al tanque de enfriamiento, el cual consiste en un tanque agitado compuesto de dos carcasas concéntricas entre las cuales fluye agua fría del banco de hielo. Una vez alcanzada la Temperatura adecuada para su disposición final (Alrededor de 45°C) se bombea al tanque de producto terminado (Para el caso del concentrado) o al tanque de almacenamiento de miel semiprocada (Para el caso de este tipo de miel).

1.3.2.4 Disposición final: La disposición final varía según el producto elaborado. Una vez se termina la producción de miel semiprocada, se dispone en sus respectivos cuartos de almacenamiento. Para el caso del concentrado Cañaveral, cuando el concentrado está dispuesto en

el tanque de producto terminado se inicia la etapa de envasado. Esta etapa está completamente automatizada y cumple con dos operaciones simples, la primera es la de transporte desde su almacenamiento hasta la máquina envasadora y la segunda de dosificación en las botellas de PET.

El diagrama simplificado de flujo de proceso obedece a:

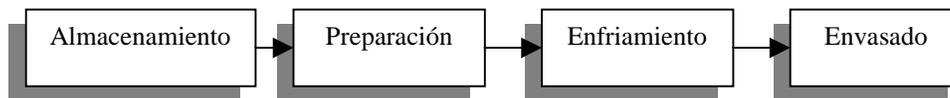


Figura 1.2. Diagrama de flujo simplificado (Línea de Producción de Cañaveral).

1.4. DESCRIPCIÓN DE LÍNEAS DE AGUA Y SERVICIOS DE RECIRCULACIÓN

La planta de producción maneja conjuntamente las líneas de aguas (Afluentes y Efluentes) y los servicios de recirculación (Vapor de agua, Agua del banco de hielo y ciclo de refrigeración) para las dos líneas de producción, cuya descripción obedece a:

1.4.1 LÍNEAS DE AGUA AFLUENTES: El agua que abastece la planta de producción es captada del acueducto municipal de Campo Alegre. Una vez llega a la empresa pasa por un macromedidor, para después ser conducida a un par de tanques de concreto en paralelo con capacidad para 75 m³ cada uno. Luego de estar dispuesta en los tanques de almacenamiento, es bombeada por una centrífuga a lo largo de la línea principal de conducción, de donde se van efectuando una serie de ramificaciones para satisfacer las necesidades de agua de servicio (lubricación y refrigeración de equipos), proceso (dilución de productos elaborados), lavado y desinfección (mangueras y tomas finales) en cada una de las líneas. La ramificación destinada al agua de dilución de productos de la línea de jugos es pasada por un sistema de tres filtros de remoción de sedimentos y una cámara de desinfección de luz ultra violeta.

1.4.2 LÍNEAS DE AGUA EFLUENTES: Los efluentes de la planta están divididos en aguas residuales domésticas (Servicios sanitarios), aguas residuales industriales (debidos a las operaciones involucradas en la producción en cada línea) y captación de aguas lluvias. La mayor parte de los efluentes generados en la empresa los constituyen las Aguas residuales industriales (ARI) vertidas

durante producción, lavado y desinfección. Las tomas y líneas de conducción principales de las ARI en cada línea cumplen con la siguiente ubicación:

1.4.2.1 Líneas de ARI en producción de Jugos: En la línea de jugos es posible identificar dos desagües principales, ubicados en el cuarto de proceso (en la mitad de un canal de desagüe) y en el cuarto de envasado, cada uno de los cuales es canalizado (por red de alcantarillado) y reunido en una cámara de recepción general constituyendo así el efluente de esta línea. Adicionalmente se cuenta con un desagüe en el cuarto frío.

1.4.2.2 Líneas de ARI en producción de concentrado Cañaveral: La línea de producción de concentrado Cañaveral presenta tres cámaras de recepción intermedia. Dos de ellas al final de los canales de desagüe de los cuartos de producción y envasado, y la restante en la zona de los tanques de almacenamiento de la miel virgen. Una vez que los efluentes líquidos de producción, lavado y desinfección alcanzan un volumen determinado dentro de la cámara recepción intermedia (Tipo pozo), son bombeados hasta la cámara de recepción general, de tal forma que se reúnen con los efluentes de la línea de jugos. El transporte de los efluentes se efectúa a través de tubería de PVC.

En la actualidad todos los efluentes líquidos residuales recogidos en la cámara de recepción general son dispuestos finalmente en el canal de rebose del embalse Cameguadua sin previo tratamiento.

1.4.3 SERVICIOS DE RECIRCULACIÓN: Los servicios de recirculación de la planta abastecen las dos líneas de producción y se componen por aquellos que involucran agua como agente de servicio (Vapor de caldera y Agua de enfriamiento) y aquellos que pueden involucran además del agua otra sustancia o agente químico para el servicio (Ciclo de refrigeración).

1.4.3.1 Línea de vapor de caldera: El vapor para el servicio dentro de la línea es producido por una caldera pirotubular alimentada con gas natural como combustible. El recorrido efectuado por el vapor y sus respectivas líneas de recirculación de condensados a lo largo de las líneas de producción se puede apreciar en la figura 1-4. Presenta como receptores finales del servicio, en la línea de Jugos, los mezcladores para abastecer de agua caliente el intercambiador de placas y un tanque de lavado. En la línea de concentrado Cañaveral tiene como receptores finales las marmitas de cocción y de calentamiento de agua.

De manera adicional se presentan otros receptores finales que en el momento permanecen clausurados (Taller de mantenimiento, Zona de servicio de refrigeración). El consumo de agua está limitado por las pérdidas de vapor generadas a lo largo de la línea y se efectúa mediante un sistema de reposición y acondicionamiento automático.

1.4.3.2 Línea de agua de enfriamiento: El agua de enfriamiento cumple con una recirculación a lo largo de las líneas de proceso y tiene como punto de partida y llegada un banco de hielo, consistente en un tanque de almacenamiento (Capacidad de 7000 lb de hielo) de agua a baja temperatura que se mantiene refrigerado por un serpentín interno por el cual fluye parte del amoníaco del ciclo general de refrigeración. Los receptores finales del agua de enfriamiento obedecen al intercambiador de placas y tanque pulmón de envasado (Línea de jugos) y al intercambiador de coraza y tanque de enfriamiento (Línea Cañaveral). Debido a las posibles pérdidas a lo largo de la línea, se debe efectuar una adición de agua siguiendo regularidades de entre 10 y 15 días. La adición de agua de reposición se efectúa manualmente y cumple con las necesidades del nivel de sumergencia de los tubos que transportan el fluido refrigerante.

1.4.3.3 Ciclo general de refrigeración: El sistema de refrigeración utiliza amoníaco como agente refrigerante, cumple con la disposición de un ciclo de refrigeración convencional (compresión - evaporación - expansión - condensación), refrigerando el cuarto frío y el banco de hielo. La descripción de los equipos presentes en él, cumple con [11]:

Equipo	Marca	Modelo
Compresor de refrigeración de amoníaco dotado de motor de 40 HP	APC Crepaco	KH-10
Evaporador con difusor	Frick	BTRS- 48
Tanque recibidor de amoníaco con válvulas de servicio de 400 Lt de capacidad	Compacol	F-4
Condensador evaporativo	APV	CLSA-36

Las operaciones unitarias de compresión, evaporación y expansión se llevan a cabo normalmente en los equipos descritos en el recuadro, la condensación se lleva a cabo mediante un sistema de intercambio que esparce constantemente agua y aire sobre los tubos por los cuales fluye el

amoníaco, el exceso de agua en el condensador se ve regulado mediante una válvula de nivel que determina la cantidad de agua vertida en el desagüe. El ciclo de refrigeración y las líneas de conducción de agua y amoníaco presentes en él cumple con la disposición mostrada en la figura 1-3.

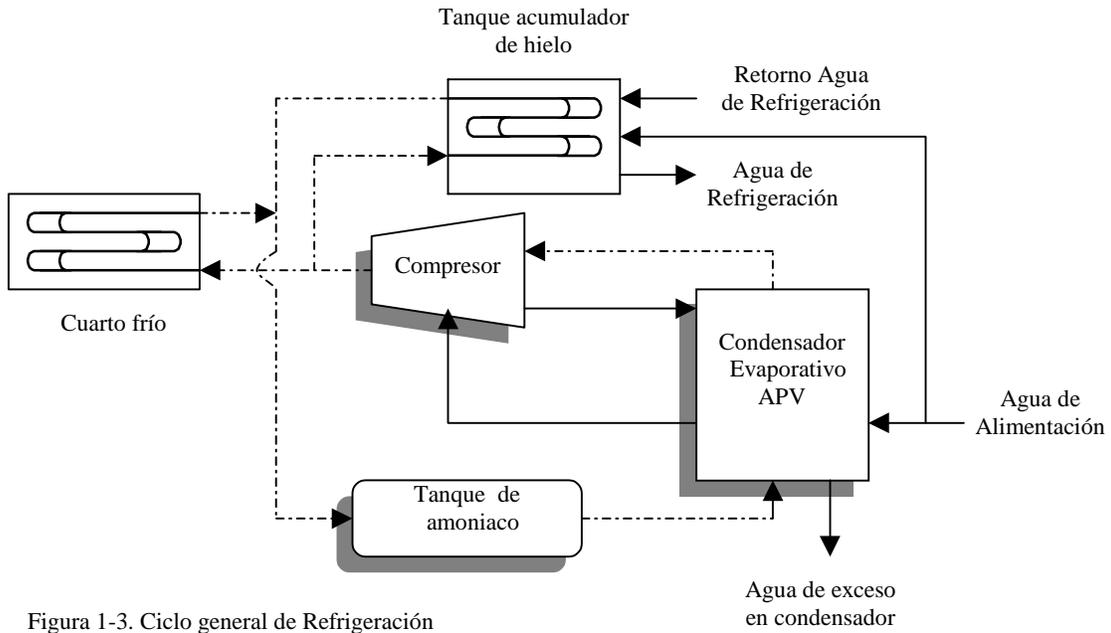
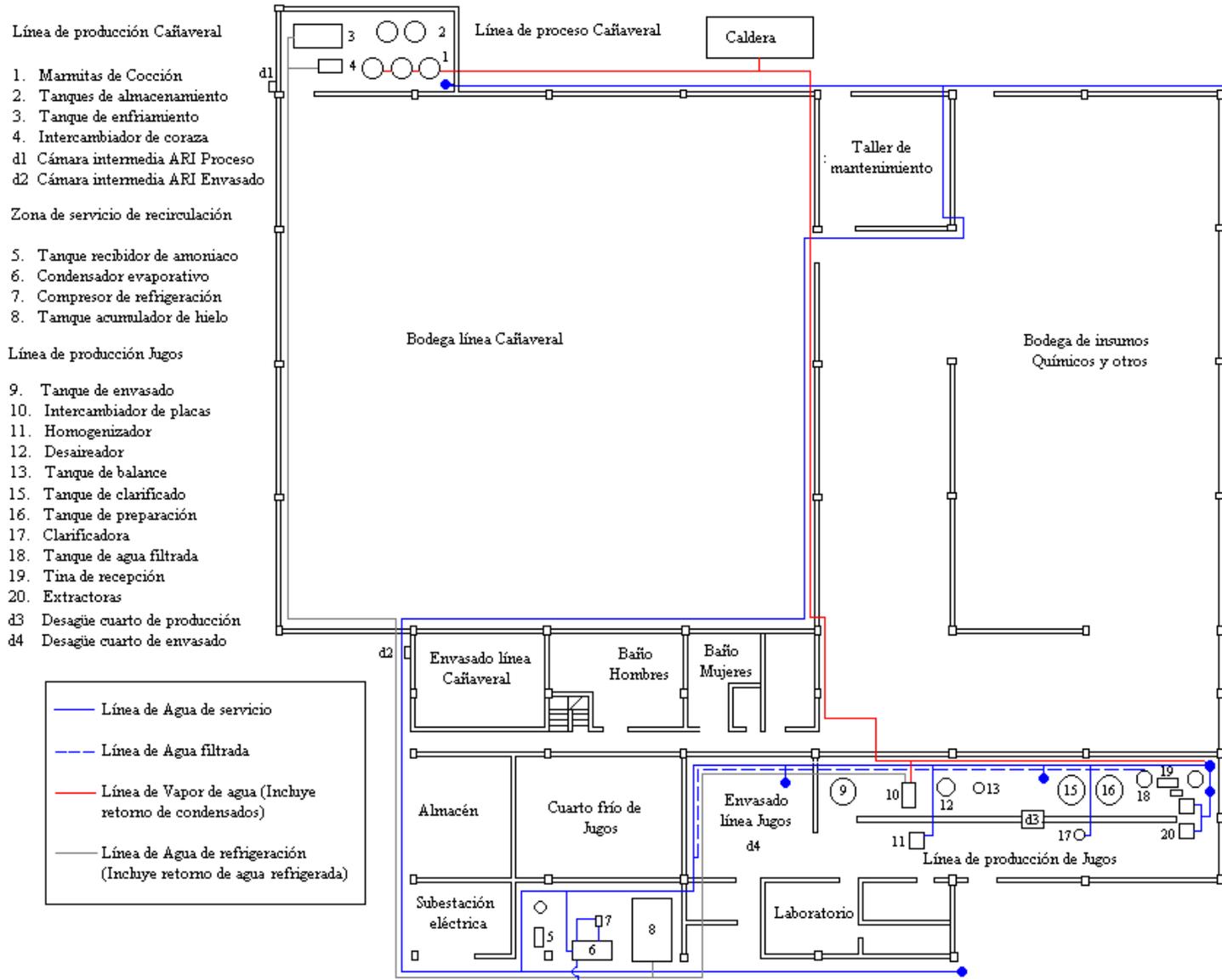


Figura 1-3. Ciclo general de Refrigeración

A continuación se presenta un gráfico de distribución en planta de las líneas de agua de servicio y proceso, tomas de agua, ciclo de vapor de agua y retorno de condensados, ciclo de agua de refrigeración, receptores finales y desagües de las líneas de producción de Jugos y concentrado Cañaveral.

1-12 Alimentos Cañaveral S.A



2. BALANCE TEÓRICO DE AGUAS.

Balance de Aguas de servicio y proceso.

2.0	Balances de materia.....	2-1
2.1	Generalidades del balance global teórico de consumo de agua y generación de aguas residuales.....	2-1
2.2	Intervención del recurso agua en líneas de producción.....	2-2
2.2.1	<i>Etapas de producción de Jugos.....</i>	2-2
2.2.2	<i>Etapas de producción de concentrado Cañaveral.....</i>	2-4
2.3	Intervención del recurso agua en operaciones de lavado y desinfección.....	2-5
2.4	Balance teórico de agua.....	2-6
2.4.1	Balance teórico de agua en línea de producción de Jugos.....	2-6
2.4.2	Balance teórico de agua en línea de producción de concentrado Cañaveral.....	2-11
2.5	Análisis de resultados del balance teórico	2-13
2.5.1	<i>Análisis de porcentajes de especificación teórica de consumos.....</i>	2-13
2.5.2	<i>Análisis de resultados</i>	2-15
Figura 2.1	Distribución de consumos de agua y generación típica de ARI.....	2-3
Tabla 2.1	Descripción de consumos y generación de ARI (línea de Jugos).....	2-4
Tabla 2.2	Descripción de consumos y generación de ARI (línea de Cañaveral).....	2-4
Tabla 2.3	Formulación agua de dilución producción de jugos.....	2-7
Tabla 2.4	Caudal teórico de extracción de frutas cítricas procesadas.....	2-8
Tabla 2.5	Caudal teórico de pasteurización de productos elaborados.....	2-9
Tabla 2.6	Estudio de consumos teóricos especificados (Julio 2000- Abril 2001).....	2-14

2.0 BALANCES DE MATERIA.

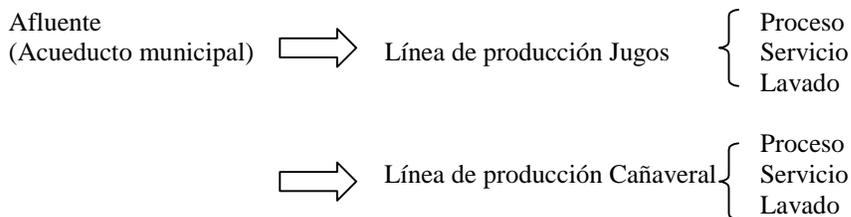
A la hora de poner en marcha cualquier actividad industrial que implique la introducción de materias primas en un proceso de transformación, para dar lugar a otros materiales finales ya elaborados, es de importancia vital tener una relación completa entre las cantidades de material que entran y salen de la planta, así como de los productos intermedios, reactivos y residuos, etc, que se introduzcan o se viertan a lo largo del proceso [12]. Es por esto que los balances de materia se han convertido en una importante herramienta ingenieril para la determinación de:

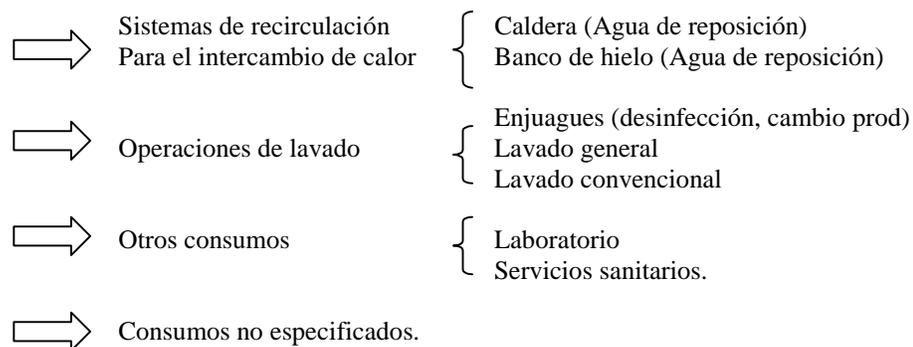
- Volúmenes, eficiencias y pérdidas de producción en función de datos de entrada al proceso.
- Consumos de materias primas y servicios.
- Características de productos finales y efluentes residuales entre otros.

Con base en esta importante herramienta se muestra a continuación una serie de balances de materia teóricos y reales (Capítulos 2 y 3 respectivamente) que hacen énfasis en la intervención del recurso agua en cada línea de producción. Como objetivo principal se persigue la especificación detallada de los consumos de agua y de los contaminantes aportados por las aguas residuales en las actividades de producción, lavado y desinfección. Los balances desarrollados durante el proyecto se dividen en: Balance teórico de consumos monitoreados (durante producción) y en Balance real de aguas de producción, lavado y desinfección.

2.1 GENERALIDADES DEL BALANCE GLOBAL TEÓRICO DE CONSUMO DE AGUA Y GENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.

Con el objetivo de lograr una plena identificación de los puntos de consumo y vertimientos de agua en la planta de producción, se debe partir del hecho de que los consumos globales están dados por los usos del agua en:





La distribución de estos consumos se puede apreciar en la figura 2.1

Para efectuar una descripción detallada de las intervenciones del recurso en cada uno de los bloques considerados en el recuadro de consumo general, es necesario la identificación de las variables presentes en dichas intervenciones mediante la formulación y resolución de un balance de agua que relacione los consumos y vertimientos en función de volúmenes de producción propuestos. La metodología adoptada para la formulación del balance teórico reúne pasos dos pasos importantes:

- Un estudio cualitativo que describe la intervención del recurso en los bloques de consumo general más representativos desde el punto de vista de cantidad y calidad de agua empleada.
- Un estudio de las variables monitoreadas actualmente en la empresa (Identificación de la información con la que se cuenta), a partir del cual se genera un estimativo del porcentaje de consumo conocido por la empresa.

2.2 INTERVENCIÓN DEL RECURSO AGUA EN LÍNEAS PRODUCCIÓN

Las intervenciones del recurso a considerar se dividen en: intervenciones durante etapas de producción e intervenciones durante lavado y desinfección. Su descripción por línea coincide con:

2.2.1 Intervención en etapas de producción de jugos: La descripción de la forma en la que interviene el recurso durante las etapas de producción en la línea de jugos es lograda a partir de la Figura 2.1, de donde se puede identificar las operaciones que involucran consumo agua y generación de aguas residuales:

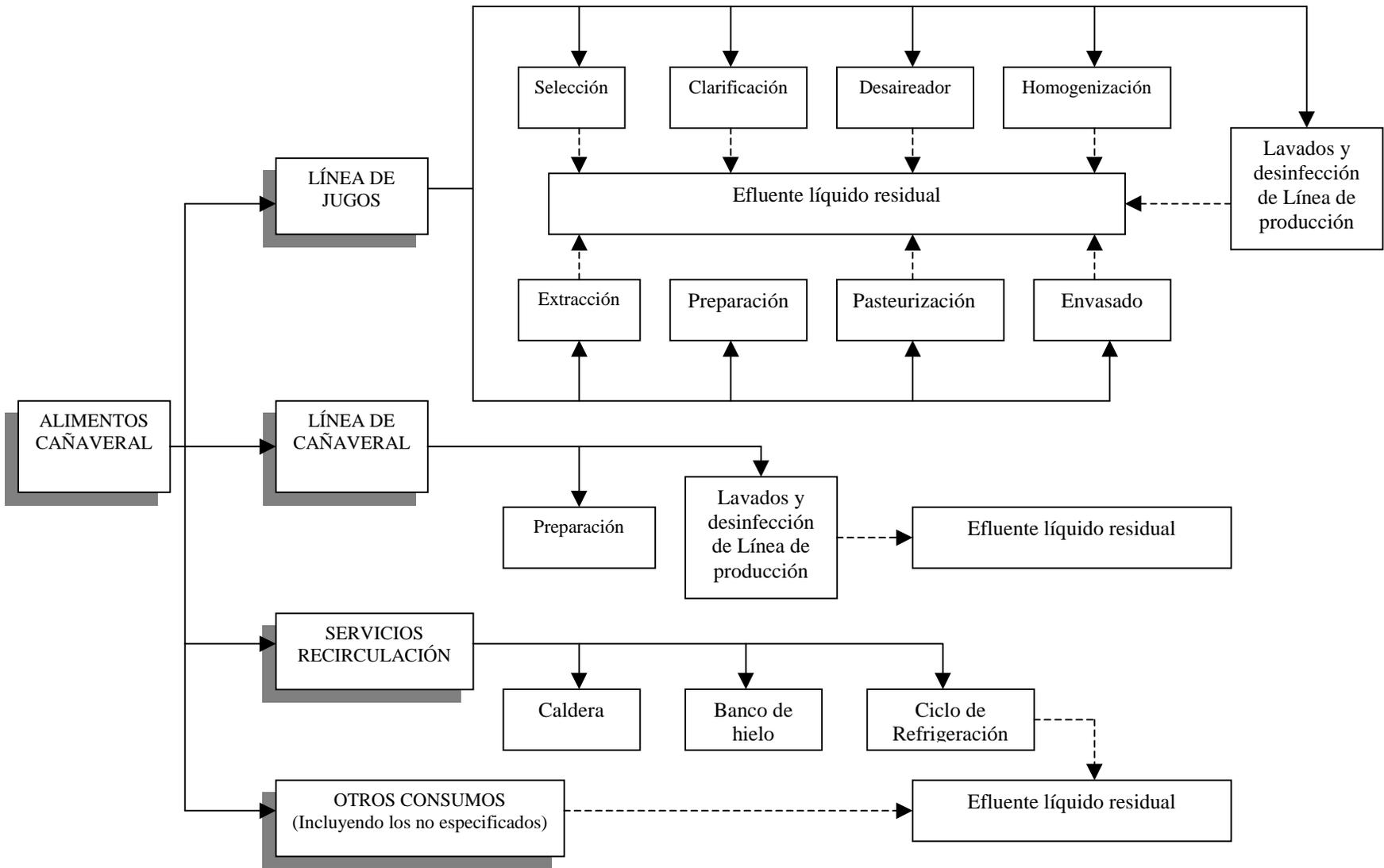


Figura 2.1 Distribución de consumos de agua y generación típica de ARI en la empresa Alimentos Cañaveral

Operación	Consumo de Agua	Objeto del consumo	Efluente residual	Objeto de la descarga
Selección	Servicio	Lubricación de bandas y enjuague de la fruta fresca	Residual	Evacuar polvo y tierra de las frutas lavadas
Extracción	Servicio	Lubricación y refrigeración de las extractoras	Residual	Evacuar semillas, membranas y fibras. Arrastre de cáscaras.
Refinación	---	---	---	---
Preparación	Proceso	Dilución del producto	---	---
Clarificación	Servicio	Fluido de arrastre de sólidos	Residual	Evacuar sólidos suspendidos
Desaireación	Servicio	Lubricación de bomba de vacío	Residual	---
Pre calentamiento	Servicio	Intercambio de calor	---	---
Homogenización	Servicio	Lubricación del equipo	Residual	---
Mezclador	Servicio	Intercambio de calor	Residual	Aliviar la presión de la mezcla de vapor y agua.
Pasteurización	Servicio	Intercambio de calor	---	---
Enfriamiento	Servicio	Intercambio de calor	---	---
Envasado	---	---	---	Derrames y pérdidas por envasado

Tabla 2.1. Descripción de consumos y generación de aguas residuales. Línea de Jugos.

2.2.2 Intervención en etapas de producción de concentrado Cañaveral: Al igual que para la línea de jugos, la descripción puede extenderse a la línea de producción del concentrado Cañaveral. Teniendo en cuenta que la elaboración del producto se efectúa por batches la tabla de consumos de agua y generación de efluentes líquidos residuales para esta línea durante la producción del concentrado "Cañaveral" tiene como punto de partida la figura 2.1, y está dada por:

Operación	Consumo de Agua	Objeto del consumo	Efluente residual	Objeto de la descarga
Almacenamiento	---	---	---	---
Preparación	Proceso	Dilución de microingredientes Ajuste final de sólidos	Residual	Evacuar agua de lavado ocasional de derrames
Enfriamiento	Servicio	Ajuste de Temperatura	---	---
Envasado	Servicio	Lavado ocasional de derrames Desinfección guantes operarios	Residual	Evacuar el agua de desinfección y lavado

Tabla 2.2. Descripción de consumos y generación de aguas residuales. Línea de concentrado "Cañaveral".

2.3 INTERVENCIÓN DEL RECURSO AGUA EN LAVADO Y DESINFECCIÓN

La intervención del recurso agua en las operaciones de lavado y desinfección en la línea pueden ser agrupadas en cinco consumos generales compuestos por:

Enjuague de sanitización: Al comienzo de cada jornada se debe efectuar un enjuague a lo largo de las líneas, consistente en una recirculación por las tuberías y equipos por donde fluye el producto durante su elaboración. Para efectos de sanitización la recirculación se efectúa con un volumen determinado de una solución de agua y agentes desinfectantes.

Lavado convencional: El lavado convencional involucra todas las actividades manuales de limpieza de los equipos, líneas, cuartos de producción y envasado y recipientes entre otros. Cumple con una rutina definida para lavados diarios y semanales.

Lavado general de línea: El lavado general de la línea de producción se lleva a cabo en tres etapas definidas (Limpieza, neutralización y desinfección) las cuales consisten en:

I - Etapa: Una vez terminada la producción de la jornada se desarmen los empates de tubería en los cuales es posible recoger parte del producto para un posterior reproceso. La limpieza comienza con un enjuague de tuberías y equipos, seguido de un lavado en el cual se carga una solución de agentes químicos de limpieza (NaOH) sometiendo a recirculación por la línea.

II - Etapa: Luego del primer lavado de limpieza, se carga una solución neutralizante, la cual se pone a recircular por líneas y equipos.

III - Etapa: El último lavado tiene objetivos desinfectantes, por lo que al sistema se carga un volumen definido de agua con concentraciones variables de Agentes químicos desinfectantes.

Enjuague de cambio de producto: Una vez se termina un batch de producción y se pretende procesar un producto de características diferentes a las del terminado, la línea se somete a un enjuague para barrer el producto que pudiera haber quedado dentro de tuberías y equipos.

Lavados adicionales: Los lavados adicionales más representativos, en la línea de Jugos, son los efectuados a timbos, canecas y canastillas para el envasado y embalado de productos y cumplen con una secuencia de enjuague y desinfección.

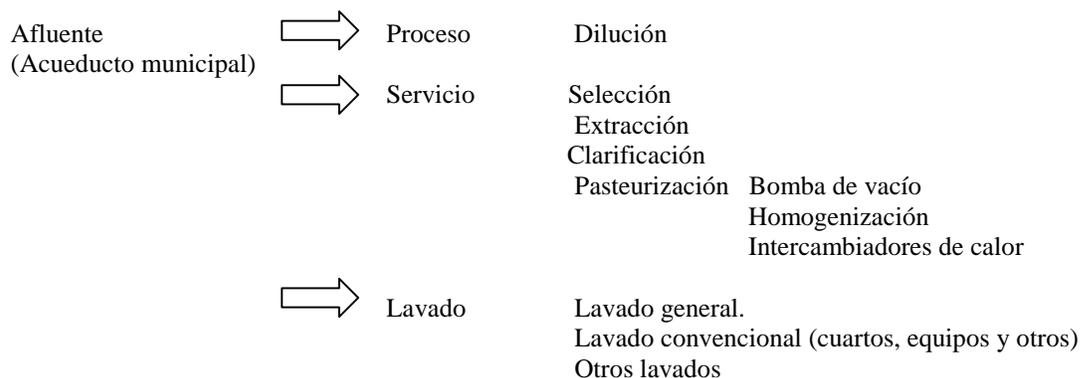
2.4 BALANCE TEÓRICO DE AGUA

Ya identificadas las intervenciones del recurso en las actividades y operaciones incurridas en cada línea de producción, se efectuó un balance teórico para la determinación del comportamiento en el consumo de agua durante diez meses de producción anteriores. Una vez analizada la información de las actividades monitoreadas por la empresa, se determinó que en función de los informes y bitácoras de producción era posible establecer las cantidades de agua en algunas de las operaciones y actividades que involucraban la intervención del recurso. Debido a la falta de información correspondiente al seguimiento de las operaciones de lavado y desinfección, este balance teórico solo reúne datos de caudal afluente y efluente durante producción.

El cálculo del consumo teórico de agua en la empresa Alimentos Cañaveral S.A se efectúa usando los caudales de diseño y datos comúnmente manejados por directivos, supervisores y operarios (tiempos, porcentajes de extracción). Teniendo en cuenta que dicho consumo es calculable solo para algunas de las etapas de la producción; los cálculos de los consumos para etapas no especificadas y de los demás bloques (sistemas de recirculación, operaciones de lavado, otros consumos), deben ser efectuados mediante el balance real.

2.4.1 Balance teórico en la línea de producción de Jugos.

La distribución detallada del consumo de agua en esta línea cuenta con la siguiente disposición:



Solo se tienen consumos especificados en las operaciones de dilución, extracción y tren de pasteurización, cada uno de los cuales se calcula, Para una base de cálculo de un mes, según:

a) Agua de proceso para dilución en línea de Jugos: El agua empleada para diluir los jugos a procesar es alimentada a los tanques de preparación de acuerdo con la formulación establecida por el departamento de control de calidad. Se presenta exclusivamente en los productos denominados jugos comerciales. En la tabla 2.3 se muestra la cantidad de agua de dilución utilizada en la formulación de los jugos de las cuatro frutas procesadas en la actualidad.

Fruta Procesada	Densidad [Kg/Lt]	Agua de dilución [Lt H2O / Lt pulpa]	Agua de dilución [Lt H2O / Kg pulpa]	Densidad final [Kg/Lt]	% Agua de dilución Producto terminado
Naranja	1.038	0.9446	0.9100	1.043	48.55 %
Limón	1.033	17.5146	16.9550	1.030	87.59 %
Mora	1.022	8.0589	7.8905	1.030	79.71 %
Maracuyá	1.066	8.2356	7.7215	1.030	81.63 %

Tabla 2.3. Cantidad de agua de dilución en l formulación de Jugos

El consumo de agua correspondiente a la dilución de materias primas (jugos exprimidos y pulpas) se puede calcular en función de la producción mensual de cada producto terminado, de acuerdo a:

$$Q_{\text{Dilución}} = \left[\frac{\text{Lt Jugo Producido}}{\text{mes}} \right] \times \left[\frac{\% \text{ Agua de dilución}}{100} \right] \quad \text{Ec 2.1}$$

b) Agua de servicio por extracción en línea de jugos: Cada una de las dos extractoras con las que cuenta la empresa requiere de 1000 Lt/h de agua para mantener lubricados y refrigerados los pistones.

Para efectos del balance teórico se realizó un análisis estadístico de los tiempos de extracción de las dos frutas cítricas procesadas, partiendo de la información de las bitácoras de producción durante diez meses de operación (Anexo I). De dicho análisis se pudo establecer que, para un intervalo de confianza del 95% el caudal de extracción es de:

	Extracción Naranja	Extracción Limón
Promedio [Lt Jugo / h]	430.061	83.667
Desviación estándar	187.513	48.97
Varianza	35161	2398.11
Número de datos	229	36
Máximo	1154	206
Mínimo	104	5
Curtosis	4.55	- 0.2644
Int de confianza 95%	± 24.42	± 16.56
C.V.	43.60 %	58.53 %

Tabla 2.4. Caudal de extracción Lt Jugo Exprimido / h de frutas cítricas procesadas.

La marcada variabilidad en los coeficientes de desviación obedece a que no fue posible establecer cuando se utilizaban las dos extractoras o cuando se utilizaba solo una. Los datos de caudal de extracción de la tabla 2.4 representan entonces el promedio de los meses en estudio de manera independiente al número de extractoras utilizadas. Si se tiene en cuenta que el caudal de diseño para la extracción es de 300 Lt Jugo / h, es posible apreciar como el promedio de la tabla 2.4 corresponde al logrado por la utilización de 1.43 extractoras.

El consumo general mensual aproximado por concepto de la extracción (tomando como base de cálculo el agua de servicio de 1.5 extractoras y el caudal de extracción dado por el análisis estadístico) se calcula mediante:

$$Q_{\text{Servicio Extracción}} = \frac{\text{Producción} \times \text{H}_2\text{O}_{\text{Servicio}}}{\text{Caudal de Extracción}} \quad \text{Ec 2.2}$$

$$Q_{\text{Servicio Extracción}} = \frac{\left[\frac{\text{Jugo Exprimido Lt}}{\text{mes}} \right] \times \left[\frac{1500 \text{ Lt}}{\text{h}_{\text{Servicio Extractora}}} \right]}{\left[\frac{\text{Jugo Exprimido Lt}}{\text{h}_{\text{Servicio Extractora}}} \right]}$$

c) Agua de servicio por tren de pasteurización en línea de Jugos: El agua de servicio en esta etapa se determina en función del caudal de pasteurización para cada producto elaborado. Siguiendo con los apartes del análisis de las bitácoras de producción, los caudales teóricos de pasteurización para un intervalo de confianza del 95% son:

	Naranja			Limón		Mora		Maracuyá	
	Jugo	Pulpa	Concen	Jugo	Concen	Jugo	Concen	Jugo	Concen
Promedio	1179.47	1002.13	715.22	1099.13	556.29	1395.62	677.44	1194	537.80
Desv estándar	395.214	303.52	159.73	290.46	372.0	353.29	247.12	317.75	130.70
Varianza	156194	92126.6	25516.4	84366.4	138385	124814	61071	100965	17083.2
Número datos	148	72	46	23	17	34	9	11	5
Máximo	2727	1560	968	1551	1258	1992	943	1701	728
Mínimo	353	416	318	510	174	658	281	833	411
Curtosis	3.025	- 1.52	- 0.542	- 0.733	- 0.724	- 0.610	- 0.456	- 0.679	- 0.2021
Int. Confi 95%	± 64.20	± 71.32	± 47.44	± 125.6	± 191.3	± 123.3	± 189.2	± 213.5	± 162.3
C.V	33.51 %	30.29 %	22.33 %	26.43 %	66.87 %	25.31 %	36.48 %	26.61 %	24.30 %

Tabla 2.5. Caudal de pasteurización de productos elaborados.

Atendiendo la recomendación del Gerente de la empresa , se asumió un caudal de pasteurización de 1500 Lt / h para todos los jugos, ya que el registro de los tiempos de proceso presenta poca precisión. Para los caudales de pasteurización de los concentrados azucarados se utilizó un promedio de los datos calculados a partir de las bitácoras debido a la falta de información que relacione la viscosidad y el caudal de diseño del tren de pasteurización

Los tiempos de funcionamiento del sistema de pasteurización por volumen de Jugo producido mensualmente han de especificarse según:

$$\text{tiempo}_{\text{Pasteurización}} = \frac{\text{Producción}}{\text{Caudal de Pasteurización}} \quad (\text{Ec 2.3})$$

$$\text{tiempo}_{\text{Pasteurización}} = \frac{\left[\frac{\text{Jugo producido Lt}}{\text{mes}} \right]}{\left[\frac{\text{Jugo producido Lt}}{h_{\text{Pasteurización}}} \right]}$$

El consumo teórico de agua de servicio en el tren de pasteurización se calcula a partir de los caudales teóricos de servicio involucrados en la etapa (Pasteurizador 200 Lt H₂O / h, Bomba de vacío 600 Lt H₂O / h y Homogenizador 350 Lt H₂O / h), del volumen de producción mensual y del tiempo de funcionamiento por volumen de jugo producido (Ec 2.3)

Reuniendo los datos de la ecuación 2.3 y de la tabla de los caudales teóricos de servicio, el volumen de agua de servicio en cada uno de los equipos se calcula mediante:

$$H2O_{\text{Servicio}} = \text{tiempo}_{\text{Funcionamiento del equipo}} \times \text{Caudal}_{\text{de servicio}} \quad (\text{Ec } 2.4)$$

$$H2O_{\text{Servicio}} = \left[\frac{\text{horas}}{\text{mes}} \right] \times \left[\frac{\text{Lt}}{\text{hora}} \right]$$

Una vez reunida la información correspondiente a las variables de las ecuaciones 2.1 a 2.4 es posible generar una tabla de consumos especificados para cada uno de los meses en estudio. El formato de esta tabla discrimina las cantidades de frutos exprimidos (Base de cálculo de consumo de agua por extracción), la cantidad de jugos preparados (Base de cálculo de consumos de agua por servicio y proceso) y los caudales teóricos de los equipos considerados. Para estudiar los comportamientos de consumo en la empresa, el balance teórico se llevó a cabo a partir de los informes de producción de diez meses. La tabla de especificación para el mes de Febrero de 2001 se puede apreciar como sigue mientras que para los demás meses en estudio en el Anexo II.

BALANCE GENERAL TEÓRICO DE AGUAS LÍNEA DE JUGOS FEBRERO DE 2001

	Naranja	Limón	Mora	Mary	Mora Fr	TOTAL	Caudales de servicio [Lt/h]			
Fruta utilizada [Kg]	41091	1857	1600	275	0	44823				
Desecho [Kg]	1062	220	0	0	0	1282	Extracción 1000			
Fruta exprimida [Kg]	40029	1637	1600	275	0	43541	Pasterizador 200			
Jugo obtenido [Lt]	14477	466	0	0	0	14943	Homogenizador 350			
Rend extracción	36.17	28.44	0	0	0		Bomba de vacío 650			
Jugo procesado	JCN	PAN	JPN	JCL	PAL	JCM	PAM	JCMy	PAMy	
Recuperación ini	80.00	0.00	0.0	35.0	0.0	0.0	0.0	75	0.0	
Reproceso	58	0	0	0	0	0	0	1356	0	
Jugo producido [Lt]	17520	3488	3380	645	977	2442	2627	1418	284	
Jugo empacado [Lt]	17501	3213	3156	624	778	2202	1397	2711	232	
Pérdidas [Lt]	101	125	214	11	160	39	145	35	27	
Recuperación fin	56	25	10	45	39	52	972	58	25	

CONSUMO DE AGUA DE SERVICIO Y PROCESO

Formulación	0.4855	0	0	0.8759	0	0.7971	0	0.8163	0	% H2O
Caudal Pasteuriza	1327	773	975	1130	557	1386.5	678	1221	443	Lt / h
H2O Dilución	8506	0	0	565	0	1947	0	1158	0	12175
H2O Pasterización	2661	902	693	120	351	352	775	467	128	6450
H2O Homogenizador	4657	1579	1213	211	614	616	1356	817	224	11288
H2O Vacío	8649	2933	2253	391	1140	1145	2519	1517	417	20964
								H2O Servicio		38702
										Lt

BALANCE GLOBAL DE CONSUMO DE AGUA

	Consumo [Lt]	Agua de extracción		Agua Servicio	Agua de Dilución	Total Especificado	
		Naranja	Limón				Lt
FEBRERO	629000	33663	5570	38702	12175	90109	Lt
Porcentaje			6.24	6.15	1.94	14.33	%

2.4.2 Balance teórico en la línea de producción de concentrado "Cañaverall".

La distribución del consumo de agua en esta línea cuenta con la siguiente disposición:

Afluente (Acueducto municipal)	⇒	Proceso	Dilución Ajuste de sólidos
	⇒	Servicio	Vapor de caldera Banco de hielo
	⇒	Lavado	Lavado CIP (Clean in place) Lavado convencional (cuartos, equipos y otros)

Las únicas variables de consumo monitoreadas durante los meses de estudio teórico en la línea Cañaverall corresponden a aguas de proceso, las cuales pueden ser determinadas de acuerdo con:

a) Agua de proceso por dilución en línea Cañaverall: La elaboración del concentrado de caña panelera "Cañaverall" cuenta con una formulación de adición de microingredientes. Esta adición cumple a su vez con una dilución en volumen (partes de agua por partes de microingredientes), por lo que el consumo de agua por dilución se calcula en función de la cantidad producida:

$$H_2O_{\text{Dilución}} = \left[\frac{\text{Cantidad Producida Lt}}{\text{Volumen producido / Marmita}} \right] \times \left[\frac{\text{H}_2\text{O adicionada}}{\text{Marmita}} \right] \quad (\text{Ec 2.5})$$

$$H_2O_{\text{Dilución}} = \left[\frac{\text{Cantidad Producida Lt}}{630 \text{ Lt / Marmita}} \right] \times \left[\frac{57 \text{ Lt H}_2\text{O}}{\text{Marmita}} \right]$$

b) Agua de proceso por ajuste de sólidos en línea Cañaverall: El agua empleada en el ajuste de sólidos tiene por objeto asegurar la concentración requerida en el producto final, normalmente se registra en la bitácora de producción de la línea (Datos de proceso). Los volúmenes adicionados se obtuvieron mediante una lectura directa de la carpeta datos de proceso en cada batche producido desde octubre del 2000 hasta abril del 2001.

Al igual que para la línea de Jugos se efectuó una tabla de consumos teóricos mensuales partir de la cual se efectuó una comparación con el consumo de agua global facturado. El formato de la tabla y

la información contenida para el mes de Febrero de 2001 se aprecia tal como sigue; para los demás meses en estudio en el Anexo II.

BALANCE GENERAL TEÓRICO DE AGUAS LÍNEA DE CAÑAVERAL FEBRERO DE 2001

FECHA	Producción	H2O Dilución	H2O Ajuste	FECHA	Producción	H2O Dilución	H2O Ajuste
	600 g	[Lt]	Sólidos [Lt]		600 g	[Lt]	Sólidos [Lt]
Feb-01	630	57	80	feb-05	2520	228	325
Feb-02	1890	171	270	feb-06	3780	342	520
Feb-03	1260	114	160	feb-07	3780	342	500
Feb-04	0	0	0	feb-08	3780	342	465
	0	0	0	feb-09	3780	342	490
	0	0	0	feb-10	3780	342	488
Reproceso	98	0	0	Reproceso	581	0	0
TOTAL	3878	342	510	TOTAL	22001	1938	2788

Pérdida [Kg]	159.6	H2O proceso [Lt]	Pérdida [Kg]	1752.2	H2O proceso [Lt]
Pérdida [%]	4.12	852	Pérdida [%]	7.96	4726

FECHA	Producción	H2O Dilución	H2O Ajuste	FECHA	Producción	H2O Dilución	H2O Ajuste
	600 g	[Lt]	Sólidos [Lt]		600 g	[Lt]	Sólidos [Lt]
Feb-12	3780	342	440	feb-19	6300	570	852
Feb-13	3780	342	460	feb-20	5040	456	699
Feb-14	3780	342	394	feb-21	5040	456	660
Feb-15	3780	342	338	feb-22	10080	912	1362
Feb-16	5040	456	770	feb-23	3780	342	475
Feb-17	5040	456	668	feb-24	0	0	0
Feb-18	6300	570	810	feb-25	0	0	0
Reproceso	958.5	0	0	Reproceso	454	0	0
TOTAL	32458.5	2850	3880	TOTAL	30694	2736	4048

Pérdidas [Kg]	1680.1	H2O proceso [Lt]	Pérdida [Kg]	1358.8	H2O proceso [Lt]
Pérdidas [%]	5.18	6730	Pérdida [%]	4.43	6784

FECHA	Producción	H2O Dilución	H2O Ajuste
	600 g	[Lt]	Sólidos [Lt]
Feb-26	7140	646	986
Feb-27	3570	323	160
Feb-28	5950	538.33	1138
TOTAL	16660	1507.33	2284

H2O proceso [Lt]	3791
------------------	------

BALANCE GLOBAL DE CONSUMO DE AGUA

	Producción	Consumo	H2O Dilución	H2O Ajuste
	[Kg]	Agua [Lt]	[Lt]	[Lt]
FEB	105691.5	629000	9373.33	13510
Porcentaje			1.49	2.15

2.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL BALANCE TEÓRICO DE AGUAS

2.5.1 Determinación del porcentaje de especificación de consumos

Uno de los objetivos del balance teórico es efectuar un diagnóstico que permita discriminar el conocimiento de las cantidades y procedencias del agua empleada en cada etapa; razón por la cual se propone un cálculo de especificación teórica. Esta especificación se logra al relacionar la cantidad de agua atribuida a las actividades de producción con el consumo total de agua facturada para cada uno de los meses en estudio. Los apartes seguidos se resumen en:

1. Se tomo como base de cálculo el consumo mensual de agua (m^3) reportado en la factura de servicio para los diez meses en estudio. A partir de los consumos teóricos de agua reportados en el Anexo II, se efectuó la relación porcentual descrita anteriormente.
2. La falta de información del estado de los tanques de almacenamiento ($75 m^3$ cada uno) durante los días en los cuales se hizo la medición de los contadores, generó una variación significativa en los porcentajes de consumo mensual facturado, por lo que fue necesaria la utilización de dos tipos de promedios móviles:

I - Promedio bimestral de consumo facturado: El consumo mensual se determina mediante el promedio aritmético de dos meses consecutivos.

II - Promedio global de consumo facturado: El consumo mensual se determina mediante el promedio aritmético entre el consumo del mes en estudio y el promedio de los diez meses.

Los resultados para los tres consumos estudiados se presentan en la tabla 2.6. El análisis de resultados se realiza a partir del que mejor tendencia presentó (el obtenido a partir del promedio bimestral

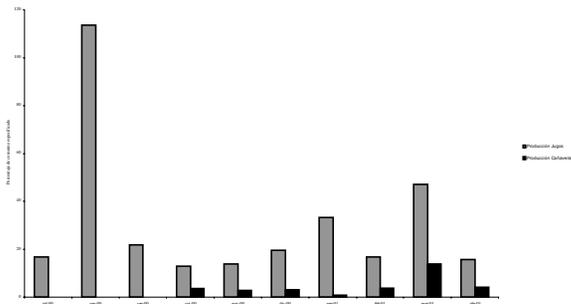
2-14 Alimentos Cañaveral S.A.

Tabla resumen del balance teórico de consumos especificados

	jul-00	ago-00	sep-00	oct-00	nov-00	dic-00	ene-01	feb-01	mar-01	abr-01
I - Consumo general	489000	109000	563000	742000	863000	596000	305000	629000	297000	684000 Lt
II - Prom bimestral	427000	299000	336000	652500	802500	729500	450500	467000	463000	490500 Lt
II - Prom Global	508350	318350	545350	634850	695350	561850	416350	578350	412350	605850 Lt
Línea de producción de Jugos y concentrados azucarados										
H2O extracción [Lt]	42020.4	68206.7	61745.8	49294.1	64722.9	54483.8	44826.8	58848.5	66611.8	53460.5 Lt
H2O servicio [Lt]	28674.3	36657.3	40999.5	31627.8	36579.2	41326.9	36398.5	34545.7	51180.8	36761.6 Lt
H2O dilución [Lt]	11540.1	19085.4	20130.1	14065.3	16940.7	20065.5	20362.8	12174.9	22176.1	16108.8 Lt
Total especificado	82234.8	123949	122875	94987.2	118243	115876	101588	105569	139969	106331 Lt
Línea de producción de concentrado Cañaveral										
H2O dilución [Lt]				9704	9405	7102	855	9373	14208	11451 Lt
H2O Ajuste [Lt]				16158	14298	10643	1219	13510	26767	16015 Lt
Total especificado				25862	23703	17745	2074	22883	40975	27466 Lt

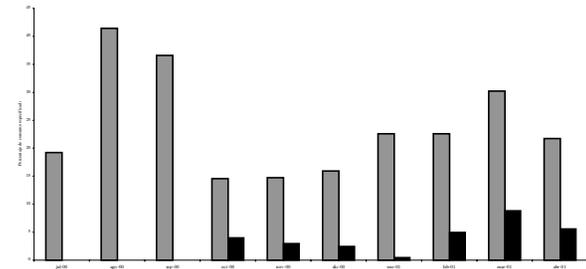
I - Porcentajes teóricos de consumo en planta a partir de consumo fijo general

Mes	jul-00	ago-00	sep-00	oct-00	nov-00	dic-00	ene-01	feb-01	mar-01	abr-01
Línea de producción de Jugos y concentrados azucarados										
H2O extracción [%]	8.59	62.57	10.97	6.64	7.50	9.14	14.70	9.36	22.43	7.82
H2O servicio [%]	5.86	33.63	7.28	4.26	4.24	6.93	11.93	5.49	17.23	5.37
H2O dilución [%]	2.36	17.51	3.58	1.90	1.96	3.37	6.68	1.94	7.47	2.36
Total especificado	16.82	113.72	21.83	12.80	13.70	19.44	33.31	16.78	47.13	15.55
Línea de producción de concentrado Cañaveral										
H2O dilución [%]				1.31	1.09	1.19	0.28	1.49	4.78	1.67
H2O Ajuste [%]				2.18	1.66	1.79	0.40	2.15	9.01	2.34
Total especificado				3.49	2.75	2.98	0.68	3.64	13.80	4.02



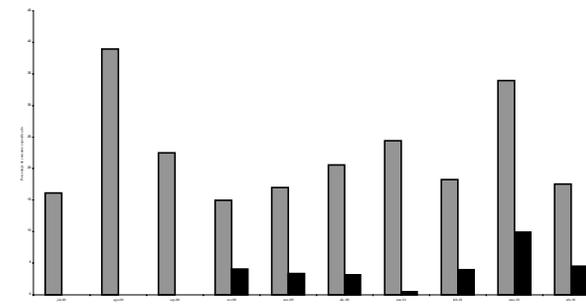
II - Porcentajes teóricos de consumo en planta a partir de promedio móvil bimestral

	jul-00	ago-00	sep-00	oct-00	nov-00	dic-00	ene-01	feb-01	mar-01
Línea de producción de Jugos									
H2O extracción [%]	9.84	22.81	18.38	7.55	8.07	7.47	9.95	12.60	14.39
H2O servicio [%]	6.72	12.26	12.20	4.85	4.56	5.67	8.08	7.40	11.05
H2O dilución [%]	2.70	6.38	5.99	2.16	2.11	2.75	4.52	2.61	4.79
Total especificado	19.26	41.45	36.57	14.56	14.73	15.88	22.55	22.61	30.23
Línea de producción de concentrado Cañaveral									
H2O dilución [%]				1.49	1.17	0.97	0.19	2.01	3.07
H2O Ajuste [%]				2.48	1.78	1.46	0.27	2.89	5.78
Total especificado				3.96	2.95	2.43	0.46	4.90	8.85



III - Porcentajes teóricos de consumo en planta a partir de Promedio móvil global

Mes	jul-00	ago-00	sep-00	oct-00	nov-00	dic-00	ene-01	feb-01	mar-01
Línea de producción de Jugos y concentrados azucarados									
H2O extracción [%]	8.27	21.43	11.32	7.76	9.31	9.70	10.77	10.18	16.15
H2O servicio [%]	5.64	11.51	7.52	4.98	5.26	7.36	8.74	5.97	12.41
H2O dilución [%]	2.27	6.00	3.69	2.22	2.44	3.57	4.89	2.11	5.38
Total especificado	16.18	38.93	22.53	14.96	17.00	20.62	24.40	18.25	33.94
Línea de producción de concentrado Cañaveral									
H2O dilución [%]				1.53	1.35	1.26	0.21	1.62	3.45
H2O Ajuste [%]				2.55	2.06	1.89	0.29	2.34	6.49
Total especificado				4.07	3.41	3.16	0.50	3.96	9.94



2.5.2 Análisis de resultados

El seguimiento teórico del balance de agua efectuado en las dos líneas de producción presenta los consumos monitoreados en la planta desde Julio de 2000 hasta Abril de 2001. Para la línea de concentrado Cañaveral el análisis se remonta a partir de octubre de 2001, fecha en la que comienza su producción. A partir de la información presente en la tabla 2.6 se puede concluir que:

- La implementación de los promedios móviles disminuyó considerablemente los rangos de variación de los porcentajes de especificación de consumo de agua durante los meses en estudio, los cuales correspondieron a 97.43 para el estudio de consumo general y a 23.77 y 24.85 para los estudios de promedios móviles bimestrales y globales respectivamente.
- Tomando como punto de partida para el análisis de resultados los cálculos concernientes al promedio bimestral, se tienen como porcentajes especificados máximo y mínimo un 41.45% y 17.68% respectivamente, con un promedio de 26.39%.
- El porcentaje de especificación promedio se considera bajo, puesto que apenas representa cerca de la cuarta parte del consumo global de la planta. Las tres cuartas partes del consumo restante se consideran como no especificadas
- Aunque gran parte de las actividades que involucran el consumo de agua se encuentran identificadas (Lavados en línea, lavado de canastillas entre otros), no existe ningún documento de soporte que permita su discriminación detallada, limitando así las actividades y posibles intervenciones aplicables al proceso que se traduzcan en las disminuciones objetivo.
- Resulta necesario incrementar el porcentaje de especificación de consumos de agua para su posterior análisis de reducción y/o reutilización.
- Dentro de los consumos especificados cerca de un 7.55% equivale a aguas de servicio (De fácil recuperación), mientras que cerca de un 11.37% (Recuperación sujeta a intervención de las máquinas de extracción) equivale al agua de extracción la cual constituye una fuente importante de agua residual susceptible a ser reducida.

- El agua de dilución en ambas líneas de producción representa porcentajes mínimos de consumo con relación a los de los otros consumos especificados.
- Las aguas de Extracción, servicio y consumos no especificados están siendo vertidos al canal de desagüe como efluente líquido residual. En nueve de los diez meses en estudio esta residualidad es mayor del 91 % del agua servida.
- Resulta necesario determinar la relación entre el consumo real de agua por litro de Jugo producido para determinar las posibles reducciones en el consumo.

3. BALANCE REAL DE AGUAS.

Etapas de producción y operaciones de limpieza y desinfección

3.1	Balances real de aguas línea de Jugos.....	3-1
3.1.1	<i>Balance real etapas de precalentamiento y enfriamiento.....</i>	3-1
3.1.2	<i>Balance real de aguas en etapas de producción.....</i>	3-3
3.1.3	<i>Balance real en operaciones de limpieza y desinfección.....</i>	3-12
3.1.3.1	<i>Descripción de operaciones de la vado y desinfección.....</i>	3-14
3.1.3.2	<i>Formulación del balance en operaciones de lavado y desinfección.....</i>	3-16
3.1.4	<i>Resumen del balance real en la línea de Jugos.....</i>	3-19
3.2	Balance real de aguas línea de concentrado Cañaveral.....	3-27
3.2.1	<i>Balance real en etapas de producción.....</i>	3-27
3.2.2	<i>Balance real en operaciones de limpieza y desinfección.....</i>	3-29
3.2.2.1	<i>Descripción de operaciones de lavado y desinfección.....</i>	3-30
3.2.2.2	<i>Formulación del balance en operaciones de lavado y desinfección.....</i>	3-35
3.2.3	<i>Resumen del balance real línea de concentrado Cañaveral.....</i>	3-41
Tabla 3.1	Tabla de lavado convencional de equipos (línea de Jugos).....	3-14
Tabla 3.2	Relación diaria de lavados en línea (línea de Jugos).....	3-17
Tabla 3.3	Relación diaria de lavados convencionales (línea de Jugos).....	3-18
Tabla 3.4	Relación de consumo en lavados adicionales (línea de Jugos).....	3-18
Tabla 3.5	Relación agentes químicos en lavados adicionales (línea de Jugos).....	3-18

3.1 BALANCE REAL DE AGUAS LÍNEA DE JUGOS

El balance de aguas para la línea de Jugos reúne las intervenciones más representativas del recurso agua en las actividades normales de producción, lavado y desinfección. Determina además las variables propias de las ecuaciones de balance (materias primas, productos, residuos y servicios) para una serie de producciones típicas.

El cálculo de las variables consideradas en el balance real, se elaboró a partir de un estudio detallado de la línea (Anexo III), del cual se pudo obtener como información de partida:

- Medición de caudales reales de servicio en todos los equipos de la línea.
- Seguimiento detallado de los tiempos de operación en las diversas actividades de producción.
- Identificación y medición de consumos aproximados de Agua durante enjuagues y lavados.

La formulación del balance real de aguas tiene como punto de partida el diagrama cualitativo de la línea de Jugos (figura 3.1), a partir del cual se genera la especificación de los consumos a considerar (Precalentamiento y enfriamiento, etapas de producción, lavado y desinfección). Las generalidades de cada consumo y sus respectivas variables cumplen con:

3.1.1 BALANCE REAL ETAPAS DE PRECALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO

Para asegurar un óptimo desempeño de operaciones y equipos durante la producción, es necesario calentar la línea de pasteurización al comienzo de cada jornada. El Agua utilizada durante el precalentamiento está representada por:

- El Agua de recirculación, la cual es alimentada al tanque de balance para que caliente líneas y equipos por los cuales ha de pasar el Jugo
- El Agua de servicio del pasteurizador y el homogenizador, ya que son los equipos que permanecen en funcionamiento durante esta recirculación.

A partir de los caudales reales de servicio y las mediciones del agua de recirculación, el consumo de agua durante la operación de precalentamiento de línea se resume en la siguiente tabla de balance

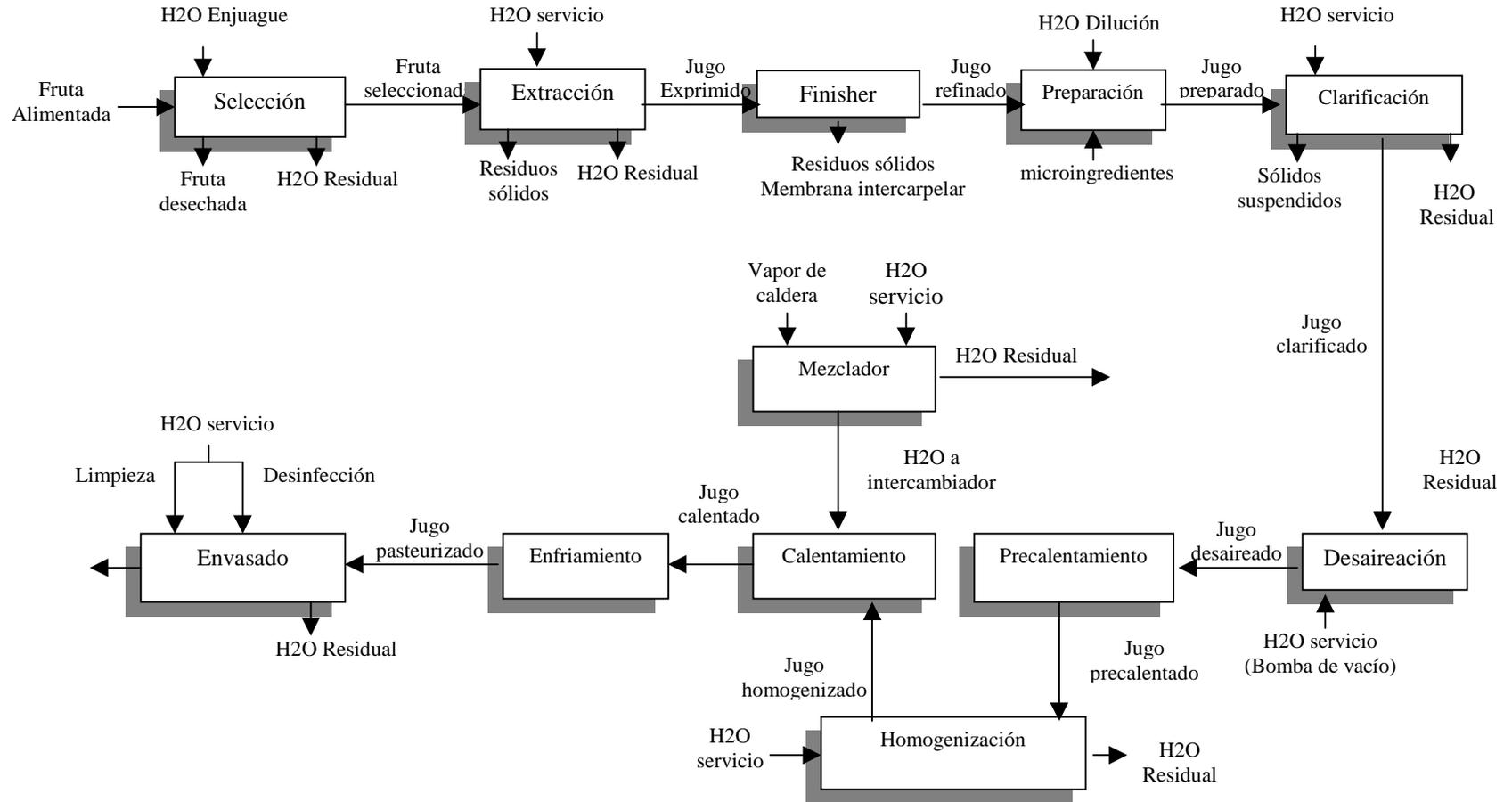


Figura 3.1 Diagrama cualitativo línea de producción de Jugos.

		Agua Precalentamiento
Caudales de servicio: Pasteurizador:	175 Lt / h	58.3 Lt
	23 Lt / h	7.67 Lt
Homogenizador:	203 Lt / h	67.7 Lt
Agua de precalentamiento:	300 Lt	300 Lt
Tiempo de operación:	20 min	
	Total	433.67 Lt

Tabla de Consumo de Agua durante precalentamiento de línea (Lt/operación)

Una vez terminada la producción se debe tener presente la operación de enfriamiento de línea y arrastre final de producto. En esta operación, se incrementa apreciablemente el flujo de agua de servicio en el pasteurizador mediante la apertura de la válvula que suministra el agua al mezclador. El consumo por enfriamiento se determina luego de calcular: El caudal de apertura de la válvula, el tiempo empleado para la operación y la cantidad de agua utilizada para el arrastre final del producto durante el último batch. De lo anterior el consumo por enfriamiento está dado por:

		Agua Enfriamiento
Caudales de servicio: Pasteurizador:	30.21 Lt / min	241.67 Lt
Homogenizador:	---	---
Agua de enfriamiento:	300 Lt	300 Lt
Tiempo de operación:	8 min	
	Total	541.67 Lt

Tabla Consumo de Agua durante enfriamiento de línea (Lt/operación)

3.1.2 BALANCE REAL DE AGUAS EN ETAPAS DE PRODUCCIÓN

Las variables de consumo de agua y generación de aguas residuales durante las etapas de producción se calculan a partir de diversas relaciones propias de cada etapa y producto elaborado, de las cuales es posible citar:

- Caudal de servicio por el equipo involucrado en la etapa u operación.
- Consumo de agua por unidad de masa o volumen procesado.
- Generación de efluentes líquidos residuales por unidad de masa o volumen procesado.

El balance real de agua se extiende para todas las actividades de producción y productos elaborados en la línea, razón por la cual la metodología de solución está encaminada a un estudio detallado por

etapas. De acuerdo con el algoritmo de cálculo propuesto en el anexo IV, este capítulo muestra el resumen de cálculos y consideraciones en la producción de un batch típico. Aunque las bases de cálculo propuestas en el algoritmo son función de la cantidad a producir, es necesario tener en cuenta que las cantidades producidas por batche están limitadas por dos aspectos fundamentales:

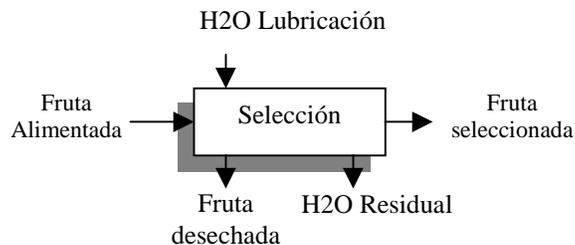
- El volumen de los tanques de preparación limitan la cantidad de jugos y concentrados azucarados a preparar por cada batche.
- Las reacciones de oxidación que dan mal sabor a los jugos exprimidos, cuyas materias primas son frutos cítricos, limitan la producción a las cantidades logradas por los equipos de extracción y refinación en tiempos menores a una hora.

El resumen del balance real de aguas para las etapas de producción para los batches típicos propuestos en el siguiente recuadro se describe a continuación:

JC Naranja	P Naranja	QS Naranja	QS Limón	R Mora	QS Mora	R mcayá	QS Mcyá
1200 Lt	500 Lt	1000 Lt	1000 Lt	1500 Lt	1000 Lt	1500 Lt	1000 Lt

Nota: Para efectos de cálculo, el batche típico P Naranja (500 Lt) será reemplazado por 1000 Lt

3.1.2.1 Balance real etapa de selección: El consumo de agua en la etapa de selección esta relacionado con la etapa de extracción, puesto que las tomas de agua y los tiempos de operación para las dos etapas son iguales. La solución del balance real en la etapa de selección, parte del siguiente diagrama de flujo:



- Consideraciones:**
- 1) Las relaciones consideradas son el caudal de servicio, la relación de fruta desechada y el consumo de agua por litro de jugo extraído (monitoreado en la etapa siguiente).
 - 2) El incremento de agua en los frutos no es representativo para el balance de la siguiente etapa.

3) El agua residual de esta etapa es captada en la actualidad por el desagüe de aguas lluvias y esta compuesto por sólidos gruesos (hojas, tallos) y sólidos sedimentables en bajas proporciones (tierra y arena).

El balance real de materia se logra al reunir la información del caudal de servicio (lubricación), el caudal de operación (igual al caudal de Extracción) y relación de fruta desechada para una base de cálculo (fruta alimentada) correspondiente a una hora de selección en cada una de las dos extractoras. Ver Anexo III.

Relaciones de proceso

	Naranja	Limón
Caudal de servicio [Lt / h]	132.8	132.8
Caudal de operación [Lt _{Jugo exprimido} / h]	280	96
Fruta desechada [%]	2.014	6.048

Las variables consideradas en el diagrama de flujo se resumen en la siguiente tabla de balance:

Entrada			Salida		
	Naranja	Limón		Naranja	Limón
Fruta alimentada [Kg]	1611	714	Fruta seleccionada [Kg]	1564	671
H ₂ O Lubricación [Lt]	265	265	Fruta desechada [Kg]	47	43
			H ₂ O Residual [Lt]	265	265

3.1.2.2 Balance real etapa de Extracción: Partiendo de la siguiente descripción gráfica de la etapa de extracción:



- Consideraciones:**
- 1) Las relaciones consideradas son el caudal de servicio de las extractoras, el consumo de agua por unidad de volumen exprimido y la generación de agua residual.
 - 2) El agua residual está compuesta por el agua de servicio, sólidos solubles (materia orgánica soluble presente en los frutos), emulsiones de aceites y residuos sólidos que no alcanzan a ser evacuados por el sinfín de extracción (restos de cáscaras, membranas y semillas)

El balance real se calcula al reunir la información de caudal de servicio (Lubricación y refrigeración), porcentaje de sólidos extraídos a la tolva, caudal de extracción y rendimiento de la misma. Ver Anexo III.

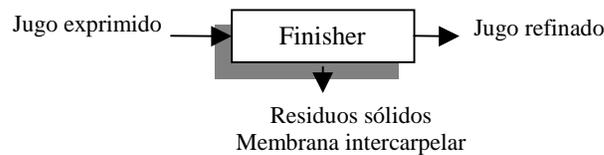
Relaciones de proceso

	Naranja	Limón
Caudal de servicio por extractora [Lt / h]	1050	1050
Caudal de Extracción [Lt _{Jugo} / h]	280	96
Rendimiento de extracción [%]	35.8	28.6
Sólidos extraídos a la tolva [%]	97	97

Las variables consideradas en el diagrama de flujo se resumen en la siguiente tabla de balance:

Entrada			Salida			
	Naranja	Limón		Naranja	Limón	
Fruta Seleccionada [Kg]	1564	671	Jugo exprimido [Lt]	560	192	
H ₂ O Servicio [Lt] (Con Dos extractoras)	2100	2100	Cáscaras [Kg]	974	465	
			H ₂ O Residual [Kg]	2130	2114	
			Sólidos sedimentables [Kg]	30	14	

3.1.2.3 Balance real etapa de Refinación: Sabiendo que esta etapa se puede describir según:



Consideraciones: 1) La única relación a especificar es la cantidad de residuos sólidos generados por litro de jugo exprimido (Sólidos de refinación).

2) En esta etapa no existe consumo de agua de servicio ni descarga de aguas residuales.

El balance real se determina luego de una medición directa del peso de los residuos sólidos presentes en la descarga del Finisher por batche (Ver Anexo III). De donde se concluye que:

	Naranja	Limón
Sólidos de refinación [Kg / Lt _{Jugo refinado}]	0.0353	0.125

Las variables consideradas en el diagrama de flujo se resumen en la siguiente tabla de balance:

Entrada			Salida		
	Naranja	Limón		Naranja	Limón
Jugo exprimido [Lt]	560	192	Jugo refinado [Lt]	540	168
			Residuos sólidos [Kg]	20	24

3.1.2.4 Balance real etapa de Preparación: La etapa de preparación obedece al siguiente diagrama de flujo:



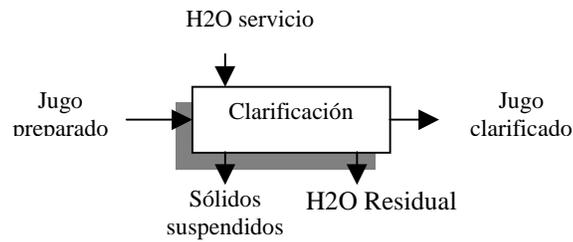
Consideraciones: 1) El agua de dilución y la adición de microingredientes en la preparación de cada producto cumple con una relación de volumen formulada. Tabla 2.3 (Ver Pág. 2-6).

2) No se generan aguas residuales durante esta etapa.

Las variables consideradas en el diagrama de flujo se resumen en la siguiente tabla de balance:

		Naranja		Limón		Mora		Maracuyá	
ENTRADA	Jugo	Pulpa	Concent Azuc	Concent Azuc	Jugo	Concent Azuc	Jugo	Concent Azuc	
Jugo refinado [Lt]	586	998	564	884	183	513	104.1	440	
H ₂ O Dilución	532	-	-	-	1177	-	1203	-	
Microingredientes[Kg]	84	2	436	116	143	487	143	559	
SALIDA	Jugo	Naranja Pulpa	Concent Azuc	Limón Concent Azuc	Mora Jugo	Concent Azuc	Maracuyá Jugo	Concent Azuc	
Jugo Preparado [Lt]	1200	1000	1000	1000	1500	1000	1500	1000	

3.1.2.5 Balance real etapa de Clarificación: La etapa de clarificación cumple con el siguiente diagrama de flujo:



Consideraciones: 1) Existen tres tipos de efluentes líquidos: Lubricación normal, lubricación durante descarga y descarga de sólidos finos.

2) El efluente de lubricación normal es constante durante toda la operación mientras el equipo esté encendido. El efluente de lubricación durante descarga presenta un incremento de caudal en periodos de tiempo de 1 minuto.

3) La descarga (Evacuación de sólidos finos del equipo) puede ser ocasionada por el operario antes y después de pasar un batche de jugo a procesar o mediante un sistema automático que se activa 900 segundos (15 minutos) después de la última descarga.

El balance de materia real se calcula tras reunir los caudales de lubricación normal y durante descarga así como las cantidades de sólidos en cada descarga (Anexo III):

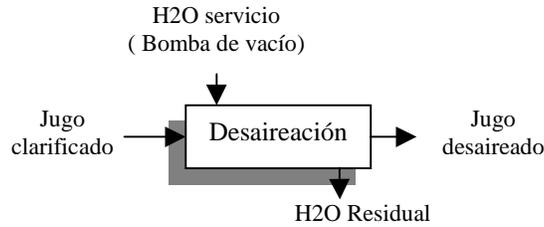
Relaciones de proceso

Q de lubricación	[Lt / h]	6.4
Q de servicio durante descarga	[Lt H ₂ O / descarga]	4.3

Las variables consideradas en el diagrama de flujo se resumen en la siguiente tabla de balance:

		Naranja		Limón		Mora		Maracuyá	
ENTRADA		Jugo	Pulpa	Concent Azuc	Concent Azuc	Jugo	Concent Azuc	Jugo	Concent Azuc
Jugo preparado [Lt]	1200	1000	1000	1000	1500	1000	1500	1000	
H ₂ O servicio [Lt]	5.53	5.94	5.57	-	5.8	6.67	5.58	-	
SALIDA		Jugo	Pulpa	Concent Azuc	Concent Azuc	Jugo	Concent Azuc	Jugo	Concent Azuc
Jugo clarificado [Lt]	1192	992	988	988	1492	988	1492	988	
Sól suspendidos [Lt]	8.0	8.0	12	12	8.0	12	8.0	12	
Agua residual [Lt]	5.53	5.94	5.57	-	5.8	6.67	5.58	-	

3.1.2.6 Balance real etapa de Desaireación: La etapa de Desaireación cumple con el siguiente diagrama de flujo:

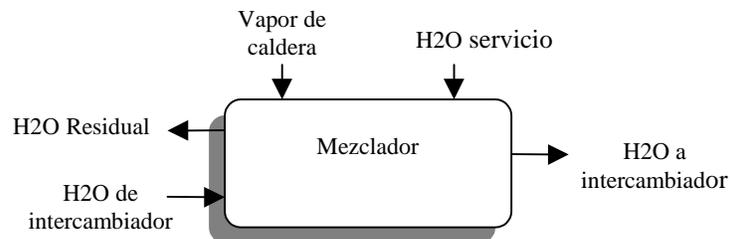


- Consideraciones:**
- 1) Las relaciones a especificar son el caudal de servicio de la bomba de vacío, el caudal de operación y el consumo de agua por unidad de volumen desaireado.
 - 2) El consumo de agua para el servicio de la bomba de vacío no se mezcla con el producto.
 - 3) El agua de lubricación se dispone sobre el canal de desagüe como agua residual.

Para un Caudal de servicio (Bomba de vacío) de 768 Lt / h, Las variables consideradas en el diagrama de flujo se resumen en la siguiente tabla de balance:

		Naranja		Limón		Mora		Maracuyá	
ENTRADA	Jugo	Pulpa	Concent	Concent	Jugo	Concent	Jugo	Concent	
			Azuc	Azuc		Azuc		Azuc	
Jugo clarificado [Lt]	1192	992	988	988	1492	988	1492	988	
H ₂ O servicio [Lt]	758	642	776	1112	1048	1030	922	-	
SALIDA	Jugo	Pulpa	Concent	Concent	Jugo	Concent	Jugo	Concent	
			Azuc	Azuc		Azuc		Azuc	
Jugo desaireado [Lt]	1192	992	988	988	1492	988	1492	988	
Agua residual [Lt]	758	642	776	1112	1048	1030	922	-	

3.1.2.7 Balance real etapa de Pasteurización (Mezclador): La operación unitaria de mezcla de aire y vapor de caldera cumple con el siguiente diagrama de flujo:



Consideraciones: 1) Las relaciones a especificar son el caudal de servicio y el consumo de agua por litro de producto alimentado al sistema de pasteurización.

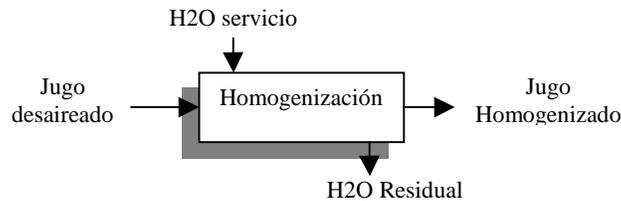
2) El arreglo del mezclador presenta tres salidas de agua: dos descargas de alivio por presión y una salida de agua caliente de servicio que alimenta el intercambiador de placas.

3) El vapor de caldera no se incluye dentro de los grados de libertad del balance de materia.

Para los caudales de servicio en el mezclador 175 Lt / h (Descarga 1) y 23 Lt / h (Descarga 2), Las variables consideradas en el diagrama de flujo se resumen en la siguiente tabla de balance:

		Naranja		Limón		Mora		Maracuyá	
ENTRADA	Jugo	Pulpa	Concent	Concent	Jugo	Concent	Jugo	Concent	
			Azuc	Azuc		Azuc		Azuc	
Jugo desaireado [Lt]	1192	992	988	988	1492	988	1492	988	
H ₂ O servicio [Lt]	195	166	200	286	270	265	237	-	
SALIDA	Jugo	Pulpa	Concent	Concent	Jugo	Concent	Jugo	Concent	
			Azuc	Azuc		Azuc		Azuc	
Jugo pasteurizado[Lt]	1192	992	988	988	1492	988	1492	988	
Agua residual [Lt]	172	146	176	253	239	234	210	-	
	22	19	23	33	31	31	27	-	

3.1.2.8 Balance real etapa de Homogenización: La etapa de Homogenización cumple con el siguiente diagrama de flujo:

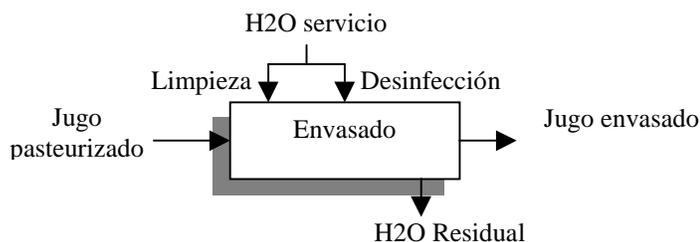


Consideraciones: 1) Las relaciones a especificar son el caudal de servicio del Homogenizador, el caudal de operación y el consumo de agua por litro de producto Homogenizado.

Para un caudal de servicio en el homogenizador de 203.13 Lt/h, Las variables consideradas en el diagrama de flujo se resumen en la siguiente tabla de balance:

		Naranja		Limón		Mora		Maracuyá	
ENTRADA		Jugo	Pulpa	Concent Azuc	Concent Azuc	Jugo	Concent Azuc	Jugo	Concent Azuc
Jugo desaireado [Lt]	1192	992	988	988	1492	988	1492	988	
H ₂ O servicio [Lt]	200	170	205	293	277	272	272	243	
SALIDA		Jugo	Pulpa	Concent Azuc	Concent Azuc	Jugo	Concent Azuc	Jugo	Concent Azuc
Jugo homogeniz [Lt]	1192	992	988	988	1492	988	1492	988	
Agua residual [Lt]	200	170	205	293	277	272	272	243	

3.1.2.9 Balance real etapa de Envasado: Sabiendo que esta etapa se puede describir según:



Consideraciones: 1) Los consumos en esta etapa son efectuados a manera de estimación, debido a su marcada variabilidad.

2) La descarga residual está compuesta por el agua de desinfección y por el agua de enjuague de envases antes de disposición final en cuarto frío.

3) El agua residual está compuesta por el arrastre de mínimas cantidades de productos elaborados, que pudiesen quedar en la superficie de los envases.

Los consumos de agua y descargas residuales por desinfección varían entre 20 y 40 Lt de agua por cada operación de envasado, su concentración es de 1 g de timsen por litro de agua empleada. Los enjuagues efectuados a los envases varían de acuerdo con el producto envasado (Jugos o concentrados azucarados) y la forma de embalarlos (Canastillas y estibas).

El interés del balance real en esta etapa se centra en la descripción de los consumos de agua de acuerdo con las observaciones efectuadas a los caudales y tiempos de enjuague durante envasado, por lo cual las variables incurridas en esta etapa se describen según:

Jugos Naturales

Presentación		Jugos Naturales
Volumen	Embalaje	Lt H ₂ O / Cantidad envasada
230 ml	Canasta × 60	7.5 Lt
1 Lt	Canasta × 24	7.5 Lt
2 Lt	Canasta × 12	7.5 Lt
4 Lt	Canasta × 6	7.5 Lt
8 Lt	Canasta × 4	6.0 Lt
23 Lt	Timbo × 1	2.5 Lt
55 Lt	Caneca × 1	2.5 Lt

Concentrados azucarados

Presentación		Concentrados
Volumen	Embalaje	Lt H ₂ O / Cantidad envasada
1 Lt	Canasta × 24	96 Lt
2 Lt	Canasta × 12	48 Lt
4 Lt	Estiba × 56	112 Lt

3.1.2.10 Consideraciones adicionales

Existen dos variables adicionales dentro de la formulación y resolución de los balances de materia, las cuales no pueden ser modeladas matemáticamente por lo que inducen a una medición directa. Estas dos variables están comprendidas por:

- El producto remanente en las líneas que no alcanzan a ser recuperadas (pérdidas)
- El producto recuperado que es sometido a un posterior reproceso.

Asumiendo que el producto no recuperado (pérdidas) hace parte del efluente líquido residual, es importante tener en cuenta este factor adicional de generación de aguas residuales.

3.1.3 BALANCE REAL EN OPERACIONES DE LAVADO Y DESINFECCIÓN LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE JUGOS

Las operaciones de lavado y desinfección de la línea de producción de jugos se describen en el diagrama de flujo mostrado en la figura 3.2, el cual especifica los equipos y clases de lavado resultante de las actividades de producción. La interpretación del balance real en operaciones de lavado y desinfección se dividen en dos partes:

- Descripción de las finalidades, rutinas y agentes químicos presentes en cada operación.
- El resumen de la formulación y resolución de las ecuaciones de balance.

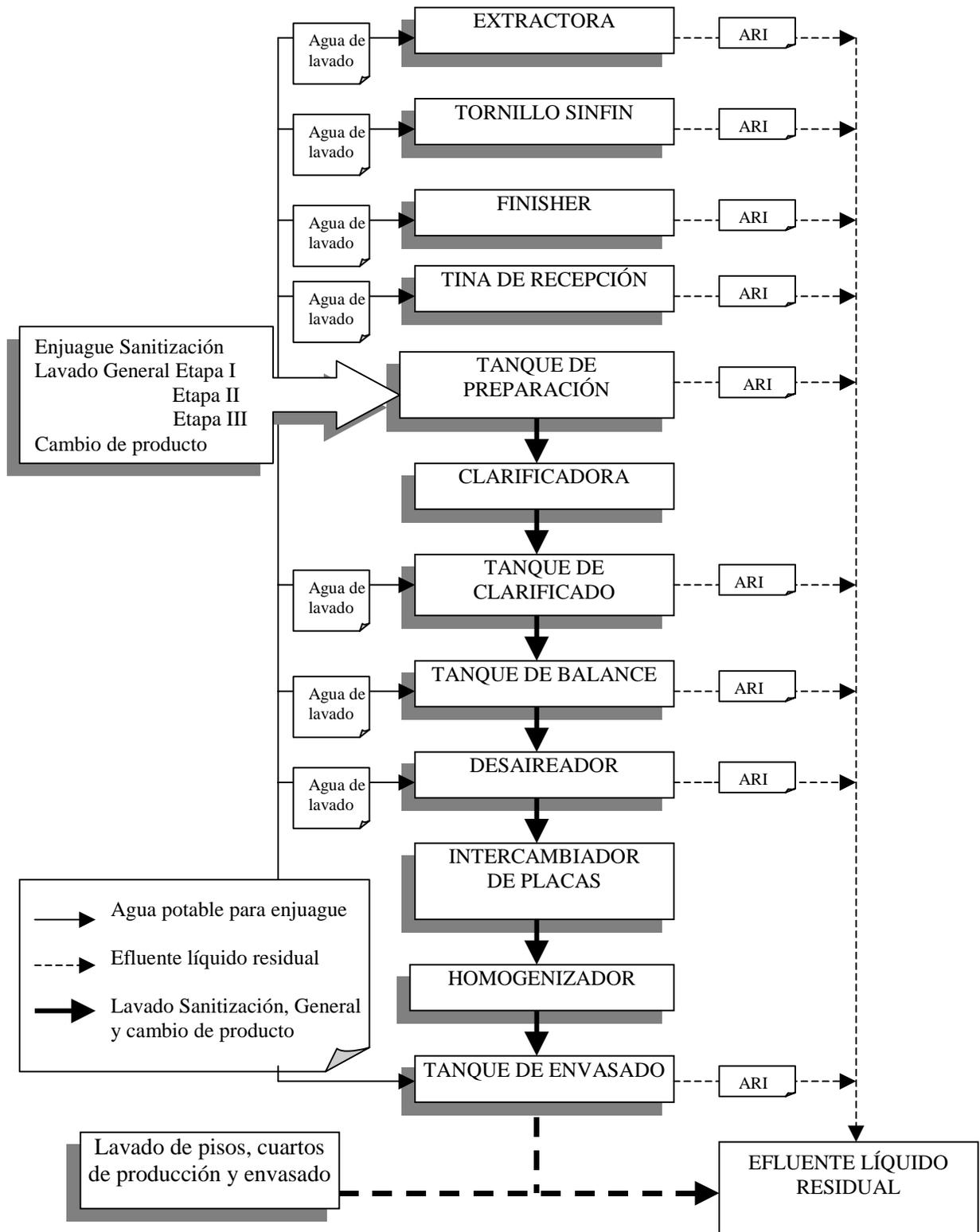
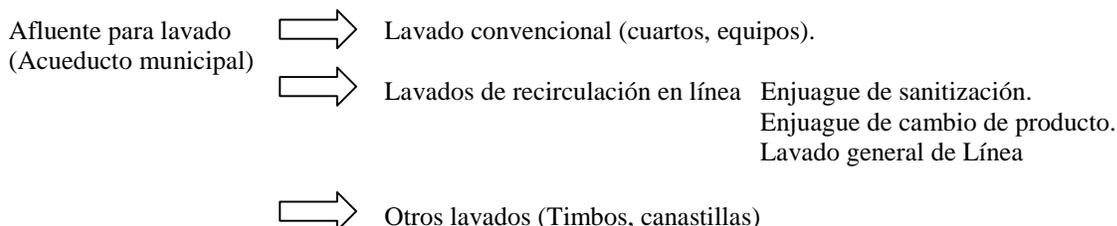


Figura 3.2 Diagrama de flujo de operaciones de lavado y desinfección línea de Jugos.

3.1.3.1 DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES DE LAVADO Y DESINFECCIÓN.

La determinación de los consumos de agua durante las operaciones de lavado y desinfección debe tener en cuenta que el uso del recurso se dividen en:



a) Descripción del lavado convencional en Jugos: El lavado convencional involucra las actividades manuales de limpieza de equipos, tuberías, cuartos, canecas y demás. Cumple con una regularidad definida para lavados diarios y semanales. La descripción de este tipo de lavado para los equipos en sus rutinas diarias y semanales se muestra en la siguiente tabla:

Equipo	Lavado diario	Lavado semanal
Extractoras	Lavado manual con agua a presión luego de terminada la operación	Se enjuaga y desarmen las partes móviles para ser lavadas con agua y jabón.
Finisher	Lavado manual con agua.	Lavado manual con agua, esponjilla y jabón
Tanque de preparación	Enjuague manual con agua.	Lavado manual con agua, esponjilla y jabón
Clarificador		Lavado de la parte superior interna del equipo
Tanque de clarificado	Enjuague manual con agua	Lavado manual con agua, esponjilla y jabón
Desaireador	Lavado de boquillas de suministro del producto	Lavado manual interno del equipo con agua y jabón
Tanque de envasado	Enjuague con agua	Lavado manual con agua y jabón

Tabla 3.1. Tabla de lavado convencional de equipos línea de producción de jugos.

Los otros lavados convencionales corresponden a los de cuarto de proceso y envasado; los cuales consisten en un enjuague diario de pisos y eventualmente un lavado con agua y jabón. Adicionalmente, las llaves y equipos desarmables en el sistema de envasado son desinfectadas al sumergirse en una solución de timsen.

b) Descripción del enjuague de sanitización línea de jugos: Al comienzo de cada jornada se debe efectuar un enjuague a lo largo de la línea, consistente en una recirculación por las tuberías y equipos donde pasa el producto durante su elaboración. Se efectúa con una solución de un agente químico desinfectante (Solución ácida de Hipoclorito, Timsen, Rapidín). Para efectos de sanitización, la solución circula desde el tanque de preparación hasta llegar al tanque de envasado.

c) Descripción del enjuague de cambio de producto línea de jugos: Una vez se termina un batche de producción y se pretende procesar un jugo de características diferentes a las del terminado, la línea se somete a un enjuague con agua caliente para barrer el producto que pudiese haber quedado dentro de las tuberías y equipos.

d) Descripción del Lavado general de línea de Jugos: El lavado general de la línea de producción de jugos se lleva a cabo en tres etapas (Limpieza, neutralización y desinfección), consistentes en:

I Etapa - Limpieza: Una vez terminadas la producción y la recuperación el producto remanente en las líneas se efectúa un enjuague de tuberías y equipos susceptibles (Tanques abiertos y tuberías de acceso). Luego de haber barrido el producto se carga una solución de NaOH en agua caliente en un tanque de 560 Lt, para de allí ser bombeado al tanque de preparación, donde continúa su recorrido por toda la línea de producción.

II Etapa - Neutralización: Luego del primer lavado con soda, la línea es neutralizada con una solución de ácido cítrico en agua fría. La metodología es igual que para los demás lavados de recirculación en línea.

III Etapa - Desinfección: El sistema se carga con un volumen de agua fría de concentraciones variables de agentes desinfectantes (solución ácida de hipoclorito o desinfectantes comerciales), para que cumpla con la recirculación propia de los demás lavados de recirculación en línea.

e) Descripción de Lavados adicionales en línea de Jugos: Los lavados adicionales más representativos en la línea son los efectuados a timbos, canecas y canastillas, los cuales presentan

secuencias variables de enjuague y desinfección. Las canastillas en las cuales se emban los productos y las canecas de usos varios son lavadas manualmente con detergente y una solución de Hipoclorito de Sodio una vez son devueltas a la empresa. La rutina del lavado de timbos comienza por un lavado superficial con detergente e hipoclorito, luego se lavan con una solución caliente de NaOH en agua y se neutralizan con una solución de ácido cítrico en agua, por último reciben un enjuague con agua para quedar dispuestos a su reutilización.

3.1.3.2 FORMULACIÓN Y RESOLUCIÓN DEL BALANCE EN OPERACIONES DE LAVADO Y DESINFECCIÓN EN LÍNEA DE JUGOS.

El consumo de agua en los lavados diarios presenta una variación particular debida a factores como la demanda y programación en la producción diaria (Enjuagues de cambio de producto), los horarios de comienzo y terminación de la jornada (Enjuague de sanitización y lavado general), la disposición de timbos y canastillas, entre otros. De lo anterior, el balance real reúne aisladamente los consumos más representativos de las operaciones de lavado y desinfección descritas anteriormente, los cuales, sin embargo, pueden llegar a ser reunidos para la determinación de consumos diarios, semanales o mensuales. La resolución de los balances se divide en:

a) Formulación y resolución del balance en lavados de recirculación en línea: Tal como se ha descrito, los lavados de recirculación en línea son aquellos en los que se carga una cantidad de agua junto a un agente químico de acción específica; pueden ser identificados a partir de la figura 3.3.

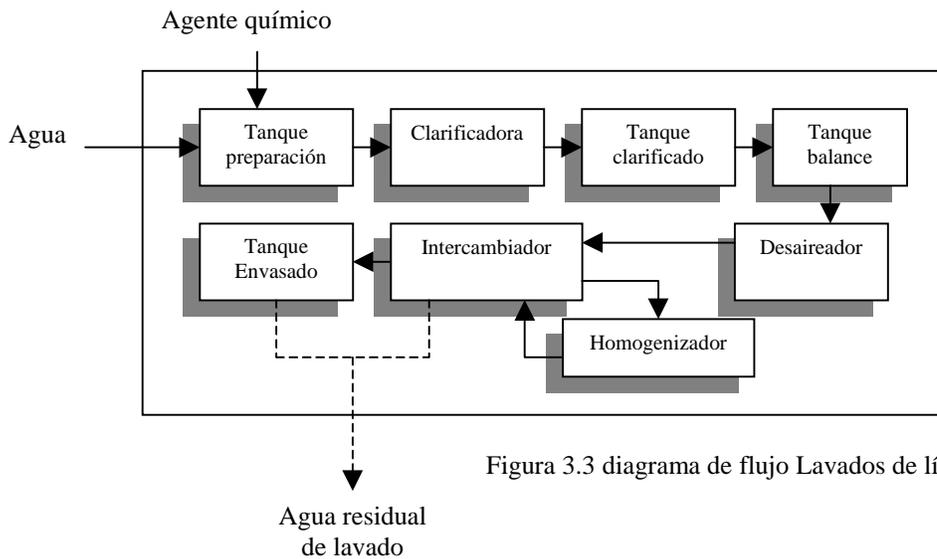


Figura 3.3 diagrama de flujo Lavados de línea

La descarga del efluente líquido residual puede estar ubicada a la salida del intercambiador de calor o a la salida del tanque de envasado. Teniendo como base de cálculo los volúmenes y concentraciones normalmente utilizadas, el resumen del balance está dado en la tabla 3.2.

Consideraciones: 1) El agua residual producida en esta etapa se debe a constituyentes orgánicos e inorgánicos de los agentes químicos de limpieza, neutralización y desinfección. Para el lavado de cambio de producto se debe al jugo o concentrado azucarado remanente en la línea.

2) La relación de agentes químicos y agua está establecida por formulación.

		Temperatura	Sanitización		Lavado general		Cambio de producto	
Etapa I Limpieza	Agua de lavado	70 °C	---		560	Lt	560	Lt
	Ag Químico Na OH	---	---		7	Kg	---	
	Agua residual	70 °C	---		554.6	Kg	557.6	Kg
Etapa II Neutralización	Agua de lavado	Ambiente	---		560	Lt	---	
	Ag Químico Ac cítrico	---	---		1	Kg	---	
	Agua residual	Ambiente	---		559.9	Kg	---	
Etapa I - Desinfección *	Agua de lavado	Ambiente	560	Lt	560	Lt	---	
	Ag Químico Timsen		0.56	Kg	0.56	Kg	---	
	NaClO		80	ml	80	MI	---	
	Ac cítrico		1	Kg	1	Kg	---	
	Agua residual	Ambiente	548.1	Kg	548.1	Kg	---	
			548.8	Kg	548.8	Kg	---	

Tabla 3.2. Resumen de lavados de reirculación en línea

* La desinfección se puede efectuar con dos agentes químicos (Timsen y Sln ácida de NaClO)

b) Formulación y resolución del balance en lavados convencionales: Los consumos de agua por lavado convencional de cuartos y equipos varían de acuerdo a como es realizada la operación por parte del operario (Tiempos de lavado y caudales de operación). De lo anterior, la determinación del balance real para este tipo de lavado cuantifica de manera aproximada (Tabla 3.3) el consumo de agua, luego de observaciones y mediciones en planta.

Consideraciones: 1) El consumo se calcula mediante la relación de caudales y tiempos promedios.
2) Las aguas residuales se componen por residuos sólidos solubles y sedimentables (membranas y semillas) en la zona de adecuación de materias primas, y por producto remanente (Jugo y concentrado azucarado) en las zonas de preparación, y envasado del producto terminado.

Equipo	Tiempo de lavado [min]	Caudal de lavado [Lt / min]	Consumo de Agua [Lt]
Extractora	8	25.678	205.424
Finisher	6	25.678	154.068
Sinfin	5	25.678	128.39
Tina de recepción	5	25.678	128.39
Tanque preparación	2	47.454	94.908
Tanque clarificado	2	47.454	94.908
Tanque de balance	1.5	47.454	71.181
Desaireador	1.5	47.454	71.181
Tanque envasado	2	47.454	94.908
Cuarto de proceso Zona de extracción	6	110.93	665.58
Zona de pasteuriza	5	47.454	237.27
Cuarto de envasado	5	30.030	150.15

Tabla 3.3 Relación de consumos aproximados de agua por lavados convencionales

c) Balance real lavados adicionales: La determinación del balance real por lavados adicionales presenta las mismas causas de variación expuestas para los lavados convencionales. El consumo de agua en lavados adicionales se debe al flujo de agua durante el enjuague inicial, el enjuague final, enjabonada y lavado interno (Tabla 3.4). Para los agentes químicos cumple con una formulación aproximada para un número de elementos (Tabla 3.5).

Tipo de lavado	H ₂ O por unidad lavada	Timbos	Canecas	Canastillas
Enjuague inicial	Agua [Lt]	2.75	2.75	2.75
Enjabonada	Agua [Lt]	8.25	22	9.17
Enjuague final	Agua [Lt]	2.75	2.75	2.75
Lavado interno	Agua [Lt]	21	---	---
	NaOH [g]	115	---	---
	Ac cítrico [g]	25.5	---	---
	NaClO [ml]	30	---	---
Total agua por unidad lavada	[Lt]	34.75	27.5	14.67

Tabla 3.4 Relación de consumos en lavados adicionales

Agente Químico	Timbos		Canecas		Canastillas	
	g - ml / timbo	Lt H ₂ O / timbo	g - ml / caneca	Lt H ₂ O / caneca	g - ml / canastilla	Lt H ₂ O / canastilla
Sln detergente	1 g	0.4	1.6 g	0.67	2.5 g	1
Sln de NaClO	12.5 ml	0.19 ml	12.5 ml	0.19 ml	20 ml	0.75 ml

Tabla 3.5 Relación aproximada de agua de dilución y agentes químicos en lavados adicionales

Consideraciones: 1) El consumo total de agua por concepto de lavados adicionales se calcula en función del número de elementos lavados (timbos, canecas y canastillas).

- 2) El consumo de agua durante la enjabonada se debe a la solución detergente por un número variable de timbos y al hecho de que no existe un mecanismo físico de control de agua a la salida de la manguera empleada para la operación.
- 3) El consumo real de agua durante enjabonada se calcula al dividir el consumo propuesto en la tabla entre el número de operarios
- 4) El agua residual está compuesta por agentes químicos (Detergente, NaOH, Ac cítrico, HClO) y sólidos sedimentables (tierra y arena).

3.1.4 RESUMEN BALANCE REAL DE AGUAS EN LA LÍNEA DE JUGOS.

Las variables de interés durante las actividades consideradas en línea de producción de jugos están completamente especificadas en la tabla general de balance, donde se describen las corrientes de entrada y salida involucradas durante producción, lavado y desinfección.

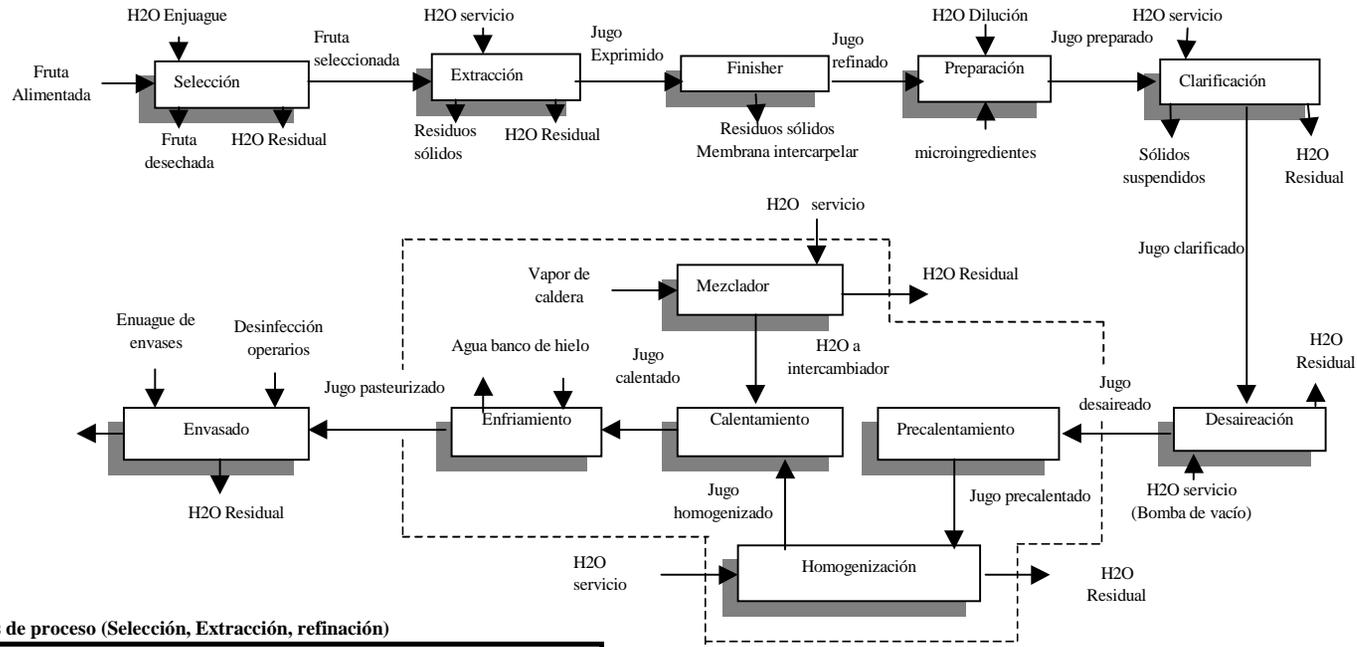
Con el objeto de resumir cada uno de los balances propuestos para la línea de jugos se presenta un formato de una hoja de cálculo que discrimina todas las relaciones de proceso necesarias para la solución de las ecuaciones descritas en el anexo IV. Cuenta con la particularidad de resolver una a una las etapas de producción, limpieza y desinfección teniendo como base de cálculo la cantidad de producto (Jugos o concentrados azucarados a elaborar) en su presentación en volumen. La hoja de cálculo muestra además, el resumen de consumos de agua que interviene en la producción de la base de cálculo presupuestada.

La solución de los balances puede ser efectuada para cualquier tipo de producción (diaria, semanal, mensual), mediante:

- La especificación de las cantidades de jugos o concentrados azucarados a procesar en sus respectivas presentaciones comerciales (Volumen y tipo de producto).
- La revisión de las relaciones de proceso propuestas para cada etapa.

El ejemplo resuelto en la hoja de cálculo obedece a la producción en la línea de jugos durante el mes de junio de 2001.

DIAGRAMA DE FLUJO LINEA DE PRODUCCIÓN DE JUGOS



Relaciones de proceso (Selección, Extracción, refinación)

	Naranja	Limón
Densidad jugo exprimido	1.0408	1
Densidad jugo refinado	1	1
Selección % Rechazo	2.014	6.048
Extracción Caudal de extracción [LT/h]	280	96
% Rendimiento Extracción	35.8	28.6
% Remoción sólidos a la Tolva	95	98
Refinación % Sólidos de refinación	0.0353	0.125
Densidad H2O [Kg/Lt] a [T °C]	0.9977	

Caudales de servicio

Selección	132	Lt / h
Extracción	1050	Lt / h
Clarificación	6.4	Lt / h
Desaireación	768	Lt / h
Homogenizador	203	Lt / h
Pasteurizador	175	Lt / h
	23	Lt / h

Relaciones de proceso (Preparación, Clarificación, Homogenización, Pasteurización)

	JC Naranja	P Naranja	QS Naranja	QS Limón	R mora	QS mora	R mcya	QS mcya
Preparación % Agua de dilución	44.23	0	0	0	78.3	0	80.03	0
% Adición microingredientes	6.96	0.25	43.65	11.59	9.5	48.67	9.5	55.98
Clarificación % Sólidos de Clarificación								
Caudal Clarificación [Lt/min]	104	65	84	-	107	45	125	-
Pasteurización Caudal pasteurización [Lt/h]	1500	1500	980	684	1500	738	1500	
Densidad final del producto elaborado	1	1	1	1	1	1	1	1
Densidad del Jugo Alimentado a preparación	1	1	1	1	1	1	1	1
Jugo preparado por Batche [Lt]	1200	1000	1000	1000	1500	1000	1500	1000

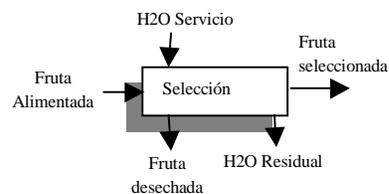
DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD A PRODUCIR (Base de cálculo)

		JC Naranja	R mora	R mcuyá	Pulpa Naran
Producción de Jugos	230 ml	316	316	100	
	1 Lt		24		1000
	2 Lt				
	4 Lt	3218	459	299	
Número de envases	Bolsa 8 Lt	90	82	94	
	20 Lt	76	68	23	87
	Otros [Lt]				2730
	Total [Lt]	15184.68	3948.68	2431	5470

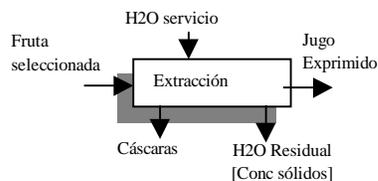
		QS Naranja	QS Limón	QS mora	QS mcuyá
Producción Conc Azucarados	1 Lt	74	49	72	
	Bolsa 2 Lt	92	30	71	
	4 Lt	780	35	117	
Número de envases	Otros [Lt]		200	256	329
	Total [Lt]	3378	449	938	329

BALANCE DE MATERIA DURANTE PRODUCCIÓN

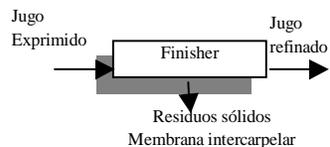
a) Balance de materia: Selección, Extracción y refinación (Aplíquese únicamente a los productos cuyas materias primas son frutos cítricos)



	JC Naranja	Pulpa Naran	QS Naranja	QS Limón	
Fr Alimento	21012.87	15469.32	5396.65	1688.37	Kg
H2O servicio	3474.95	2558.20	892.46	---	Lt
Fr selección	20589.67	15157.76	5287.96	1586.26	Kg
Fr desecho	423.20	311.55	108.69	102.11	Kg
H2O Residual	3474.95	2558.20	892.46	---	Lt



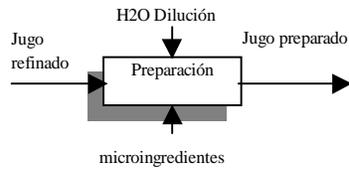
	JC Naranja	Pulpa Naran	QS Naranja	QS Limón	
Fr selección	20589.67	15157.76	5287.96	1586.26	Kg
H2O servicio	27641.63	20349.30	7099.09	4962.01	Lt
Jugo Exprim	7371.10	5426.48	1893.09	453.67	Lt
Cáscaras	12271.93	9034.39	3151.75	1109.94	Kg
H2O Residual	29457.30	21685.96	7565.40	4984.66	Kg
Conc sólidos	687.89	506.42	176.67	22.65	Kg



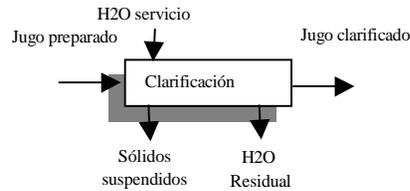
	JC Naranja	Pulpa Naran	QS Naranja	QS Limón	
Jugo Exprim	7371.10	5426.48	1893.09	453.67	Lt
Res sólidos	260.20	191.55	66.83	56.71	Kg
Jugo refinad	7411.642308	5456.325	1903.503	396.9609	Lt

3-22 Alimentos cañaveral S.A.

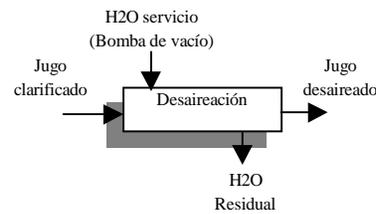
b) Balance de materia: Preparación, Clarificación, Desaireación, Pasteurización (Global)



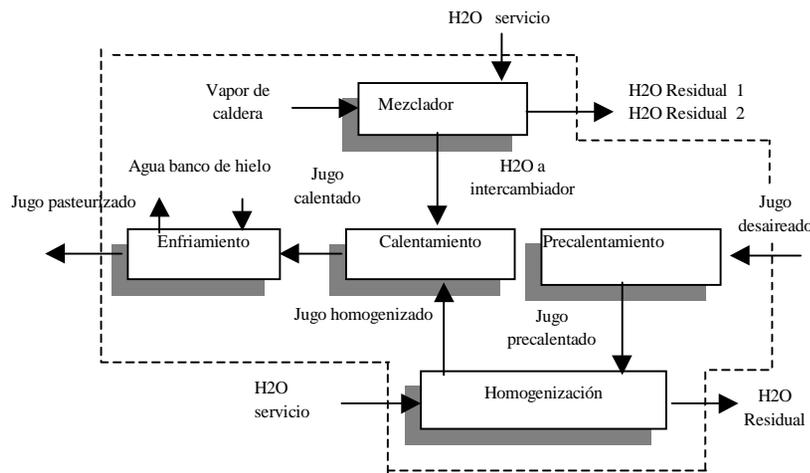
	JC Naranja	Pulpa Naran	QS Naranja	QS Limón	R mora	QS mora	R mcuyá	QS mcuyá	
Jugo refinado	7411.64	5456.33	1903.50	396.96	481.74	481.48	572.71	144.83	Lt
H2O dilución	6731.67	0	0	0	3098.94	0	1950.01	0	Lt
Microingred	1056.853728	13.675	1474.497	52.0391	375.1246	456.5246	230.945	184.1742	Kg
Jugo prepar	15184.68	5470	3378	449	3948.68	938	2431	329	Lt



	JC Naranja	Pulpa Naran	QS Naranja	QS Limón	R mora	QS mora	R mcuyá	QS mcuyá	
Jugo prepar	15184.68	5470	3378	449	3948.68	938	2431	329	Lt
H2O servicio	69.99	32.50	18.81		15.26	6.26	9.04		Lt
Jugo clarific	15178.18	5463.5	3368	439	3942.18	928	2424.5	329	Lt
Res sólidos	6.5	6.5	10	10	6.5	10	6.5	0	Kg
H2O Residual	69.99	32.50	18.81		15.26	6.26	9.04		Lt



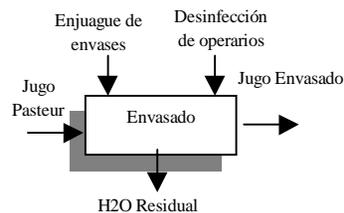
	JC Naranja	Pulpa Naran	QS Naranja	QS Limón	R mora	QS mora	R mcuyá	QS mcuyá	
Jugo calrific	15178.18	5463.5	3368	439	3942.18	928	2424.5	329	Lt
H2O servicio	7771.23	2797.31	2639.41	492.91	2018.40	965.72	1241.34		Lt
Jugo desaire	15178.18	5463.5	3368	439	3942.18	928	2424.5	329	Lt
H2O Residual	7771.23	2797.31	2639.41	492.91	2018.40	965.72	1241.34		Lt



	JC Naranja	Pulpa Naran	QS Naranja	QS Limón	
Jugo desair	15178.18	5463.5	3368	439	Lt
H2O mezclad	2003.52	721.18	680.47	127.08	Lt
H2O Homog	2054.11	739.39	697.66	130.29	Lt
Jugo pasteur	15178.18	5463.5	3368	439	Lt
H2O res mez1	1770.79	637.41	601.43	112.32	Lt
H2O res mez2	232.73	83.77	79.04	14.76	Lt
H2O res Hom	2054.11	739.39	697.66	130.29	Lt

	R mora	QS mora	R mcuyá	QS mcuyá	
Jugo desair	3942.18	928	2424.5	329	Lt
H2O mezclad	520.37	248.98	320.03		Lt
H2O Homog	533.51	255.26	328.12		Lt
Jugo pasteur	3942.18	928	2424.5	329	Lt
H2O res mez1	459.92	220.05	282.86		Lt
H2O res mez2	60.45	28.92	37.18		Lt
H2O res Hom	533.51	255.26	328.12		Lt

BALANCE DE MATERIA DURANTE ENVASADO (Incluye lavado adicional de timbos, canecas y canastillas)



Relación consumo Agua enjuague

Q Enjuague	30	Lt / min
Jugos		Enjuague seg
230 ml [Canastilla x60]		15
1 Lt [Canastilla x24]		15
2 Lt [Canastilla x12]		15
4 Lt [Canastilla x 6]		15
8 Lt [Canastilla x 4]		12
23 Lt [Timbo x 1]		5
55 Lt [Caneca x 1]		5
Conc Azucarados		Enjuague seg
1 Lt [Canastilla x24]		240
2 Lt [Canastilla x12]		120
4 Lt [Estiba x 6]		300

Relación consumo de Agua por lavado adicional

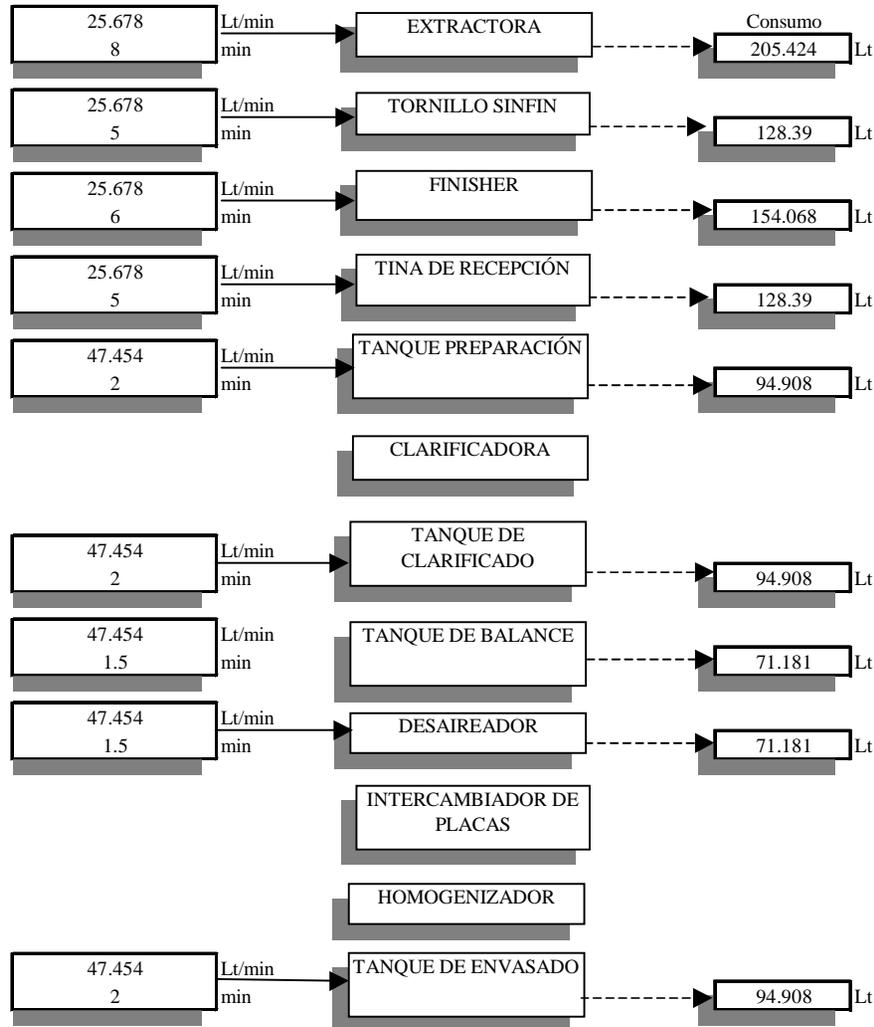
	Enjuague Inic [seg]	Enjabonada [seg]	Enjuague final [seg]	Caudal lav [Lt/min]
Timbos	30	90	30	5.5
Canastillas	30	240	30	
Canecas	30	100	30	
		Timbos	Canastillas	canecas
Enjuague inicial	Agua [Lt]	2.75	2.75	2.75
Enjabonada	Agua [Lt]	8.25	22	9.17
	NaClO [ml]	12.5	20	12.5
	Deterg [g]	1	2.5	1.6
Enjuague final	Agua [Lt]	2.75	2.75	2.75
Lavado interno	NaOH [g]	115	---	---
	NaClO [ml]	30	---	---
	Agua [Lt]	21	---	---

La siguiente tabla contiene el consumo de agua de enjuague de envases junto con los consumos por lavado de timbos y canastillas donde se disponen los productos elaborados según la base de cálculo

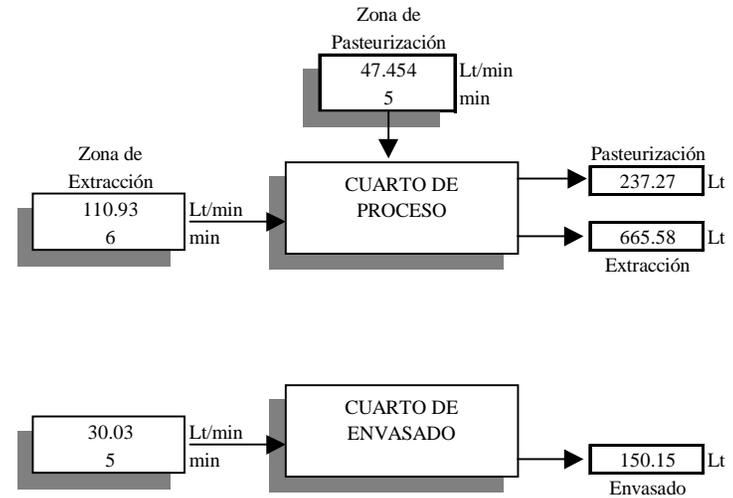
Consumo H2O Envasado	Tipo de embalaje	Envase	JC Naranja Agua [Lt]	R mora Agua [Lt]	R mcuyá Agua [Lt]	Pulpa Naran Agua [Lt]	QS Naranja Agua [Lt]	QS Limón Agua [Lt]	QS mora Agua [Lt]	QS mcuyá Agua [Lt]
		Canastilla x 60	230 ml	39.5	39.5	12.5	0			
	Canastilla x 24	1 Lt	0	8	0	313	370	245	360	0
	Canastilla x 12	2 Lt	0	0	0	0				
	Canastilla x 10	2 Lt					552	180	426	0
	Canastilla x 6	4 Lt	4023	574	374	0				
	Estiba x 56	4 Lt					2089	94	313	0
	Canastilla x 4	8 Lt	169	154	176	0				
	Timbo	20 Lt	190	170	58	218				
	Canecas	60 Kg	0	0	0	6825				
	Total Agua enjuague envases		4421	945	620	7355	3011	519	1099	0
Consumo H2O Lavado adicional	Número canastillas		564	103	75	42	11	5	9	0.00
	Número timbos		76	68	23	87				
	Número canecas		0	0	0	2730				
	H2O lavado canastillas		15513	2840	2063	1146	296	125	245	0
	H2O lavado timbos		1045	935	316	1196	0	0	0	0
	H2O lavado canecas		0	0	0	40040	0	0	0	0
	Total Agua lavado timbos canastillas		16558	3775	2379	42382	296	125	245	0

II - BALANCE REAL EN OPERACIONES DE LAVADO Y DESINFECCIÓN
 (Enjuague diario convencional de equipos y cuarto de proceso)

a) Lavado convencional de equipos [Agua de lavado / operación]



b) Lavado convencional de cuarto de proceso y envasado [Agua de lavado / operación]



c) Lavado de recirculación en línea [Agua lavado / operación]

		Sanitización	Lavado general	Cambio de producto
Etapa - I	Agua [Lt]	---	560	560
	NaOH [Kg]	---	7	---
	ARI [Kg]	---	555	560
Etapa - II	Agua [Lt]	---	560	---
	Cítrico [Kg]	---	1	---
	ARI [Kg]	---	560	---
Etapa - III	Agua [Lt]	560	560	---
	Timsem [g]	0.56	0.56	---
	NaClO [ml]	80	80	---
	Cítrico [Kg]	1	1	---
	ARI [Kg]	549	549	---

3-25 Alimentos cañaveral S.A.

I - TABLA RESUMEN DE CONSUMOS GLOBALES DE AGUA EN ETAPAS DE PRODUCCIÓN Y ENVASADO

IA - Consumo de agua en etapas de producción (Servicio y proceso)

	JC Naranja	Pulpa Naran	QS Naranja	QS Limón	R mora	QS mora	R mcuyá	QS mcuyá	Total
	Agua [Lt]	Agua [Lt]	Agua [Lt]	Agua [Lt]	Agua [Lt]	Agua [Lt]	Agua [Lt]	Agua [Lt]	Agua [Lt]
H2O Selección	3475	2558	892	-	-	-	-	-	6926
H2O Extracción	27642	20349	7099	4962	-	-	-	-	60052
H2O Clarificación	70	32	19	0	15	6	9	0	152
H2O Preparación Dilución	6732	0	0	0	3099	0	1950	0	11781
H2O desaireación	7771	2797	2639	493	2018	966	1241	0	17926
H2O Pasterización Homog	2054	739	698	130	534	255	328	0	4738
Mezc 1	1771	637	601	112	460	220	283	0	4085
Mezc 2	233	84	79	15	60	29	37	0	537
Total Agua de servicio y proces	49747	27198	12028	5712	6186	1476	3849	0	106196

IB - Consumo de agua en Enjuague de envases

Envase	JC Naranja	R mora	R mcuyá	Pulpa Naran	QS Naranja	QS Limón	QS mora	QS mcuyá	Total
	Agua [Lt]	Agua [Lt]	Agua [Lt]	Agua [Lt]	Agua [Lt]	Agua [Lt]	Agua [Lt]	Agua [Lt]	Agua [Lt]
230 ml	39.5	39.5	12.5	0	0	0	0	0	92
1 Lt	0	8	0	313	370	245	360	0	1295
2 Lt	0	0	0	0	552	180	426	0	1158
4 Lt	4022.5	574	373.75	0	2089	94	313	0	7466
8 Lt	168.75	154	176.25	0	0	0	0	0	499
20 Lt	190	170	57.5	217.5	0	0	0	0	635
60 Kg	0	0	0	6825	0	0	0	0	6825
Total agua enjuague de envases	4420.8	944.5	620.0	7355.0	3011.3	518.8	1099.4	0.0	17969.7

II - TABLA RESUMEN DE CONSUMOS DE AGUA EN OPERACIONES DE LAVADO Y DESINFECCIÓN

IIA - Consumo de agua en operaciones de lavado convencional

[Agua de lavado / Operación]

	Agua [Lt]
Lavado de Extractora	205.42
Lavado de Finishser	128.39
Lavado de Sinfín	154.07
Lavado de Tina recepción	128.39
Lavado pisos Zona Extracción	665.58
Agua lavado convenc Bloque I	1281.85

	Agua [Lt]
Lavado tanque preparación	94.91
Lavado tanque clarificado	94.91
Lavado tanque de balance	71.18
Lavado tanque de envasado	94.91
Lavado Zona Pasteurización	237.27
Agua lavado conv Bloque II	593.18

IIB - Consumo de agua en operaciones de

Lavado de línea de producción

	Agua [Lt]
Enjuague Sanitización	560
Enjuague Cambio de producto	560
Lavado General Etapa I	560
Etapa II	560
Etapa III	560
Agua lavados en línea de prod	2800

Balance real de aguas línea de concentrado Cañaveral

IIC - Consumo de agua en operaciones de lavado adicional

	JC Naranja	R mora	R mcuyá	Pulpa Naran	QS Naranja	QS Limón	QS mora	QS mcuyá	Total
	Agua [Lt]	Agua [Lt]	Agua [Lt]	Agua [Lt]	Agua [Lt]	Agua [Lt]	Agua [Lt]	Agua [Lt]	Agua [Lt]
H2O lavado canastillas	15513	2840	2063	1146	296	125	245	0	22227
H2O lavado timbos	1045	935	316	1196	0	0	0	0	3493
H2O lavado canecas	0	0	0	40040	0	0	0	0	40040
Total Agua lavado adicional	16558	3775	2379	42382	296	125	245	0	65759

III - TABLA DE CONSUMOS DE AGUA EN OPERACIONES DE PRECALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO DE LÍNEA**III A - Agua Pre calentamiento de línea**

	Agua [Lt]
H2O recirculación	300
H2O Homogenizador	0
H2O Pasteurizador	0
Agua Pre calentamiento	0

III B - Agua Enfriamiento de línea

	Agua [Lt]
H2O recirculación	300
H2O Homogenizador	0
H2O Pasteurizador	0
Agua Enfriamiento	0

V - Cuadro general de consumo global

El cuadro presentado a continuación muestra los consumos de agua en metros cúbicos por objeto de producción y envasado de las cantidades consideradas como base de cálculo.

Para el caso de los consumos de agua por operaciones de lavado y desinfección, se presenta un estimativo de la cantidad de agua implicada por operación, para que mediante un seguimiento real de la línea se pueda cuantificar este consumo al reportar el número de lavados mensuales.

I A - Consumo en etapas de producción	106196	x mes
I B - Consumo en enjuague de envases	17970	x mes
II A - Consumo por Lavado convencional	1875.03	x día
II B - Consumo por Lavado línea de producción	2800	x día
II C - Consumo por Lavado adicional	65759	x mes
III A - Consumo Pre calentamiento de línea	0	x día
III b - Consumo Enfriamiento de línea	0	x día
IV B - Consumo por agua de reposición		
Total	194600	

3.2 BALANCE REAL DE AGUAS LÍNEA DE CONCENTRADO CAÑAVERAL

El balance de aguas para la línea de concentrado Cañaveral describe la forma en la cual interviene el recurso agua en las actividades normales de producción, lavado y desinfección, determinando además las variables de operación (materias primas, productos y residuos) en producciones típicas. La determinación de los consumos y relaciones de proceso para el balance real, se elaboró a partir de un estudio de las características de la línea y de las posibles formulaciones para resolver dichos balances, Anexos V y VI respectivamente. El balance real de aguas tiene como punto de partida el diagrama cualitativo de la línea (figura 3.3), donde se identifican los consumos y efluentes líquidos considerados en las etapas a analizar.

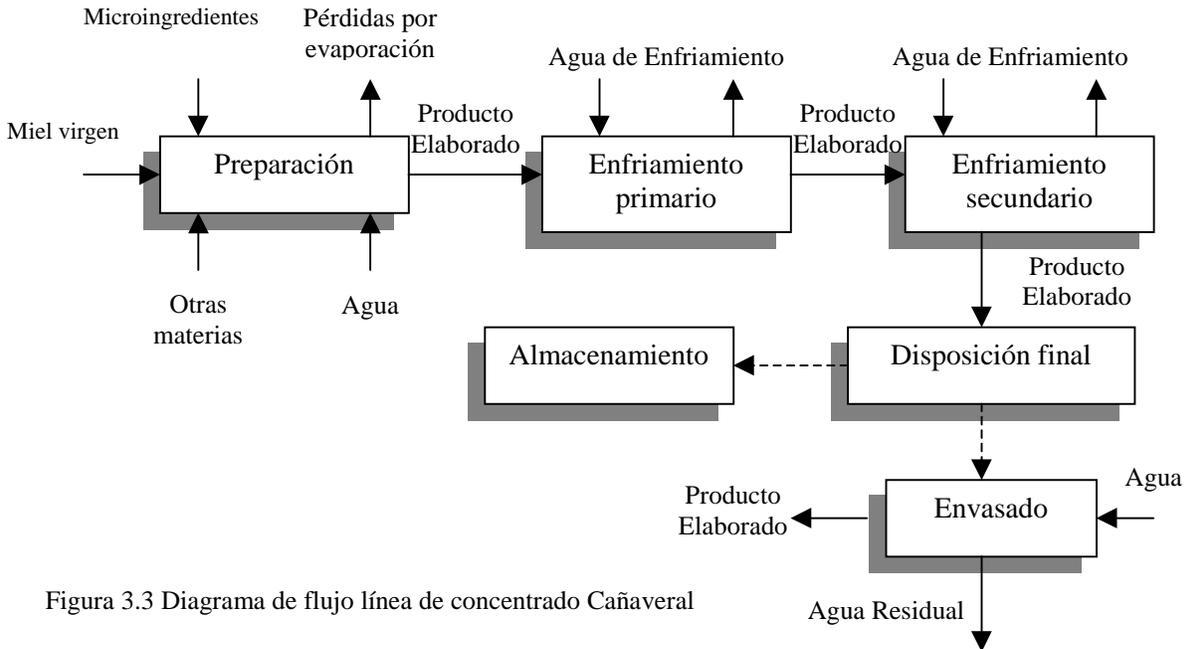


Figura 3.3 Diagrama de flujo línea de concentrado Cañaveral

Las generalidades de los consumos son estudiadas para las etapas de producción y operaciones de lavado y desinfección tal como sigue:

3.2.1 BALANCE REAL EN ETAPAS DE PRODUCCIÓN

En la línea de producción de concentrado de caña “Cañaveral” se llevan a cabo dos procesos independientes (miel semiprocesada y concentrado Cañaveral). La primeras tres etapas de producción (preparación y enfriamiento) son comunes a los dos procesos, mientras que la

disposición final difiere según el producto elaborado; de tal forma que se almacena en el caso de miel semiprocada y se envasa en envases de PE para el caso del concentrado Cañaveral.

Los balances de materia en las etapas de producción, se resumen en:

3.2.1.1 Balance real en etapa de preparación: Para la elaboración del balance es necesaria una completa especificación de las cantidades de miel virgen, otras materias primas, microingredientes y agua, así como el porcentaje permisible de pérdidas por evaporación. La información de las variables para un batch de producción típica (base de cálculo una sola marmita), fue lograda a partir del Anexo VI y se reúne en la siguiente tabla de resultados:

		I – Miel semiprocada	II – Concentrado Cañaveral
ENTRADA			
Agua de dilución [Lt]		---	40
Miel virgen [Kg]		500	500
Otras mat primas [Kg]		---	175
Microingredientes [Kg]		11.5	30
SALIDA			
Cant producida [Kg]		450.12	655
Pérdidas evapar [%]		12 %	12 %

3.2.1.2 Balance real en etapas de Enfriamiento primario y secundario: El balance de materia durante las operaciones unitarias de enfriamiento es similar en las dos producciones. Las variables conocidas se limitan a las corrientes de entrada y salida del producto elaborado. Con respecto al agua de servicio, las cantidades empleadas en la refrigeración cumplen con un ciclo de recirculación en el banco de hielo en el cual el agua de enfriamiento es igual en la entrada y en la salida (La cantidad de agua de refrigeración por unidad de producto enfriado no fue determinada). El resumen del balance está determinado por el siguiente diagrama:

		I – Miel semiprocada	II – Concentrado Cañaveral
Prod elaborado	Entrada [Kg]	450.12	655
	Salida [Kg]	450.12	655

3.2.1.3 Balance real en Disposición final del producto elaborado: Como se ha especificado, la disposición final de ambos procesos es diferente. Así, los balances de disposición final de miel semiprocesada se limitan a un almacenamiento de cantidades producidas, mientras que el balance para el concentrado Cañaveral obedece a un envasado que presenta un consumo de agua debido a posibles enjuagues de envases, enjuagues de desinfección de tapas plásticas y lubricación de la banda transportadora del cuarto de envasado. Las disposiciones finales se resumen según:

a) Producción de miel semiprocesada	
ENTRADA	SALIDA
Producto elaborado [Kg] 450.12	Producto Almacenado [Kg] 450.12
b) Producción de concentrado Cañaveral	
ENTRADA	SALIDA
Producto elaborado [Kg] 655	Producto Envasado [Kg] 655
Agua [Lt] ---	H ₂ O residual [Lt] ---

El consumo de agua durante envasado no es lo suficientemente representativo para ser incluido en una ecuación de balance, debido a sus bajos volúmenes, falta de control y ocasionalidad (enjuague y lubricación de bandas). Por otro lado, el consumo por desinfección de tapas varía considerablemente según la cantidad a envasar y el recipiente donde son sumergidas.

3.2.2 BALANCE REAL EN OPERACIONES DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN.

Para una mejor interpretación del balance real, las operaciones de limpieza y desinfección en la línea Cañaveral se dividen en tres bloques, comprendidos por:

- Bloque I - Operaciones de limpieza y desinfección en cuarto de proceso.
- Bloque II - Operaciones de limpieza y desinfección en cuarto de envasado.
- Bloque III - Operaciones de limpieza y desinfección en zona de almacenamiento.

La interpretación de los equipos considerados en cada bloque obedece a los siguientes datos de distribución en planta.

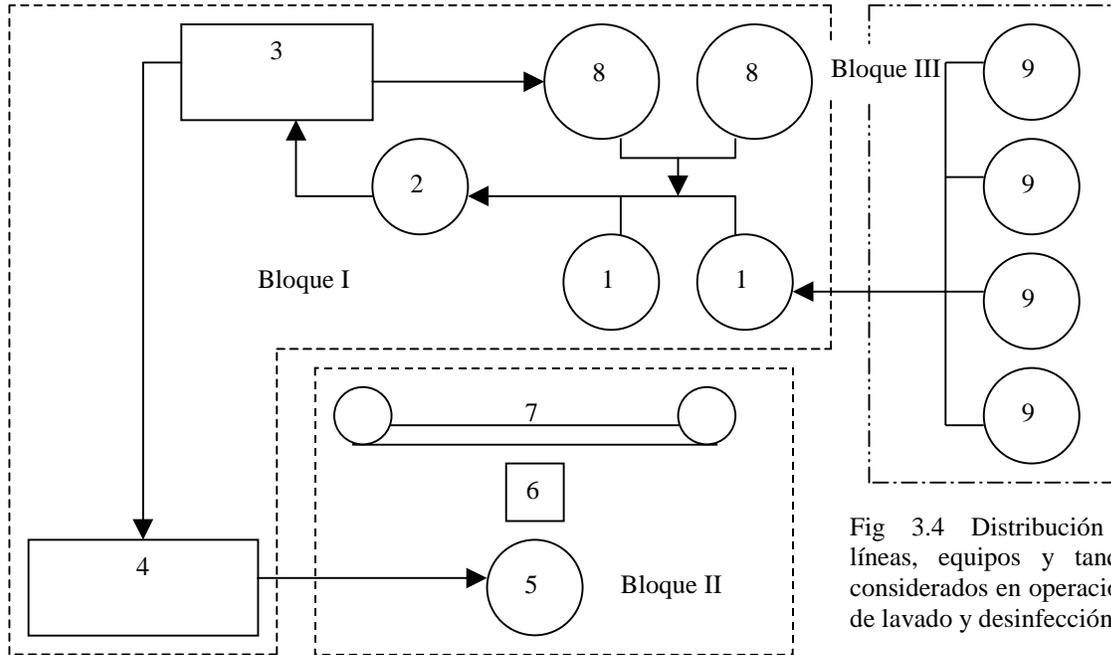


Fig 3.4 Distribución de líneas, equipos y tanques considerados en operaciones de lavado y desinfección.

Bloque I - Cuarto de proceso	Bloque II - Cuarto de envasado	Bloque III - Zona almacenamiento
1. Marmittas de Cocción	5. Tanque de envasado	9. Almacenamiento miel virgen
2. Intercambiador de calor	6. Máquina envasadora	
3. Tanque de enfriamiento	7. Banda transportadora	
4. Tanque de producto terminado		
8. Almacenamiento miel de mezcla		

La metodología de formulación y resolución de los balances reales se divide en dos partes: una descripción de las operaciones efectuadas actualmente y una cuantificación de las variables de aguas de lavado, agentes químicos y otras sustancias presentes en la descarga residual.

3.2.2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES DE LAVADO Y DESINFECCIÓN

La descripción de las operaciones de lavado y desinfección pretende enumerar las características que apunten a una correcta interpretación y resolución del balance en los bloques considerados. Se divide, al igual que para la línea de Jugos, en lavados convencionales y lavados de recirculación en línea.

DESCRIPCIÓN DE OPERACIONES DE LAVADO Y DESINFECCIÓN EN CUARTO DE PROCESO (BLOQUE - I)

Las operaciones desarrolladas en el primer bloque se pueden describir según el diagrama de flujo

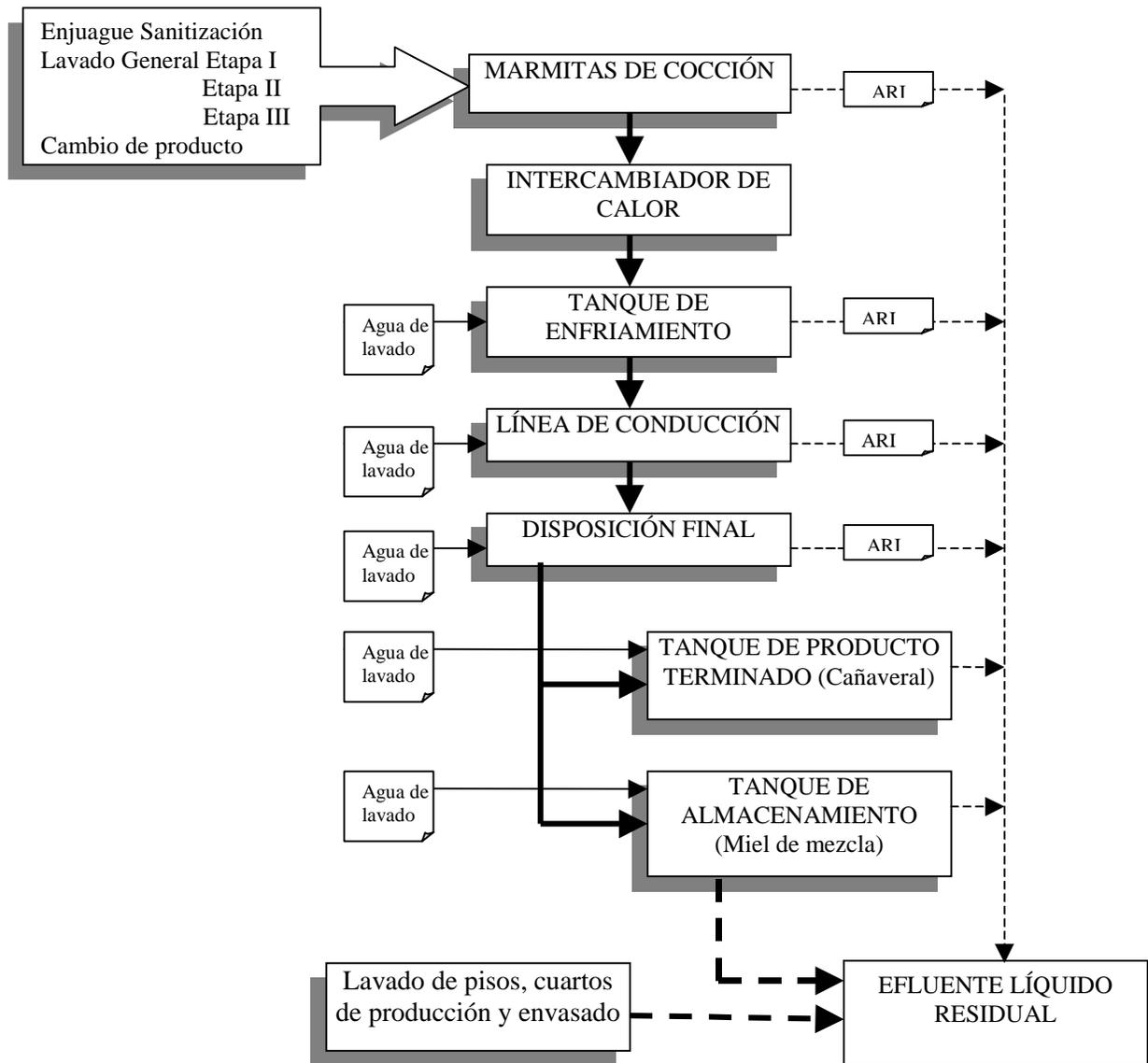


Figura 3.5 Diagrama de flujo de operaciones de lavado y desinfección línea de concentrado Cañaveral.

Debido a que la producción se amolda a dos procesos diferentes, el lavado general cumple una rutina de limpieza y desinfección para cada producción dependiendo de cuales han sido los equipos

y líneas comprometidos. Las rutinas propuestas se dividen en operaciones para antes y después de la producción, agrupan de acuerdo a cada bloque:

Descripción de lavado convencional en cuarto de producción (bloque I) : Una vez terminada la producción, la línea es sometida a una recuperación de producto (para luego ser reprocesado), mediante un desarme tuberías, codos y uniones. Luego de tener vacía la línea se efectúa un enjuague con agua fría para limpiar los restos de producto adherido a las paredes de tuberías y equipos. Las descargas residuales en esta etapa se deben a la dilución de estos productos y son depositadas en el canal de desagüe del cuarto de proceso. Los equipos sometidos a lavado convencional están compuestos por marmitas de cocción, intercambiador de calor, tanque de enfriamiento y todas las tuberías y accesorios desarmables (Dentro del cuarto de proceso) que les comunican entre sí y los tanques de almacenamiento de miel de mezcla y producto terminado.

El lavado convencional es también efectuado luego de concluido un batche de producción (lavado entre batches), y difiere del lavado anterior, en que solo se lavan las paredes de las marmitas donde se efectúa la cocción.

Descripción de lavados de recirculación en línea en cuarto de proceso (bloque I): Involucran una limpieza consecutiva de equipos y líneas con una carga común de agua con o sin agentes químicos. Sus lineamientos generales cumplen con:

- **Descripción del enjuague de sanitización:** Al inicio de las actividades de producción se efectúa un enjuague de desinfección en dos etapas comprendido por una recirculación a lo largo de la línea con agua caliente, seguido de un enjuague de desinfección con una solución en agua fría de un desinfectante comercial.
- **Descripción del lavado general de línea:** El lavado general de línea tiene dos rutinas dependiendo de la siguiente actividad a realizar, es decir, si una vez terminado el lavado existe un cambio de producción o si el lavado determina la finalización de la jornada.

El lavado general atribuido al cambio de producto varía considerablemente según:

Descripción del lavado general por cambio de producción miel semiprocada – concentrado Cañaveral: Los lavados generales para este cambio de producción corresponden a una operación de dos etapas en recirculación (Enjuague y desinfección). En la primera etapa se cargan las marmitas con un volumen definido de agua caliente, para luego barrer equipos y tuberías, en la segunda etapa se cargan con una solución desinfectante en agua fría y se cumple el mismo procedimiento.

Descripción del lavado general por cambio de producción concentrado Cañaveral – miel semiprocada: La especificación de los lavados generales cumple con una rutina de tres etapas (Limpieza, neutralización y desinfección), las cuales inician una vez terminado el lavado convencional.

Etapas I – Limpieza: La operación de limpieza de equipos y líneas se lleva a cabo mediante una recirculación con una solución de Hidróxido de Sodio en agua caliente. Una vez cargada el agua y el agente químico, la solución es sometida a un calentamiento para que luego de unos tiempos de retención definidos se recircule a lo largo de la línea.

Etapas II – Neutralización: Luego de la limpieza por agente químico (NaOH) los equipos y líneas de producción quedan con altos índices de alcalinidad, por lo cual se hace necesaria una neutralización que no intervenga en la etapa posterior de desinfección. Debido a las condiciones de pH con las que debe contar el producto terminado los valores dentro de la línea no pueden presentar valores bajos de pH, por lo cual la neutralización se efectúa con agua en recirculación.

Etapas III – Desinfección: Una vez lograda la neutralización de la línea se efectúa la desinfección mediante una solución de un desinfectante comercial en agua fría. La concentración de los desinfectantes cumple con una concentración definida establecida por el departamento de control de calidad.

- **Descripción del enjuague de arrastre de producto:** Al terminar la producción de concentrado Cañaveral, es necesario arrastrar el producto remanente en las líneas desde el tanque de enfriamiento hasta el tanque de almacenamiento de producto terminado donde se efectúa una recuperación de parte de este producto. Dicha recuperación se lleva a cabo hasta una

consistencia (concentración) apta de reproceso. Las cantidades no recuperadas son vertidas como agua residual, la cual consiste en una dilución de producto con concentraciones variables durante el tiempo de descarga.

DESCRIPCIÓN DE OPERACIONES DE LAVADO Y DESINFECCIÓN EN CUARTO DE ENVASADO (BLOQUE - II)

Descripción de lavado convencional en cuarto de envasado (bloque II): Están comprendidos por los lavados manuales efectuados a la tubería de alimentación, el tanque de envasado, la máquina llenadora, la banda transportadora y el cuarto de envasado. Consisten en enjuague con agua caliente o fría, los cuales generan una descarga residual compuesta por diluciones de concentración variable del producto remanente en tanques, líneas y equipos (Producto no recuperado).

Descripción de lavados de recirculación en línea para el cuarto de envasado (bloque II): Los lavados de recirculación en línea para este bloque involucran el tanque de envasado y la máquina envasadora e inician una vez las líneas y equipos se encuentran libres de producto remanente en sus paredes. Son efectuados al comenzar y finalizar la jornada, siguiendo una rutina en la cual:

- Se carga el tanque de envasado con la cantidad de agua y agentes químicos de cada lavado.
- Se energiza el sistema de envasado para que la solución empleada en el lavado pase a través de los cilindros, mangueras y boquillas de la máquina envasadora.

Las etapas, agentes físico-químicos y finalidades se describen tal como sigue:

	Finalidad	Agentes Físico-químicos
Etapa I	Lavado preliminar	Agua caliente
Etapa II	Limpieza de superficies	Agua caliente + NaOH
Etapa III	Neutralización	Agua caliente
Etapa IV	Desinfección	Agua fría + Timsem

El lavado al finalizar la jornada debe cumplir estrictamente con las cuatro etapas. El lavado al comienzo de la jornada puede variar dependiendo del lapso de tiempo en el que se ha dejado de envasar (Al dejar de envasar por un día: Todas las etapas; Envasado continuo: Etapas I y IV).

DESCRIPCIÓN DE OPERACIONES DE LAVADO Y DESINFECCIÓN EN ZONA DE ALMACENAMIENTO (BLOQUE - III)

El bloque III está compuesto por cuatro tanques de almacenamiento de miel virgen. Una vez se termina la materia prima en un tanque, éste debe ser lavado y desinfectado. El lavado se limita a operaciones convencionales y se efectúa siguiendo una rutina de tres etapas:

	Finalidad	Agentes Físico-químicos
Etapa I	Enjuague preliminar	Agua fría
Etapa II	Limpieza de superficies	Agua fría + Detergente + NaClO
	Enjuague final	Agua fría
Etapa III	Desinfección	Aspersión de Timsen

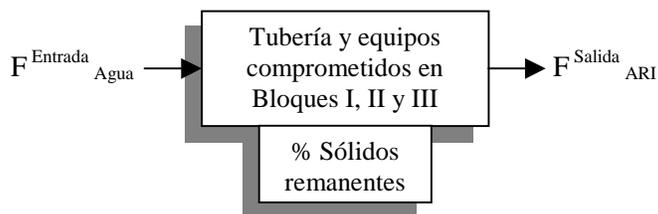
La zona de almacenamiento es sometida a un lavado adicional de características de recirculación en línea. Este lavado se efectúa cuando ningún tanque tiene miel virgen y su objetivo principal es el de mantener condiciones asépticas. Es un lavado programado (No tiene regularidad marcada) que debe efectuarse por lo menos una vez al mes. Su rutina se basa en cinco etapas (Cuatro enjuagues y una desinfección).

3.2.2.2 FORMULACIÓN Y RESOLUCIÓN DEL BALANCE EN OPERACIONES DE LAVADO Y DESINFECCIÓN.

El balance real en la línea Cañaveral es función de un seguimiento detallado de las operaciones, el cual presentó promedios aproximados de aguas de lavado, agentes químicos y otras sustancias (sólidos solubles y sedimentables). Partiendo de las relaciones del anexo V y de las ecuaciones del algoritmo de balance, se pueden resolver todas las variables consideradas en los bloques de proceso, envasado y zona de almacenamiento.

Para la interpretación de los balances es útil tener presente las siguientes consideraciones:

- El balance real para las operaciones de lavado convencional es similar en todos los bloques que involucran remoción de materias primas o productos elaborados (remanentes) de las superficies de tuberías, tanques o equipos. Cumplen con un diagrama de flujo dado por:



Donde los sólidos remanentes representan las capas de producto (Azúcares) adheridas las paredes y los sedimentos generados durante la producción. El flujo de agua residual se compone entonces de cantidades variables de sólidos solubles y sedimentables.

- El lavado en línea cumple con una rutina de limpieza, neutralización y desinfección. Sus diagramas de flujo varían según las tuberías y equipos involucrados en la recirculación. Algunos bloques presentan una serie de enjuagues preliminares que tienen por objeto barrer producto remanente en conducciones o tanques cerrados.

3.2.2.2.1 Balance real de lavado convencional en cuarto de proceso (Bloque I): El lavado convencional en el cuarto de producción involucra el efluente de las marmitas de cocción (entre batches y terminada la producción), y el efluente de la recirculación a la que son sometidos el intercambiador de calor, y el tanque de enfriamiento una vez terminada la producción. Los valores asignados a cada corriente, según el producto elaborado, se resumen en la tabla 3.6.

Consideraciones: 1) Los valores de la tabla 3.6 son el promedio de los reportes del Anexo V.

2) El agua residual se calcula en función de las concentraciones medidas de sólidos en el efluente

Tipo de Lavado	Equipos		Consumo de agua [Lt]	Sólidos solubles [° Brix]	Sólidos sedimentables [ml/ Lt - h]	Agua residual [Kg]	Temp [°C]
Producción de miel semiprocada							
Entre batches	Marmita	I -Enjuague	30	3.7	33.3	29.77	40
Finalización de Producción	Marmita	I - Enjuague	30	3.7	33.3	29.77	40
		Sist enfriamiento	I -Enjuague	250	5.5	10	426.42
		II -Enjuague	250	1.2	10	426.42	55
	Tanque de Almacenamiento	I -Enjuague	70	8.5	7	69.87	20
		II -Enjuague	50	---	---	49.91	20

Tipo de Lavado	Equipos		Consumo de agua [Lt]	Sólidos solubles [° Brix]	Sólidos sedimentables [ml/ Lt - h]	Agua residu [Kg]	Temp [°C]
Producción de concentrado Cañaveral							
Entre batches	Marmita	I -Enjuague	30	4.6	< 1	29.77	40
Producción	Sist enfriamiento	I -Enjuague	30	4.6	< 1	29.77	40
		II -Enjuague	250	11.6	< 1	426.42	55
		III-Enjuague	250	3.5	< 1	426.42	55

Tabla 3.6 Resumen del balance real de lavado convencional en cuarto de producción (Bloque I)

3.2.2.2 Balance real lavados de recirculación en línea para el cuarto de proceso (Bloque I):

Las adiciones de agua y agentes químicos para el enjuague de sanitización y el lavado general de línea (Incluyendo cambio de producción) se reúnen en la tabla 3.7.

Consideraciones: 1) Debido al estricto control de pH que se debe mantener en línea y equipos (ausencia de trazas ácidas), la neutralización se efectúa sin la adición de agentes ácidos.

2) El agua residual de los lavados de recirculación es función de la cantidad de agentes químicos.

3) Las etapas de enjuague preliminar y enjuague final no hacen parte de una rutina estricta de lavado, sin embargo son efectuadas eventualmente.

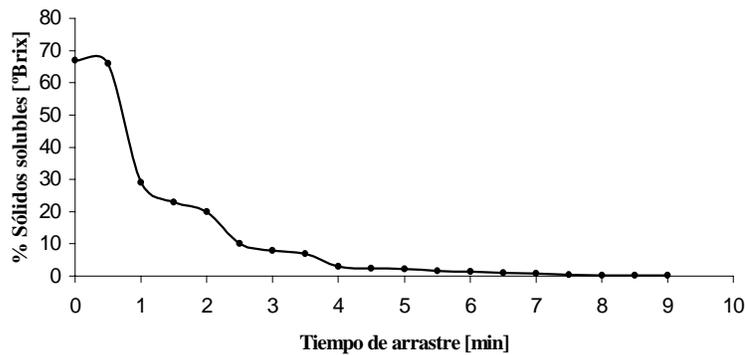
		Temp	PH	Sanitización	Lavado general (Cambio de producción)	
					Miel semiprocesada- Conc Cañaveral	Conc Cañaveral - miel semiprocesada
Enjuague Preliminar	Agua de lavado	94°C	7.0	250 Lt	250 Lt	250 Lt
	Agua residual	80°C	7.0	242.9 Kg	242.9 Kg	242.9 Kg
Limpieza	Agua de lavado	94°C	11	---	300 Lt	---
	Ag Químico NaOH	---	---	---	6 Kg	---
	Agua residual	80°C	11	---	297.5 Kg	---
Neutralización	Agua de lavado	94°C	7.0	---	675 Lt	---
	Ag Químico	---	---	---	---	---
	Agua residual	80°C	7.0	---	656 Kg	---
Desinfección	Agua de lavado	25°C	6.5	250 Lt	300 Lt	---
	Ag QuímicoTimsen	---	---	0.25 Kg	0.30 Kg	---
	Agua residual	25°C	6.5	249.3 Kg	299.4 Kg	---
Enjuague Final	Agua de lavado	25°C	7.0	250 Lt	250 Lt	250 Lt
	Agua residual	25°C	7.0	249.3 Kg	249.3 Kg	249.3 Kg

Tabla 3.7. Resumen de lavados de recirculación en línea para el cuarto de proceso (Bloque-I)

3.2.2.2.3 Balance real de lavado por arrastre de producto: El balance por arrastre de producto muestra la cantidad y calidad del efluente (recuperado y vertido) a partir de la cantidad de agua de arrastre y de la curva de concentración del efluente (Ver Anexo V). El agua residual del arrastre de producto está compuesta por una dilución de producto no recuperado que cumple con las siguientes características:

El agua de arrastre es de aproximadamente 800 Lt / operación, y el efluente tiene una curva de concentraciones (°Brix) dada por:

Tiempo [min]	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0
^a Brix	67	66	29	23	20	10	8	7	3	2.4	2.1	1.6	1.4	1.0	0.8	0.4	0.1	0.1	0.1



La cantidad de producto recuperado varía considerablemente, puesto que el criterio empleado por el supervisor es el de textura y cuerpo del producto en efluente (No se miden concentraciones). A partir de las observaciones en planta, el volumen y la concentración promedio de producto recuperado se acerca a los 50 Lt y 53 °Brix. Todo el producto no recuperado es vertido como efluente residual. Las características globales para este efluente de arrastre de producto cumplen con:

Agua residual Arrastre de producto: 750 Lt
 % Sólidos solubles: 5.4 °Brix

3.2.2.2.4 Balance real en lavado convencional de cuarto de envasado (Bloque II): El lavado convencional en el cuarto de envasado agrupa el enjuague de: tanque de envasado, superficial de la máquina envasadora, banda transportadora, tuberías y accesorios y del cuarto de envasado. Los resultados del balance se reúnen en la tabla 3.8

Consideraciones: 1) El agua residual del lavado convencional del tanque de envasado está compuesta por una dilución del producto adherido a las paredes (sólidos disueltos).

2) La variable "cuarto de proceso" reúne los consumos por lavados de tuberías, superficiales y de banda transportadora. No considera concentración de sólidos solubles ni sedimentables debido a sus despreciables proporciones en el efluente final.

		Consumo H ₂ O [Lt]	Sól solubles [° Brix]	Sól sedimentables [ml/ Lt - h]	Agua residual [Kg]	Temp [°C]
Tanque envasado	I -Enjuague	25	6	< 1	24.9	25
Cuarto proceso	I - Enjuague	150	---	---	149.6	25

Tabla 3.8 Resumen del balance real de lavado convencional en cuarto de envasado (Bloque II)

3.2.2.2.5 Balance real de lavados de recirculación en línea cuarto de envasado (Bloque II):

Este lavado comprende el tanque de envasado y la máquina envasadora. La rutina se lleva a cabo en cuatro etapas que pueden variar dependiendo de los días que se ha suspendido el envasado. Los resultados del balance se reúnen en la tabla 3.9

Consideraciones: 1) Los lavados en línea comienzan cuando la superficie del tanque de envasado se encuentra libre de sólidos adheridos (producto terminado).

2) El agua residual del enjuague preliminar está compuesta por cantidades variables de sólidos disueltos que quedan en las mangueras y boquillas de la máquina envasadora.

3) El agua residual de las demás etapas es resultado de la dilución de agentes químicos cargados.

Tipo de Lavado	Equipos	Consumo de agua [Lt]	Sólidos solubles [° Brix]	Sólidos sedimentables [ml/ Lt - h]	Agua residual [Kg]
Enjuague Preliminar	Tanque envasado I - Enjuague	60	17.9	< 1	58.1 85 °C

		Temp	PH	Sanitización	Lavado General Sistema de envasado
Limpieza	Agua de lavado	85°C	11	---	60 Lt
	Ag Químico NaOH	---	---	---	1.2 Kg
	Agua residual	78°C	11	---	59.6 Kg
Neutralización	Agua de lavado	85°C	7.0	---	120 Lt
	Ag Químico	---	---	---	---
	Agua residual	78°C	7.0	---	116.8 Kg

Desinfección	Agua de lavado	Amb	7.0	60	60
	Ag QuímicoTimsen	---	---	0.06 Kg	0.06 Kg
	Agua residual	Amb	7.0	59.8 Kg	59.8 Kg

Tabla 3.9 Resumen del balance real de lavado de recirculación en línea. Cuarto de envasado (Bloque II)

3.2.2.2.6 Balance real de lavado convencional de zona de almacenamiento (Bloque III): El resumen de los consumos de agua y efluentes en las operaciones de lavado de los tanques de almacenamiento de miel virgen se muestra en la tabla 3.10

Consideraciones: 1) El agua residual del enjuague inicial está compuesta por sólidos solubles (Azúcares), sedimentables y suspendidos de las mieles remanentes en paredes y pisos. El enjuague final del lavado convencional de tanques remueve los detergentes del lavado general

	Consumo [Lt agua / operación]	% Sólidos solubles [°Brix]
Enjuague inicial	120	25
Enjuague final	100	---

3.2.2.2.7 Balance real de lavado de recirculación en línea. Zona de almacenamiento: El resumen de las características de los efluentes en las operaciones de lavado de recirculación en línea para tanques de almacenamiento de miel virgen se muestra en la tabla 3.11

Consideraciones: 1) El agua residual de las etapas de enjuague está compuesta por sólidos solubles de la materia prima remanente (Azúcares).

2) El agua residual de la operación de desinfección es producto de la dilución de agentes químicos.

		Temperatura [°C]	Variables de lavado	% Solubles [°Brix]
Enjuague I	Agua de lavado	Amb	500 Lt	---
	Agua residual	Amb	498.5 Kg	40
Enjuague II	Agua de lavado	Amb	500 Lt	---
	Agua residual	Amb	498.5 Kg	30
Enjuague III	Agua de lavado	Amb	500 Lt	---
	Agua residual	Amb	498.5 Kg	15

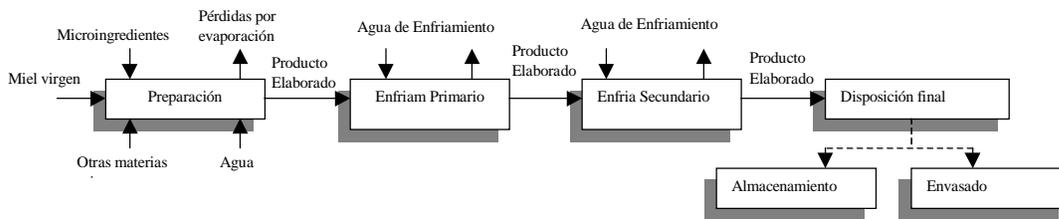
Desinfección	Agua de lavado	Amb	500 Lt	---
	Ag Químico Timsen	Amb	0.5 Kg	---
	Agua residual	Amb	499.1 Kg	5

Tabla 3.11 Resumen Balance real lavado de recirculación en línea en zona de almacenamiento.

3.2.3 RESUMEN DEL BALANCE REAL LÍNEA DE PRODUCCIÓN CAÑAVERAL

Las variables consideradas en las actividades de producción, lavado y desinfección se resumen en la tabla general de balance, en la cual se discriminan etapas, consumos y vertimientos manejados en la línea. La tabla de balance para la línea de concentrado Cañaveral se presenta a manera de hoja de cálculo, por lo cual permite la interpretación de la solución dada a los balances de materia partiendo de las relaciones de proceso (Ver Anexos V y VI). Las bases de cálculo para la solución de los balances durante producción son las cantidades de miel semiprocada [Kg] y concentrado Cañaveral [unidades en presentación de 600 y 1200 g]. Para las operaciones de limpieza y desinfección las bases de cálculo cumplen con los consumos aproximados por cada operación o jornada de producción.

DIAGRAMA DE FLUJO DURANTE PRODUCCIÓN Y ENVASADO



Relaciones de proceso

	Miel semiprocada	Concentrado Cañaveral
Relación microingredientes [% Peso]	2.3	0
Relación microing [Kg / Kg producto]	0	0.0453
Relación otros ingred [Kg / Kg miel virgen]	0	0.3486
Relación H2O dilución [Lt / Kg Producto]	0	0.0612
Relación H2O Ajuste [Lt / Kg Producto]	0	0.1607
% Pérdidas por evaporación	12	12

Relaciones adicionales de proceso

Densidad del agua de dilución a 2	0.998204	Kg / Lt
Densidad del agua de Ajuste a 80'	0.971799	Kg / Lt

DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD A PRODUCIR (Base de cálculo)

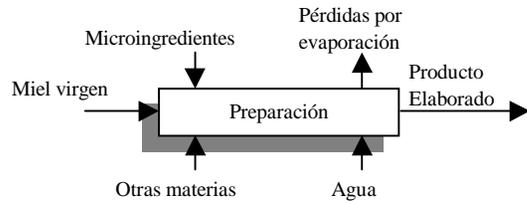
Producción de miel de mezcla

Peso
500 Kg

Prod miel semiprocada

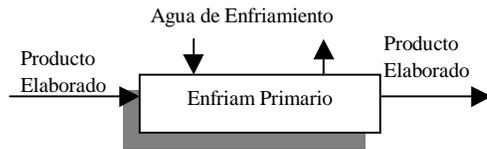
Unidades por
600 g 1200 g
1000 1000 Unidades

BALANCES DE MATERIA DURANTE PRODUCCIÓN



	Miel	Concentrado Cañaverl	
	semiprocada	x 600 g	x 1200 g
Miel virgen [Kg]	555.11	381.48	762.96
Otros ingredientes	0	132.98	265.97
Microingredientes	11.5	27.18	54.36
Agua dilución y ajuste [Lt]	0	133.14	266.28
Pérdidas por evaporación [Kg]	67.99	72	144
Producto elaborado [Kg]	500	600	1200

b) Operaciones unitarias de enfriamiento



Enfriamiento primario (Intercambiador de calor)

	Miel	Concentrado Cañaverl	
	semiprocada	x 600 g	x 1200 g
Producto elab caliente	500	600	1200
Producto elab frío	500	600	1200

Enfriamiento Secundario (Tanque de enfriamiento)

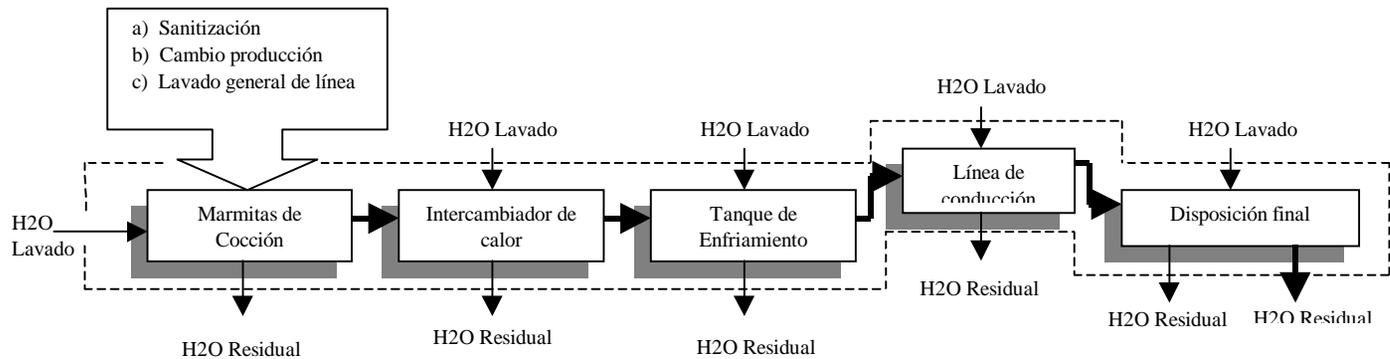
	Miel	Concentrado Cañaverl	
	semiprocada	x 600 g	x 1200 g
Producto elab caliente	500	600	1200
Producto elab frío	500	600	1200

c) En las operaciones de disposición final las cantidades producidas son iguales a las envasadas (Concentrado) y a las almacenadas (Miel de mezcla)

DIAGRAMA DE FLUJO EN OPERACIONES DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN

Las operaciones de limpieza y desinfección están divididas metodológicamente en lavados convencionales y en línea, los cuales se distribuyen según disposición en planta en tres bloques: cuarto de producción, cuarto de envasado y zona de almacenamiento

I - Bloque. Diagrama de flujo de lavados en etapa de producción



I - Bloque. Tabla de Lavado convencional de equipos y cuarto de producción

Tipo de lavado	Equipos		Producción de miel semiprocesada			Producción de concentrado Cañaveral				
			AFLUENTE	EFLUENTE		AFLUENTE	EFLUENTE			
			Consumo de H2O	Sól solubles	Sól sedimentable:	Agua residual	Consumo de H2O	Sól solubles	Sól sedimentable	Agua residual
[Lt]	[° Brix]	[ml / Lt - h]	[Kg]	[Lt]	[° Brix]	[ml / Lt - h]	[Kg]			
Entre Batches	Marmita	I- Enjuague	30	3.7	33.3	29.77	30	4.6	menor de 1	29.77
Finalización de Producción	Marmita Sist de enfriamiento	I- Enjuague	30	3.7	33.3	29.77	30	4.6	menor de 1	29.77
		I- Enjuague	250	5.5	10	246.42	250	11.6	menor de 1	246.42
		II - Enjuague	250	1.2	10	246.42	250	3.5	menor de 1	246.42
Tanques de Almacenamiento	Tanque miel de mezcla	I- Enjuague	70	8.5	7	69.87	---	---	---	---
		II - Enjuague	50	---	---	49.41	---	---	---	---

Lavado de recirculación en línea cuarto de producción (Bloque I)

				Sanitización	Cambio producción		Temperatura	pH
					miel semiproc	Cañaveral -	[°C]	
				- Cañaveral	miel semiproc			
Preliminar	Agua de lavado	[Lt]	250	250	250	94	7	
	Agua residual	[Kg]	242.9	242.9	242.9	80	7	
I - Limpieza	Agua de lavado	[Lt]	---	300	---	94	11	
	Ag Químico Na	[Kg]	---	6	---	80	11	
	Agua residual	[Kg]	---	297.5	---			
II - Neutralización	Agua de lavado	[Lt]	---	675	---	94	7	
	Ag Químico	[Kg]	---	---	---			
	Agua residual	[Kg]	---	656	---	80	7	
III - Desinfección	Agua de lavado	[Lt]	250	300	---	25	6.5	
	Ag Químico Ti	[Kg]	0.25	0.3	---	25		
	Agua residual	[Kg]	249.3	299.4	---		6.5	
Arrastre producto	Agua de lavado	[Lt]	250	250	250	25	7	
	Agua residual	[Kg]	249.3	249.3	249.3	25	7	

Lavado convencional en cuarto de envasado (Bloque II)

Equipos	Consumo de H2O	Sól solubles	Sól sedimentable	Agua residual
	[Lt]	[° Brix]	[ml / Lt - h]	[Kg]
Tanque de envasado	25	6	menor a 1	24.9
Cuarto de proceso	150	---	---	149.6

Lavado de recirculación en línea cuarto de Envasado (Bloque II)

		Sanitización	Lavado General	Temperatura [°C]	pH
I - Limpieza	Agua de lavado	---	60	85	11
	Ag Químico NaOH	---	1.2	---	---
	Agua residual	---	59.6	78	11
II - Neutralización	Agua de lavado	---	120	85	11
	Ag Químico	---	---	---	---
	Agua residual	---	116.8	78	11
III - Desinfección	Agua de lavado	60	60	25	7
	Ag Químico Timsen	0.06	0.06	---	---
	Agua residual	59.8	59.8	25	7

Lavado convencional de tanques de almacenamiento de miel virgen

Equipos	Consumo de H2O	Sól solubles	Sól sedimentable	H2O resid
	[Lt]	[° Brix]	[ml / Lt - h]	40
Enjuague inicial	120	25	menor a 1	118.4
Enjuague final	100	---	---	98.7

Lavado de recirculación en línea tanques de almacenamiento de miel virgen

		Lavado General	% solubles [Brix]	Temp [°C]
Enjuague I	Agua de lavado	500	---	25
	Agua residual	489.5	40	25
Enjuague II	Agua de lavado	500	---	25
	Agua residual	489.5	30	25
Enjuague III	Agua de lavado	500	---	25
	Agua residual	489.5	15	25
Desinfección	Agua de lavado	500	---	25
	Ag Químico Tin	0.5	---	---
	Agua residual	499.1	5	25

4. PUNTOS CRÍTICOS .

Identificación y relación de puntos críticos de consumo y generación de efluentes líquidos residuales

4.1	Identificación y relación de puntos críticos de consumo (PCC).....	4-1
4.1.1	<i>Identificación y relación de PCC Línea de Jugos.....</i>	4-1
4.1.1.1	<i>PCC en etapas de producción.....</i>	4-1
4.1.1.2	<i>PCC en operaciones de lavado y desinfección.....</i>	4-5
4.1.1.3	<i>PCC en operaciones de precalentamiento y enfriamiento de línea.....</i>	4-9
4.1.2	<i>Identificación y relación de PCC Línea de concentrado Cañaverál.....</i>	4-10
4.1.2.1	<i>PCC en etapas de producción.....</i>	4-10
4.1.2.2	<i>PCC en operaciones de lavado y desinfección.....</i>	4-11
4.2	Identificación y relación de puntos críticos de generación de Aguas residuales (PCGAR).....	4-12
4.2.1	<i>Identificación y relación de PCGAR Línea de Jugos.....</i>	4-14
4.2.1.1	<i>PCGAR en etapas de producción.....</i>	4-14
4.2.1.2	<i>PCAR en operaciones de lavado y desinfección.....</i>	4-18
4.2.1.3	<i>PCAR en operaciones de precalentamiento y enfriamiento de línea.....</i>	4-21
4.2.2	<i>Identificación y relación de PCAR Línea de concentrado Cañaverál.....</i>	4-21
4.2.2.1	<i>PCAR en operaciones de lavado y desinfección.....</i>	4-21

4.1 IDENTIFICACIÓN Y RELACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS DE CONSUMO (PCC)

Se debe entender como punto crítico de consumo (PCC) aquella etapa, procedimiento u operación susceptible a una disminución del consumo actual, mediante el fomento de manejos integrales del recurso y la intervención en líneas de proceso. Los criterios de selección de los PCC varían según la intervención del recurso (Producción, limpieza y desinfección) y tienen como punto de partida el balance real de aguas y algunas características de los afluentes considerados. Los criterios analizados para la identificación de los PCC en líneas de producción están reunidos en:

- Consumo de agua por unidad de producción [Lt H₂O / Lt - Kg Producto elaborado].
- Características de los afluentes considerados en etapas de producción, lavado y desinfección.
- Factibilidad de intervención en línea de proceso para cumplir con los objetivos de reducción.

La relación y justificación de los PCC en la empresa Alimentos Cañaveral se describe como sigue:

4.1.1 IDENTIFICACIÓN Y RELACIÓN DE PCC LÍNEA DE JUGOS

La identificación y relación de los PCC está ligada a la clasificación dada para el balance real en la línea de jugos, por lo cual ha de dividirse en etapas de producción y operaciones de lavado y desinfección (Convencionales y de recirculación en línea):

4.1.1.1 PCC EN ETAPAS DE PRODUCCIÓN LÍNEA DE JUGOS

Teniendo en cuenta que el número de etapas llevadas a cabo durante la producción depende de si las materias primas utilizadas son frutos cítricos (Todas las etapas) o pulpas concentradas (a partir de preparación), resulta conveniente dividir la identificación y relación de lo PCC en dos grupos, el primero de ellos constituido por las etapas de Selección, Extracción y refinación y el segundo por las etapas de preparación, clarificación, desaireado, homogenización y pasteurización..

PCC durante producción (Grupo I): Siguiendo con la metodología propuesta, el punto de partida lo constituye la tabla resumen del balance de aguas en etapas de producción (Tabla 4.1), en la cual se discriminan consumos y porcentajes reales de agua con relación a volúmenes procesados en batches típicos de producción.

4-2 Alimentos Cañaveral S.A

Tabla 4.1 TABLA DE CONSUMO DE AGUA DURANTE PRODUCCIÓN EN LÍNEA DE JUGOS (Batches típicos considerados)

	JC Naranja	Pulpa Naran	QS Naranja	QS Limón	R mora	QS mora	R mcuyá	QS mcuyá	Total
	Agua [Lt]	Agua [Lt]	Agua [Lt]	Agua [Lt]	Agua [Lt]	Agua [Lt]	Agua [Lt]	Agua [Lt]	Agua [Lt]
H2O Selección	275	468	264	-	-	-	-	-	2396
H2O Extracción	2184	3720	2102	11051	-	-	-	-	19057
H2O Clarificación	6	6	6	0	6	7	6	0	35
H2O Preparación Dilución	532	0	0	0	1177	0	1203	0	2912
H2O desaireación	611	509	776	1112	765	1030	765	0	5567
H2O Pasterización Homog	162	134	205	294	202	272	202	0	1471
Mezc 1	139	116	177	253	174	235	174	0	1268
Mezc 2	18.3	15.2	23.2	33.3	22.9	30.9	22.9	0.0	166.7
Total Agua de servicio y proces	3927	4968	3552	12743	2347	1575	2373	0	32874
Cantidad producida	1200	1000	1000	1000	1500	1000	1500	1000	-
Lt de agua / Lt jugo produc	3.27	4.97	3.55	12.74	1.56	1.57	1.58	-	-

Tabla 4.1-A RELACIÓN DE PORCENTAJES DE CONSUMO DURANTE PRODUCCIÓN EN LÍNEA DE JUGOS

	JC Naranja	Pulpa Naran	QS Naranja	QS Limón					
% H2O en Selección	11.17	11.17	11.17	-					
% H2O en Extracción	88.83	88.83	88.83	100.00					
	JC Naranja	Pulpa Naran	QS Naranja	QS Limón	R mora	QS mora	R mcuyá	QS mcuyá	Total
% H2O en Selección	6.99	9.41	7.44	-					7.29
% H2O en Extracción	55.63	74.88	59.16	86.72					57.97
% H2O en Clarificación	0.14	0.12	0.16	0.00	0.25	0.42	0.24		0.11
% H2O en Preparación	13.55	0.00	0.00	0.00	50.16	0.00	50.71		8.86
% H2O en Desaireación	15.56	10.24	21.84	8.72	32.58	65.42	32.23		16.93
% H2O en Homogenización	4.11	2.71	5.77	2.31	8.61	17.29	8.52		4.48
% H2O en Mezclador 1	3.55	2.33	4.98	1.99	7.42	14.91	7.34		3.86
% H2O en Mezclador 2	0.47	0.31	0.65	0.26	0.98	1.96	0.97		0.51
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	0	100

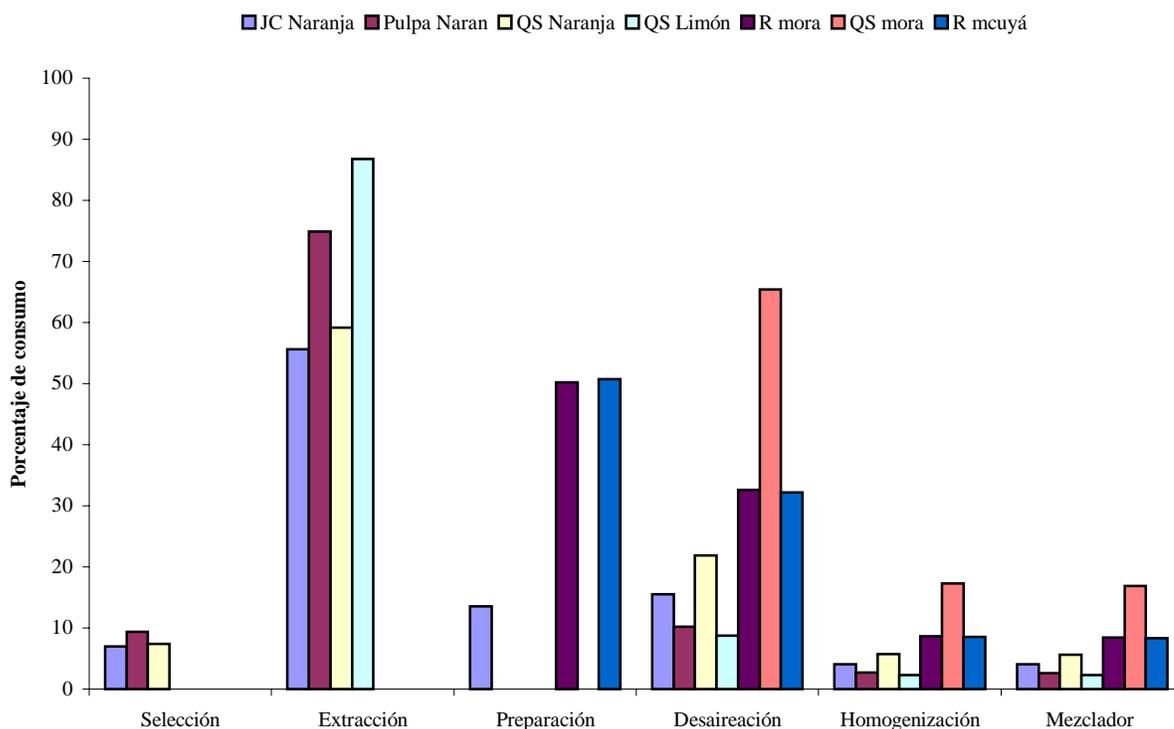


Figura 4.1 La figura anterior es la representación gráfica de la tabla 4.1. No tiene en cuenta el porcentaje de consumo por clarificación (Por sus bajos porcentajes), además el porcentaje de consumo por el mezclador está representado por la suma de las dos descargas (Mez 1 y Mez 2).

De la tabla 4.1, los porcentajes de consumo en el grupo I (selección, extracción) de producción son:

	SELECCIÓN		EXTRACCIÓN	
	% H ₂ O I - Grupo	% H ₂ O Global	% H ₂ O I - Grupo	% H ₂ O Global
JC Naranja	11.18	6.99	88.82	55.63
Pulpa Naranja	11.17	9.41	88.83	74.88
QS Naranja	11.16	7.44	88.84	59.16
QS Limón	---	---	100	86.72

Para una mejor interpretación, la tabla presenta dos porcentajes de consumo para cada etapa. Para el porcentaje de agua Global, el 100% del consumo equivale a la suma de todas las etapas de producción, mientras para porcentaje agua por el primer grupo equivale al consumo por selección y extracción. La identificación y relación de los PCC en este primer grupo obedece a las siguientes consideraciones:

PCC 1 etapa de selección:

- Los porcentajes de consumo de agua referidos a las actividades del primer grupo (11.17 %) y a las actividades globales de producción (7.95 %) son considerables, si se tiene en cuenta que el afluyente presenta posibilidades de sustitución. La intervención de la etapa permitiría una reducción total del consumo de agua, disminuyendo un aporte innecesario de agua residual.
- Luego de servida no sufre ninguna alteración físico-química apreciable que aumente su grado de contaminación, por lo cual resulta conveniente determinar una posible reutilización.
- El consumo de agua empleada para esta actividad (Lubricación) puede verse satisfecho por agua limpia que permanezca lubricando durante varios ciclos.

PCC 2 etapa de Extracción:

- Los porcentajes de consumo de agua por extracción son los más altos, adquiriendo valores superiores al 50% del consumo global en todos los productos elaborados.
- Al intervenir las salidas del equipo en las que se mezclan el agua de servicio con los sólidos de extracción (Semillas, membranas y cáscaras), la cantidad de agua empleada en esta actividad (Lubricación, refrigeración y arrastre de sólidos) puede someterse a una recirculación que disminuya la relación actual de consumo de agua por litro de jugo procesado.
- Debido al caudal de operación (17.58 Lt/min), el consumo de agua durante fallas operacionales en el sistema debe ser considerado como una pérdida apreciable (Atascamiento o mala disposición de frutos).

Los porcentajes de consumo para el segundo grupo de producción (Preparación, clarificación, desaireación, homogenización y pasteurización) son igualmente tomados de la tabla 4.1. En resumen, los porcentajes, identificación y relación están dados por:

	Preparación [% H ₂ O _{Consu}]	Clarificación [% H ₂ O _{Consu}]	Desaireado [% H ₂ O _{Consu}]	Homogenización [% H ₂ O _{Consu}]	Pasteurización [% H ₂ O _{Consu}]	Suma D-H-P
JC Naranja	13.55	0.14	15.56	4.11	4.02	23.69
Pulpa Naran	---	0.12	10.24	2.71	2.64	15.69
QS Naranja	---	0.16	21.84	5.77	5.53	33.14
QS Limón	---		8.72	2.31	2.25	13.28
R Mora	50.16	0.25	32.58	8.61	8.40	49.59
QS Mora	---	0.42	65.42	17.29	16.87	99.58
R Mcyá	50.71	0.24	32.23	8.52	8.31	49.06
QS Mcyá						

PCC 3 etapa de Clarificación:

- Aunque los porcentajes de consumo no son lo suficientemente representativos (Entre el 0.12 y el 0.42 %) , es importante tener en cuenta que al sumar los efluentes de lubricación y descarga (aproximadamente 6 Lt / Batch) durante una jornada laboral normal (con producciones de 3 a 5 Batches) se puede reunir una cantidad de agua que supliría una necesidad de consumo mínimo, evitando una descarga como agua residual sin haberle dado una reutilización.

PCC etapas de (4) Desaireación, (5) Homogenización, (6) Pasteurización:

- La finalidad del consumo en estas etapas se limita al servicio de los equipos involucrados, los cuales no presentan contacto entre los fluidos de servicio (Agua) y proceso (Jugo procesado).
- El porcentaje de consumo global por servicio en estas tres etapas presenta valores entre 13.28 y 99.58 % , lo cual debe ser interpretado como un alto consumo susceptible a ser disminuido mediante una intervención de líneas y equipos.
- El agua alimentada es de primera calidad y por sus condiciones en el efluente, no muestra problemáticas aparentes para ser reutilizada repetidamente (recirculación) o en otras actividades posteriores que determinen un consumo de iguales cantidades.
- Los caudales de servicio pueden ser disminuidos (Caudales mínimos permisibles), siempre y cuando se asegure el correcto funcionamiento de los equipos.
- El volumen y la temperatura en la descarga de la etapa de pasteurización (79°C) deben ser tenidos en cuenta como variables importantes de aprovechamiento energético.

4.1.1.2 PCC EN OPERACIONES DE LAVADO Y DESINFECCIÓN LÍNEA DE JUGOS

La identificación y relación de los PCC de agua por operaciones de lavado y desinfección se encuentra dividido en lavados convencionales y de recirculación en línea (sanitización, cambio de producto, lavado general). Partiendo de la tabla resumen de consumos y porcentajes (Tabla 4.2), la determinación de los PCC está dada por:

Tabla 4.2 TABLA DE CONSUMO DE AGUA DURANTE OPERACIONES DE LAVADO Y DESINFECCIÓN**I - LAVADO CONVENCIONAL DE LÍNEA****Bloque - I (Selección, extracción)**

	Agua [Lt]	Porcentaje
Lavado de Extractora	205.42	16%
Lavado de Finishser	128.39	10%
Lavado de Sinfín	154.07	12%
Lavado de Tina recepción	128.39	10%
Lavado pisos Zona Extracción	665.58	52%
Total Agua lavado convenc	1281.85	100%

II - LAVADO DE RECIRCULACIÓN EN LÍNEA

	Agua [Lt]	Porcentaje
Enjuague Sanitización	560	20%
Enjuague Cambio de producto	560	20%
Lavado General Etapa I	560	20%
Etapa II	560	20%
Etapa III	560	20%
Agua lavados en línea de prod	2800	100%

Número de operarios en lavados adicionales 2

	Timbos	Canecas	Canastillas
% H2O Enjuague inicial	9%	27%	17%
% H2O durante enjabonada	13%	45%	67%
% H2O Enjuague final	9%	27%	17%
% H2O Lavado interno	69%	---	---
% Total	100%	100%	100%

Bloque-II (Preparación, desaireación, homogenización y pasteurización)

	Agua [Lt]	Porcentaje
Lavado tanque preparación	94.91	16%
Lavado tanque clarificado	94.91	16%
Lavado tanque de balance	71.18	12%
Lavado tanque de envasado	94.91	16%
Lavado Zona Pasteurización	237.27	40%
Agua lavado conv Bloque II	593.18	100%

III - LAVADOS ADICIONALES *

	Timbos	Canecas	Canastillas
H2O Enjuague inicial	2.75	2.75	2.75
H2O durante enjabonada	8.25	9.17	22
H2O Enjuague final	2.75	2.75	2.75
H2O Lavado interno	21	---	---
Total Agua lavado adicional	34.75	14.67	27.50

Número de operarios en lavados adicionales 3

	Timbos	Canecas	Canastillas
% H2O Enjuague inicial	9%	32%	21%
% H2O durante enjabonada	9%	36%	57%
% H2O Enjuague final	9%	32%	21%
% H2O Lavado interno	72%	---	---
% Total	100%	100%	100%

* Los consumos de agua por lavados adicionales varían según el número de operarios dispuestos para esta actividad, por esta razón la tabla resumen presenta el volumen en litros cuando la actividad es desarrollada por un solo operario y los porcentajes de consumo corregidos para cuando se desarrolla por dos o más

4.1.1.2.1 PCC operaciones de lavado de recirculación en línea de Jugos:

PCC en (7) lavado general de línea y (8) enjuague de sanitización línea de jugos

Los dos lavados considerados tienen la particularidad de efectuar una mezcla de agua y agentes químicos para cumplir con los fines propuestos para la limpieza y desinfección, de allí que:

- La intervención de estas operaciones con fines de disminución se dificulta debido a que los volúmenes de agua empleados deben cubrir completamente los perímetros de tubería por donde circulan y las alturas medias de producción dentro de tanques y equipos.
- El consumo de agua representa un valor constante en función de la rutina empleada, por lo cual estos lavados siempre generarán un costo fijo que debe mantener estandarizado.
- Los volúmenes de agua para una correcta disposición del lavado pueden verse incrementados ante la necesidad de efectuar más de un paso por línea. (Dos o más lavados). Para minimizar riesgos de contaminación es prudente efectuar una relación entre las rutinas y concentraciones de lavado con las posibles alteraciones microbiológicas sufridas por la línea.

PCC 9 operación de enjuague por cambio de producto en línea de Jugos.

El enjuague por cambio de producto sucede cuando se preparan dos o más jugos de características diferentes (materias primas) en una misma jornada. De este enjuague podemos considerar

- El enjuague se efectúa con un volumen determinado de agua limpia a alta temperatura (560 Lt).
- La reducción del consumo de agua se limita a la programación de la producción.

4.1.1.2.2 PCC operaciones de lavado convencional en línea de Jugos

PCC 10 operación lavado convencional de cuartos y equipos en línea de jugos

Para las operaciones de lavado convencional es muy útil separar el lavado de cuartos y equipos en los grupos considerados durante la producción. El primer grupo involucra el lavado convencional de la extractora, tornillo sinfín, Finisher, tina de recepción y zona de extracción. El segundo grupo reúne los tanques de preparación, clarificación, balance y envasado, así como las paredes y pisos de la zona de pasteurización.

Consumos de agua por lavado convencional de cuartos y equipos empleados en producción (Grupo I).

	Extractora	Tornillo sinfín	Finisher	Tina recepción	Pisos zona de extracción
Diámetro Toma de agua [cm]	2.5	2.5	2.0	2.0	2.5
Caudal Prom Lavado [Lt / min]	25.678	25.678	25.678	25.678	110.93
Tiempo Prom Lavado [min]	8	5	6	5	6
Consumo Prom Lavado [Lt]	205.42	154.07	128.39	128.39	665.58
Porcentaje Agua de lavado	16%	10%	12%	10%	52%

A partir de la tabla de consumos se puede concluir de manera general que:

- Las tomas de agua para el lavado de los equipos presentan grandes diámetros que dificultan el manejo de caudales constantes y moderados por parte de los operarios.
- El finisher y la tina de recepción no necesitan de un caudal tan elevado para su lavado.
- Los caudales manejados hacen que los consumos innecesarios por tiempos muertos representen cifras considerables (mientras la llave permanece abierta) durante desplazamiento de operarios y de elementos dentro del cuarto de proceso, apertura y cierre de válvulas entre otros.
- Los residuos sólidos que caen al piso durante la extracción, presentan una alta dispersión que incrementa los desplazamientos del operario durante el lavado de pisos, lo cual a su vez aumenta considerablemente el consumo de agua para el enjuague de pisos.
- La forma de barrer los residuos sólidos de la extracción (por arrastre con altos caudales de agua a presión) no es adecuada, puesto que la relación superficie volumen y la rugosidad de membranas y semillas aumentan su adherencia al piso.
- El agua utilizada en el lavado de pisos puede ser fácilmente reemplazada por una de menor calidad que haya sido utilizada en otra etapa, disminuyendo la utilización de agua potable.
- Un manejo integral del recurso (concientización y capacitación de operarios) aseguraría una marcada reducción debido a las posibles optimizaciones del lavado.

Los lavados de cuarto y equipos involucrados en el segundo bloque de producción se describen en la siguiente tabla de consumos:

Consumos de agua por lavado convencional de cuartos y equipos empleados en producción (Grupo II).

	Tanque de preparación	Tanque de clarificado	Tanque de balance	Tanque de Envasado	Pisos zona de pasteurización
Diámetro Toma de agua	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Caudal Prom Lavado [Lt / min]	47.454	47.454	47.454	47.454	47.454
Tiempo Prom Lavado [min]	2	2	1.5	2	5
Consumo Prom Lavado [Lt]	94.91	94.41	71.18	94.41	237.27
Porcentaje	16%	16%	12%	16%	40%

El lavado convencional de los equipos del segundo grupo presenta las siguientes consideraciones

- El manejo de altos caudales incrementa consumos innecesarios por tiempos muertos durante desplazamiento de operarios, manipulación de empaques y tuberías entre otros.
- Es muy necesario puesto que en los lavados posteriores (limpieza y desinfección) se debe partir de superficies libres de producto remanente.
- Los valores de consumo, reportados en la tabla, pueden verse incrementados cuando se preparan concentrados azucarados o cuando por condiciones de operación (Tanques llenos o fallas técnicas) se aumentan los tiempos de retención de producto (adherencia de concentrados).
- El agua utilizada en el lavado de pisos puede ser fácilmente reemplazada por una de menor calidad que haya sido utilizada en una etapa anterior
- Un manejo integral del recurso en la etapa aseguraría una marcada del consumo al tener en cuenta las posibles optimizaciones aplicables a tiempos y caudales mínimos.

PCC 11 operación de lavados adicionales en línea de Jugos

Las consideraciones a las cuales se somete este lavado se reúnen en:

- Resulta conveniente evaluar la eficiencia del mecanismo de lavado efectuado actualmente (Tiempos de operación, consumos).
- La falta de mecanismos de control de caudal a la salida de las mangueras (puesto que las llaves permanecen abiertas) hace que los porcentajes de consumo innecesario durante la actividad de enjabonada sean considerables.
- La disminución del consumo en función del número operarios se debe exclusivamente al agua que se pierde durante la enjabonada. La implementación de un método físico de control de caudal haría que el consumo de agua fuese independiente del número de operarios
- El consumo global presenta grandes posibilidades de reducción mediante la estandarización de tiempos y caudales de lavado.

4.1.1.3 PCC EN OPERACIONES PRECALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO DE LÍNEA

Para la interpretación de los consumos en estas operaciones, se referencia la tabla resumen del balance real de aguas.

	Precalentamiento		Enfriamiento	
	Generalidades del consumo	Agua [Lt] Precalentamiento	Generalidades del consumo	Agua [Lt] Enfriamiento
Caudales de servicio: Pasteurizador a:	175 Lt / h	58.3 Lt	30.21 Lt / min	241.67 Lt
Pasteurizador b:	23 Lt / h	7.67 Lt	---	---
Homogenizador:	203 Lt / h	67.7 Lt	---	---
Agua de recirculación:	300 Lt	300 Lt	---	300 Lt
Tiempo de operación:	20 min	---	8 min	---
	Total	433.67 Lt	Total	541.67 Lt

PCC operaciones de (12) Precalentamiento y (13) Enfriamiento de línea de Jugos.

- El agua de recirculación alimentada es de primera calidad. Una vez servida es vertida en el canal de desagüe sin ninguna contaminación apreciable puesto que la línea ya ha sido sometida al enjuague de sanitización.
- El agua de servicio de los equipos involucrados en el precalentamiento de la línea (Homogenizador y pasteurizador) representa un consumo diario constante de 975.34 lt que no sufre ningún aprovechamiento luego de ser utilizado.
- El consumo de agua por el pasteurizador genera un efluente limpio a alta temperatura (79°C) el cual representa una descarga energética que puede ser aprovechada.

4.1.2 IDENTIFICACIÓN Y RELACIÓN DE PCC LÍNEA DE CAÑAVERAL

De acuerdo con la clasificación efectuada a los balances de aguas en la línea de concentrado Cañaveral, los consumos más representativos se determinan a partir de las etapas de producción, lavado y desinfección (Para detalles ver pág 3-36 a 3-44). La determinación de PCC se divide en:

4.1.2.1 PCC EN ETAPAS DE PRODUCCIÓN LÍNEA CAÑAVERAL

Durante las etapas de producción en la línea no se consideran PCC debido a las características del consumo de agua, según las cuales:

- Las cantidades de agua por enjuagues ocasionales son despreciables.
- El consumo se limita al acondicionamiento del producto terminado (Ajuste y dilución), por lo cual no se presenta posibilidad alguna de disminución.

4.1.2.1 PCC EN OPERACIONES DE LAVADO Y DESINFECCIÓN LÍNEA CAÑAVERAL

La consideración de los PCC de agua en las operaciones de limpieza y desinfección de la línea Cañaveral tiene como punto de partida la clasificación efectuada por el balance real, según el cual se identifican dos tipos de lavado (Convencional y de recirculación en línea) distribuidos en tres bloques (Proceso, envasado y zona de almacenamiento):

PCC operaciones de lavado convencional línea cañaveral: Las implicaciones de lavado convencional pueden hacerse efectivas para los tres bloques, de tal manera que:

PCC (14) Lavado convencional en cuarto de producción:

- Las mangueras del cuarto de envasado no tienen una presión adecuada para los fines de lavado interno de equipos (Marmitas y tanques), lo cual implica un mayor consumo cuando se pretende cumplir con este propósito.
- La temperatura de salida en la manguera del agua de lavado en el cuarto de proceso (Ambiente), dificulta un poco el desprendimiento del producto adherido a las paredes, razón por la cual se ve incrementado el consumo.

PCC (15) Lavado convencional en cuarto de envasado:

- La falta de dispositivos de control y la distancia entre la válvula de control de la manguera empleada para el lavado favorecen los consumos innecesarios en el cuarto de envasado debido a desplazamientos y tiempos muertos con la llave abierta
- En el momento del lavado convencional del cuarto de envasado, el consumo se ve incrementado debido a la viscosidad del producto que se pueda encontrar en las paredes o el suelo debido a derrames. Se debe considerar como PCC pues este método no es adecuado para barrer mieles.

PCC (16) Lavado convencional en Zona de almacenamiento:

- El lavado convencional de los tanques de almacenamiento de materias primas ha de considerarse como un PCC debido a que las mangueras empleadas para tal fin no tienen dispositivos de control de caudal que incrementen la presión necesaria para el lavado de tanques de esa magnitud (Capacidad para 30000 Lt Aprox).

- La distancia de la válvula de donde se controla el caudal en la manguera hasta los tanques de almacenamiento (3-15 m dependiendo el tanque) no permite un control adecuado durante el lavado e incrementa consumos innecesarios durante desplazamientos y disposición de los operarios dentro y fuera de los tanques.

PCC (17) Lavado de recirculación en línea de concentrado cañaveral:

- La intervención de estas operaciones con fines de disminución se dificulta debido a que los volúmenes de agua empleados deben cubrir completamente los perímetros de tubería por donde circulan y las alturas medias de producción dentro de tanques y equipos.
- El consumo de agua representa un valor constante en función de la rutina empleada, por lo cual estos lavados siempre generarán un costo fijo que debe mantener estandarizado.
- El producto a barrer tiene una alta adherencia en función de la temperatura, por lo cual el consumo de agua puede verse incrementado dependiendo de la temperatura de las superficies.
- La etapa de neutralización se efectúa sin ningún agente químico ácido que contrarreste la acción básica de la etapa anterior. Debido a esta ausencia de agentes químicos ácidos, los consumos de agua para la neutralización pueden ser entre 2 y 2.5 veces los empleados para la dilución del NaOH en la etapa de limpieza.

Agua de neutralización: Zona de proceso: 600 - 750 Lt de agua / marmita - Lavado

Zona de envasado: 120 - 150 Lt de agua / Lavado

4.2 IDENTIFICACIÓN Y RELACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS DE GENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES (PCAR)

Se debe entender como punto crítico de generación de Aguas residuales (PCAR) aquella etapa, procedimiento u operación en la cual exista una degradación de las características fisicoquímicas del agua vertida como efluente líquido residual, la cual pueda llegar a ser intervenida para efectos de reducción en el volumen y concentración de agentes contaminantes.

Para entender más adecuadamente los apartes de la identificación y relación de puntos críticos de generación de aguas residuales (PCAR) es indispensable efectuar una descripción general de la química de contaminantes presentes en las aguas residuales de características similares a las de la

empresa (Agroindustriales y de procesamiento de alimentos), por lo cual para efectos de apoyo bibliográfico hemos de considerar:

Las industrias agroindustriales se caracterizan por el consumo de fuertes volúmenes de agua y por la elevada carga contaminante, básicamente orgánica, y a veces mineral, de sus vertidos. Los agentes contaminantes pueden ser agrupados en función de su naturaleza y según sus características. En primer lugar encontramos gran cantidad de compuestos orgánicos solubles que pueden disolverse en agua. La importancia de controlar estas sustancias radica en que debido a su naturaleza, son oxidadas por procesos biológicos en presencia de microorganismos. Esta oxidación se traduce en una disminución del oxígeno libre disuelto que puede destruir la fauna acuática si llega unos límites mínimos. Este tipo de contaminación se determina mediante la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), en función de la cual se hará necesario adoptar un determinado sistema de tratamiento. Casi siempre, aparte de tener una DBO elevada, la fracción correspondiente a los sólidos en suspensión es considerable. Además otra parte no despreciable y difícil de evaluar se presenta en forma coloidal.

Otro grupo de agentes contaminantes de gran importancia es el formado por las sustancias ácidas o alcalinas. Su presencia tiene como consecuencia directa la alteración del pH del medio. Esto es especialmente importante por su incidencia sobre los microorganismos del agua, pues éstos solo pueden desarrollarse y llevar a cabo sus funciones de degradación dentro de un intervalo de pH determinado. El empleo de ácidos, bases y sales hidrolizables en la industria es muy corriente y cumple objetivos diversos.

En menor grado encontramos la contaminación producida por los nutrientes vegetales, de los que son básicos los compuestos de nitrógeno y fósforo.

Otro factor característico de los vertidos de muchas de estas industrias es la irregularidad, tanto en su composición como en la concentración de contaminantes. Las aguas residuales de las industrias agroalimentarias suelen ser especializadas, en función de la materia prima y del proceso de tratamiento que se le aplique [7]

Partiendo del marco conceptual expuesto, los puntos críticos de generación de aguas residuales en la línea de jugos fueron determinados teniendo como lineamientos principales: El balance real de materia (operaciones susceptibles a un análisis cuantitativo de sustancias contaminantes) y una serie

de consideraciones teóricas que identifican los agentes contaminantes presentes en el residuo a considerar (análisis cualitativo de sustancias contaminantes). Los criterios de selección de los PCAR están dados por:

- Relación de cantidades y características de los agentes contaminantes en las etapas, procedimientos u operaciones completamente especificadas por el balance de materia.
- Identificación y relación teórica de agentes contaminantes según características del efluente.
- Posibilidad de intervención para una disminución en concentración y volumen de agentes contaminantes

Las determinaciones para cada línea de producción se reúnen en:

4.2.1 IDENTIFICACIÓN Y RELACIÓN DE PCGAR LÍNEA DE JUGOS

Las industrias alimenticias tienen la particularidad de producir cantidades considerables de residuos sólidos y líquidos durante sus actividades normales de producción. De manera particular, en la línea de jugos existe gran variedad de residuos sólidos, que podrían generar beneficios adicionales para la empresa mediante un tratamiento de recuperación o reutilización [13]. Por otra parte, los principales agentes contaminantes de las aguas residuales de la línea de jugos se reúnen en:

- Residuos sólidos que por cualquier motivo acompañen las aguas residuales generadas durante la producción, lavado y desinfección. Están compuestos principalmente por sólidos no evacuados a la tolva de extracción (semillas, membranas y otros) y residuos de clarificación (debido a descargas del equipo).
- Sustancias orgánicas e inorgánicas (solubles o no) arrastradas por la corriente líquida de agua residual durante su trayecto por equipos y canales de desagüe. Se pueden incluir además las sustancias disueltas (carbohidratos) propias de los derrames ocasionales de producto.

4.2.1.1 PCGAR Y PCGRS DURANTE PRODUCCIÓN LÍNEA DE JUGOS.

PCAR en etapa de Selección:

En las aguas residuales de la etapa de selección existen agentes contaminantes producidos por las operaciones de lubricación de bandas y enjuague de frutos frescos. Los agentes contaminantes

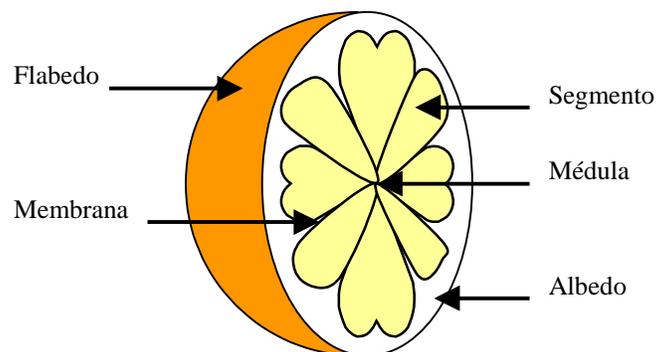
considerados son residuos sólidos (hojas y tallos), sólidos solubles y sólidos sedimentables (Arena y tierra). Aunque las concentraciones de agentes contaminantes son mínimas, la etapa de selección es considerada como un PCAR debido al volumen de agua residual vertido a la cámara de recepción.

PCAR en etapa de Extracción:

La generación de agentes contaminantes en la etapa de extracción es función de la finalidad de la etapa (separar el jugo de las otras partes del fruto) y del funcionamiento del equipo (Extractor). Para entender la consideración de esta etapa como un PCGAR, se presenta a continuación una breve descripción teórica de los principales componentes físicoquímicos de los frutos sometidos a extracción, así como la disposición del equipo de extracción, de manera que sea posible identificar cualitativamente la carga contaminante presente en el agua de servicio de esta etapa.

Disposición físicoquímica de frutos maduros sometidos a extracción.

La estructura de los cítricos exprimidos (Naranja y Limón) obedecen a:



La descripción física de los frutos consiste en una corteza (cáscara), compuesta por una porción exterior coloreada (flavedo) y otra interior (albedo), que sirve como recubrimiento de la pulpa interna. La pulpa contiene una serie de segmentos (carpelos, lóculos) distribuidos alrededor de una suave cubierta medular (núcleo) formando los ejes centrales de la fruta. Cada segmento está rodeado por una delgada pared de tejido de origen epidérmico (membrana intercarpelar, pared locular). Dentro de cada segmento se encuentran además, adheridos a las paredes, los sacos que contienen el jugo (compactados en forma de vesículas) y una cantidad variable de semillas en puntos medios de las membranas intercarpelares [14]. Dentro de las sustancias químicas presentes en los frutos cítricos maduros se cuentan los aceites esenciales (aceites volátiles constituidos por

mezcla de terpenos, alcoholes superiores, aldehidos, cetonas, ceras y esterres entre otros [13]) contenidos en numerosas vesículas fácilmente rompibles en las diversas capas epidérmicas de la cáscara, incluyendo el flavedo. Como sustancias responsables de la amargura en la producción de jugos se encuentran ácidos y polisacáridos, localizados principalmente en las membranas intercarpelares, cúmulos vasculares, médulas esponjosas y tejidos internos de la corteza (albedo). Las semillas también contienen sustancias intensamente amargas como el limonin. Entre otras sustancias se encuentran las enzimas pectídicas presentes en grandes cantidades en la corteza interna y las enzimas oxidativas (peroxidasa) presentes en los cúmulos vasculares de la corteza [4]. En la pulpa del fruto cítrico es posible encontrar cantidades representativas de carbohidratos solubles (azúcares), carbohidratos insolubles (polisacáridos), vitaminas y en menor cantidad grasas y proteínas entre otros. [13] Es importante aclarar que la composición fisicoquímica de los frutos cítricos maduros varía considerablemente con el tipo de fruta y las condiciones de crecimiento, maduración y recolección entre otros. De lo anterior, y para tener un estimativo útil de las posibles composiciones de los frutos procesados por la empresa se referencia la siguiente caracterización:

La composición fisicoquímica de las naranjas tipo Valencia [14]

Físicas		Químicas	
Componente	Porcentaje	Componente	Porcentaje
Jugo.....	40-45	Agua.	86-92
Flavedo (Corteza externa)...	8-10	Azúcares.....	5-8
Albedo (Corteza interna)....	15-30	Pectina.....	1-2
Membrana y pulpa.....	20-30	Glycósidos.....	0.1-1.5
Semillas.....	0-4	Pentosas	0.8-1.2
		Acidos (Esencialmente cítrico)..	0.7-1.5
		Fibra.....	0.6-0.9
		Proteína.....	0.6-0.8
		Grasas.....	0.2-0.5
		Aceites esenciales.....	0.2-0.5
		Minerales.....	0.5-0.9

Continuando con la ilustración se referencia a continuación el mecanismo de extracción y la forma en la que puede contribuir con la generación de agentes contaminantes del agua residual.

Mecanismo de extracción de frutos cítricos

Durante la extracción, la máquina comprime los frutos de tal forma que se rompen las cápsulas de aceites esenciales dispuestas en la parte externa de la corteza del fruto. Debido a que el agua de lubricación y refrigeración permanece en contacto con la zona de extracción, arrastra gran cantidad

de este aceite generando un emulsión de tonalidad amarilla que finalmente se dispone por gravedad en el canal de aguas residuales. La descarga residual se compone además por los residuos sólidos que la corriente de agua pueda arrastrar durante su contacto con las cáscaras, semillas y restos de membranas en la bandeja de recolección de residuos. Las cáscaras son evacuadas de la zona de extracción mediante un sistema de cuchillas, mientras que las semillas y restos de fruto son expulsadas a presión de los cilindros de extracción. [13]

Dentro de los factores más importantes para la consideración de la etapa de extracción como un PCAR se pueden citar:

- La emulsión de aceites esenciales que arrastra a la corriente residual.
- Los sólidos suspendidos, solubles y sedimentables que arrastra tras su contacto con los residuos de la máquina y los cilindros de extracción, así como con las cáscaras de la tolva de extracción.
- El volumen implicado en la operación de extracción es considerable y puede ser reutilizado mediante una intervención del equipo en la zona en la que son mezclados los residuos.

PCAR en etapa de Refinación:

No es posible identificar PCAR en la etapa de refinación, puesto que durante la producción no se generan aguas residuales, sin embargo la generación de residuos sólidos amerita un comentario acerca de los posibles alternativas de reutilización o recuperación.

Durante la producción de jugos y concentrados azucarados a base de frutos cítricos, los agentes contaminantes en la etapa de refinación se deben exclusivamente a residuos sólidos generados tras la filtración fina del jugo exprimido. En esta etapa, los residuos sólidos están constituidos principalmente por pequeñas piezas de corteza, excesos de pulpa, membranas y posibles restos de semillas y cáscaras que salen a través del equipo. Aunque cuentan con un gran potencial de reutilización o reproceso industrial, los beneficios que éstos implican no justifican la inversión debido principalmente a la capacidad instalada [13], por lo que actualmente se disponen en el sinfin de extracción.

PCAR en etapa de Clarificación:

En esta etapa se presentan dos efluentes: La descarga de residuos sólidos de clarificación y la descarga de agua durante lubricación y descarga del equipo. Los residuos sólidos son producto del

paso por la clarificadora; tienen una posibilidad de reutilización un tanto costosa [14] pero debido a su disposición final en el canal de aguas residuales han de considerarse como agentes contaminantes de las aguas residuales. Los residuos sólidos de esta etapa se evacúan del cuarto de proceso mediante la corriente de agua residual de extracción y están compuestos por sólidos insolubles (causa de floculación del producto terminado) entre los cuales podemos citar almidones, pectinas y celulosa entre otros [14]. El segundo efluente a considerar es el agua de lubricación y descarga, la cual presenta una temperatura de 39°C y volúmenes reducidos (6 Lt / Batche) que no alteran la temperatura global del efluente durante producción.

PCAR en etapas de Homogenización, Desaireación y Pasteurización:

Las etapas de homogenización, desaireación y pasteurización se consideran como PCAR debido al volumen de agua residual que vierten al canal durante su funcionamiento. El agua vertida debe considerarse limpia, por lo cual los agentes contaminantes han de limitarse a la temperatura del efluente (78 °C) en la etapa de pasteurización. En la actualidad no existen problemas por temperatura en el efluente global, puesto que el agua residual se compone además de las descargas de las etapas de desaireación [768 Lt / h - 20°C] y homogenización [203 Lt / h - 20°C]. Más importante que las implicaciones por contaminación de temperatura, se debe tener en cuenta las pérdidas energéticas que esta operación está generando en la actualidad.

PCAR en etapa de Envasado:

Las actividades de envasado se consideran como PCAR puesto que incrementan considerablemente el volumen de agua residual. Los agentes contaminantes se presentan en cantidades mínimas y están por diversos compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en el producto terminado (carbohidratos, proteínas, vitaminas y grasas en bajas proporciones), que es retirado de la superficie de envases.

4.2.1.2 PCAR EN OPERACIONES DE LAVADO Y DESINFECCIÓN LINEA DE JUGOS

Durante las operaciones de lavado y desinfección la producción de residuos considerados como contaminantes está compuesta por agentes físicos (temperatura) y químicos como lo son compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en descargas por enjuague, limpieza, desinfección.

Continuando con la metodología de identificación y relación de puntos críticos de generación de contaminantes para las operaciones de limpieza y desinfección en la línea de jugos se debe partir de la tabla resumen de generación de efluentes líquidos en la línea, de donde:

PCAR lavado general de línea y enjuague de sanitización

		Temperatura	Sanitización		Lavado general		Cambio de producto	
Etapa I Limpieza	Agua de lavado	70 °C	---		560	Lt	560	Lt
	Ag Químico Na OH	---	---		7	Kg	---	---
	Agua residual	70 °C	---		554.6	Kg	557.6	Kg
Etapa II Neutralización	Agua de lavado	Ambiente	---		560	Lt	---	---
	Ag Químico Ac cítrico	---	---		1	Kg	---	---
	Agua residual	Ambiente	---		559.9	Kg	---	---
Etapa I - Desinfección	Agua de lavado	Ambiente	560	Lt	560	Lt	---	---
	Ag Químico Timsen		0.56	Kg	0.56	Kg	---	---
	NaClO		80	MI	80	MI	---	---
	Ac cítrico		1	Kg	1	Kg	---	---
	Agua residual	Ambiente	548.1	Kg	548.1	Kg	---	---
			548.8	Kg	548.8	Kg	---	---

Como se puede apreciar, tanto la tercera etapa del lavado general de línea como el enjuague de sanitización consisten en operaciones de desinfección que pueden ser llevadas a cabo de tres formas diferentes. Las operaciones de lavado general y enjuague de sanitización han de considerarse como PCAR puesto que:

- Representan un aporte fijo de contaminantes durante cada jornada de producción.
- Las concentraciones de los agentes químicos dentro del agua residual y el agente físico de contaminación (Temperatura) deben ser objeto de análisis de repercusión a los sistemas de tratamiento de aguas residuales a proponer.
- No existe una bitácora de lavado general y enjuague de sanitización que permita generar una relación directa entre posibles fallas (tiempos de retención o concentración de soluciones) con las problemáticas de control microbiológico de los equipos.
- El agua utilizada puede ser sustituida por la de otra fuente que presente condiciones de calidad similares, permitiendo así una reducción apreciable en el consumo.
- No se ha estudiado la factibilidad de una reutilización del efluente mediante un sistema de recirculación.

PCAR enjuague de cambio de producto

Los agentes contaminantes presentes en la operación de enjuague de cambio de producto se limitan a los componentes químicos orgánicos e inorgánicos disueltos en el jugo arrastrado a lo largo de la línea. Debido a la relación entre la cantidad de agua utilizada para el arrastre del producto y la cantidad de jugo remanente en la línea, la contaminación por este enjuague presenta una dilución que contiene como principales constituyentes carbohidratos y vitaminas:

PCAR lavado convencional de cuartos y equipos

Equipo	Tiempo de lavado [min]	Caudal de lavado [Lt / min]	Consumo de Agua [Lt]
Extractora	8	25.678	205.424
Finisher	6	25.678	154.068
Sinfin	5	25.678	128.39
Tina de recepción	5	25.678	128.39
Tanque preparación	2	47.454	94.908
Tanque clarificado	2	47.454	94.908
Tanque de balance	1.5	47.454	71.181
Desaireador	1.5	47.454	71.181
Tanque envasado	2	47.454	94.908
Cuarto de proceso Zona de extracción	6	110.93	665.58
Zona de pasteuriza	5	47.454	237.27
Cuarto de envasado	5	30.030	150.15

Durante el lavado convencional de equipos la generación de agentes contaminantes es atribuida a pequeños residuos sólidos (semillas y membranas) en las unidades de extracción, refinación y tornillo sinfin y a sustancias químicas en dilución (Azúcares y Carbohidratos entre otros) propias de los jugos terminados remanentes en la línea. El volumen de ARI representa datos actuales.

PCAR lavados adicionales

Tipo de lavado	H ₂ O por unidad lavada	Timbos	Canecas	Canastillas
Enjuague inicial	Agua [Lt]	2.75	2.75	2.75
Enjabonada	Agua [Lt]	8.25	22	9.17
Enjuague final	Agua [Lt]	2.75	2.75	2.75
Lavado interno	Agua [Lt]	21	---	---
	NaOH [g]	115	---	---
	Ac cítrico [g]	25.5	---	---
	NaClO [ml]	30	---	---
Total agua por unidad lavada	[Lt]	34.75	27.5	14.67

Agente Químico	Timbos		Canecas		Canastillas	
	g - ml / timbo	Lt H ₂ O / timbo	g - ml / caneca	Lt H ₂ O / caneca	g - ml / canastilla	Lt H ₂ O / canastilla
Sln detergente	1 g	0.4	1.6 g	0.67	2.5 g	1
Sln de NaClO	12.5 ml	0.19 ml	12.5 ml	0.19 ml	20 ml	0.75 ml

Los agentes químicos contaminantes en la operación de lavado adicional de timbos, canecas y canastillas se deben a agentes de limpieza, neutralización y desinfección, los cuales se reúnen en la tabla de generación de contaminantes.

4.2.1.3 PCAR PRECALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO DE LÍNEA

La posible generación de agentes contaminantes en la operación de precalentamiento y enfriamiento se da cuando el agua de recirculación es utilizada también como agua de enjuague con agua caliente, por lo que iría acompañada de un agente físico de temperatura.

4.2.2 IDENTIFICACIÓN Y RELACIÓN DE PCAR LÍNEA DE CAÑAVERAL

Durante la producción en la línea de concentrado Cañaveral no se presenta ningún tipo de descarga residual, por lo cual, la generación de aguas residuales obedece exclusivamente a las operaciones de lavado y desinfección. Con base en la clasificación de los lavados, la descripción de los agentes contaminantes en los efluentes de la línea pueden ser reunidos en:

- Concentraciones variables de compuestos orgánicos en solución propios del lavado convencional de tanques y equipos para materias primas (Carbohidratos) y productos terminados (Azúcares monosacáridos y disacáridos).
- Sólidos sedimentables de lavados convencionales de tuberías y equipos.
- Compuestos orgánicos e inorgánicos empleados en las operaciones de lavado de recirculación en línea. (limpieza, NaOH y desinfección, Timsen)
- Temperatura del agua residual vertida luego de los diferentes lavados efectuados en la línea.

4.2.2.1 PCAR EN OPERACIONES DE LAVADO Y DESINFECCIÓN LÍNEA CAÑAVERAL

La identificación y relación de los puntos críticos de generación de aguas residuales en las operaciones de lavado y desinfección tienen puntos comunes en cuanto al tipo de lavado

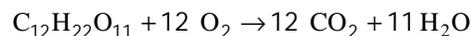
convencional, así para el caso del lavado convencional en línea es muy importante conocer la concentración y el volumen de los agentes contaminantes considerados, ya que en función de estas dos variables se determina la carga contaminante de la línea. Para el caso de los lavados de recirculación en línea se pueden atender, además de las recomendaciones anteriores, los parámetros propuestos para la identificación y relación de PCAR en la línea de Jugos. Debido a la importancia que tiene el análisis de cargas en esta línea (Por su altos poder contaminante), los PCAR para esta línea se dividen en:

4.2.2.1.1 PCAR En operaciones de lavado convencional línea de concentrado Cañaveral.

En general, todas las operaciones de lavado que involucren una dilución de componentes orgánicos de alto peso molecular (Carbohidratos, azúcares) deben considerar una determinación teórica de la carga contaminante representada como agua residual. Un primer acercamiento puede ser logrado mediante la demanda teórica de oxígeno, la cual relaciona estequiométricamente la cantidad de O₂ para una oxidación total de la molécula orgánica considerada.

4.2.2.1.1 Demanda Teórica de Oxígeno (DTO) en los efluentes del lavado convencional.

Suponiendo que los agentes contaminantes solubles en los efluentes de lavado convencional y arrastre de producto son diluciones de carbohidratos con altas proporciones de sacarosa (con sus respectivos monosacáridos), la reacción de oxidación total está dada por:



Según la cual, el consumo de oxígeno tiene una relación de 12 moles de O₂ por mol de sacarosa.

Partiendo de la expresiones de porcentaje de solubles (°Brix) del balance real, es posible determinar la cantidad de sacarosa en cada efluente, así como la demanda teórica de oxígeno representada por esta agua residual. Los cálculos y consideraciones a seguir se reúnen a continuación:

Al identificar los grados Brix como el porcentaje en peso de Sacarosa en el lavado, el contenido de sacarosa se despeja mediante:

$$^{\circ}\text{Brix} = \frac{\text{Masa de sacarosa}}{(\text{Masa de sacarosa} + \text{Masa de Agua})} \times 100$$

Donde

$$\text{Masa de sacarosa} = \frac{(\text{Volumen}_{\text{Agua de lavado}} \times \rho_{\text{Agua de lavado}}) \times \frac{^{\circ}\text{Brix}}{100}}{1 - \frac{^{\circ}\text{Brix}}{100}}$$

Sabiendo que la DTO se expresa en función de la cantidad de oxígeno necesaria para degradar la sacarosa solubilizada en un volumen determinado de agua residual, la expresión final de la concentración de contaminantes en lavados convencionales se desarrolla a partir de:

$$\text{DTO} = \frac{\frac{1.1228 \text{ mg de O}_2}{\text{mg de C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}} \times \frac{(\text{Volumen}_{\text{Agua de lavado}} \times \rho_{\text{Agua de lavado}}) \times \frac{^{\circ}\text{Brix}}{100}}{1 - \frac{^{\circ}\text{Brix}}{100}} \times \frac{10^6 \text{ mg}}{1 \text{ Kg}}}{\text{Volumen}_{\text{Agua de lavado}}}$$

Donde: 1.1228 representa la relación estequiométrica entre el oxígeno y la Sacarosa, el volumen se expresa en litros y las unidades de la DTO están en mg / Lt.

Como variable adicional se determina la carga contaminante atribuida a cada operación de lavado convencional, mediante la multiplicación entre la DTO y el volumen de agua de lavado consumido por operación.

La determinación de los puntos críticos de generación de aguas residuales, se efectúa a partir de la tabla resumen de DTO en los efluentes estudiados por el balance de materia real. Es aquí donde, en función de la concentración y carga contaminante de los efluentes, se identifican las operaciones con alto poder contaminante.

De acuerdo con la tabla, se debe tener en cuenta que:

Lavado convencional en cuarto de proceso (miel semiprocada, concentrado Cañaveral y arrastre de producto)

- La demanda Teórica de oxígeno en los lavados convencionales del cuarto de proceso presenta una alta concentración de contaminantes (entre 13440.9 y 145214.1 mg/l).

4-24 Alimentos Cañaveral S.A

			Agua de lavado	Sólidos solubles	Sólidos sedimentables	Agua residual	Temp [°C]	Densidad [Kg / m ³]	DTO [mg / Lt]	Carga Kg DTO/lavado
			[Lt]	[° Brix]	[ml/ Lt - h]	[Kg]				
Lavado convencional en producción de miel semiprosesada										
Entre batches	Marmita	I -Enjuague	30	3.7	33.3	29.77	40	0.9922	42803.3	1.28
Finalización de Producción	Marmita	I -Enjuague	30	3.7	33.3	29.77	40	0.9922	42803.3	1.28
		I -Enjuague	250	5.5	10	246.40	55	0.9856	64407.1	16.10
		Sist enfriamiento	II -Enjuague	250	1.2	10	246.40	55	0.9856	13440.9
	Tanque de Almacenam	I -Enjuague	70	8.5	7	69.87	20	0.9982	104116.1	7.29
		II -Enjuague	50	---	---		20			
Lavado convencional en producción de concentrado Cañaveral										
Entre batches	Marmita	I -Enjuague	30	4.6	menor de 1	29.77	40	0.9922	53716.9	1.61
Producción	Sistemas de enfriamiento	I -Enjuague	30	4.6	menor de 1	29.77	40	0.9922	53716.9	1.61
		II -Enjuague	250	11.6	menor de 1	246.40	55	0.9856	145214.1	36.30
		III -Enjuague	250	3.5	menor de 1	246.40	55	0.9856	40136.9	10.03
Lavado convencional por arrastre de producto										
		Enjuague general	750	5.4	menor de 1	737.4	60	0.9832	63015.4	47.26
Lavado convencional en cuarto de envasado										
	Tanque envasado cuarto proceso	I -Enjuague	25	6	menor de 1	24.93	25	0.997	71453.1	1.79
		II -Enjuague	150	---	---		25	0.997		
Lavado recirculación en línea cuarto de envasado										
	Tanque envasado	I -Enjuague	60	17.9	menor de 1	58.12	85	0.9686	237113.8	14.23
Lavado convencional en zona de almacenamiento										
	Tanque de Almacenam	I -Enjuague	120	25	menor de 1	119.64	25	0.997	373143.9	44.78
		II -Enjuague	100	---	---		25	0.997		
Lavado recirculación en línea Zona de almacenamiento										
	Tanque de Almacenam	I -Enjuague	500	40	---	498.50	25	0.997	746287.7	373.14
		II -Enjuague	500	30	---	498.50	25	0.997	479756.4	239.88
		III -Enjuague	500	15	---	498.50	25	0.997	197546.8	98.77
		IV -Enjuague	500	5	---	498.50	25	0.997	58917.5	29.46

Puntos críticos de carga contaminante

- Los lavados entre batches presentan cargas contaminantes moderadas, sin embargo, al ser efectuados repetidamente durante la producción, generan un aporte fijo diario.
- Una carga contaminante media se genera en el primer enjuague de los sistemas de enfriamiento (16.10 - 36.30 Kg DTO / lavado), este lavado se efectúa regularmente luego de un número de batches promedio, por lo cual la carga de este efluente debe ser adicionada al aporte fijo del lavado entre batches.
- El lavado convencional por arrastre de producto representa la carga contaminante más alta para este primer bloque (47.26 Kg DTO / lavado). Debido a que hace parte de una serie de operaciones consecuentes, debe ser incluida en el aporte fijo de agua residual de este bloque.

Lavado convencional y de recirculación en línea para el cuarto de envasado

- Las consideraciones del lavado convencional del cuarto de envasado son similares a las efectuadas para el lavado entre batches de producción del bloque I.
- Aunque la concentración de agentes contaminantes en el lavado de recirculación en línea para este bloque presenta un valor demasiado alto (237113.8 mg/Lt), su carga contaminante se sitúa en un valor medio, comparado con los demás efluentes en estudio.

Lavado convencional y de recirculación en línea zona de almacenamiento de miel virgen

- El lavado convencional presenta una carga contaminante moderada, la cual hace parte de un efluente producido de manera irregular durante una semana normal de producción.
- Aunque los lavados de recirculación en línea en la zona de almacenamiento se efectúan en periodos de quince a treinta días, la concentración y carga del efluente deben recibir suma atención, puesto que sus valores máximos (746287.7 mg/Lt - 373.14 Kg DTO/Lavado) pueden amplificar considerablemente el tamaño de las unidades de tratamiento

4.2.2.1.2 PCAR En operaciones de lavado de recirculación en línea de concentrado Cañaveral.

Las consideraciones del lavado de recirculación en línea, que implican únicamente adición de agentes químicos y agua, se asemejan a las efectuadas en los mismos lavados para la línea de jugos. Partiendo de las siguientes tablas resumen de balance:

Lavado de recirculación en línea cuarto de proceso (Bloque I)

		Temp	PH	Sanitización	Lavado general (Cambio de producción)	
					Miel semiprocada- Conc Cañaveral	Conc Cañaveral - miel semiprocada
Enjuague Preliminar	Agua de lavado	94°C	7.0	250 Lt	250 Lt	250 Lt
	Agua residual	80°C	7.0	242.9 Kg	242.9 Kg	242.9 Kg
Limpieza	Agua de lavado	94°C	11	---	300 Lt	---
	Ag Químico NaOH	---	---	---	6 Kg	---
	Agua residual	80°C	11	---	297.5 Kg	---
Neutralización	Agua de lavado	94°C	7.0	---	675 Lt	---
	Ag Químico	---	---	---	---	---
	Agua residual	80°C	7.0	---	656 Kg	---
Desinfección	Agua de lavado	25°C	6.5	250 Lt	300 Lt	---
	Ag QuímicoTimsen	---	---	0.25 Kg	0.30 Kg	---
	Agua residual	25°C	6.5	249.3 Kg	299.4 Kg	---
Enjuague Final	Agua de lavado	25°C	7.0	250 Lt	250 Lt	250 Lt
	Agua residual	25°C	7.0	249.3 Kg	249.3 Kg	249.3 Kg

Lavado de recirculación en línea cuarto de envasado (Bloque II)

		Temp	PH	Sanitización	Lavado General
Limpieza	Agua de lavado	85°C	11	---	60 Lt
	Ag Químico NaOH	---	---	---	1.2 Kg
	Agua residual	78°C	11	---	59.6 Kg
Neutralización	Agua de lavado	85°C	7.0	---	120 Lt
	Ag Químico	---	---	---	---
	Agua residual	78°C	7.0	---	116.8 Kg
Desinfección	Agua de lavado	Amb	7.0	60	60
	Ag QuímicoTimsen	---	---	0.06 Kg	0.06 Kg
	Agua residual	Amb	7.0	59.8 Kg	59.8 Kg

Los lavados de recirculación en línea han de considerarse como PCAR puesto que:

- Representan un aporte fijo de contaminantes durante cada jornada de producción.
- Las concentraciones de los agentes químicos dentro del agua residual y el agente físico de contaminación (Temperatura) deben ser objeto de análisis de repercusión a los sistemas de tratamiento de aguas residuales a proponer.
- No existe una bitácora de lavado de cambio de producto y enjuague de sanitización que permita generar una relación directa entre posibles fallas (tiempos de retención o concentración de soluciones) con las problemáticas de control microbiológico de los equipos.
- El agua utilizada puede ser sustituida por la de otra fuente que presente condiciones de calidad similares, permitiendo así una reducción apreciable en el consumo. No se ha estudiado la reutilización del efluente de sanitización o cambio de producto en un sistema de recirculación.

5. ANÁLISIS DE DISMINUCIÓN AGENTES CONTAMINANTES

Caudal y carga contaminante de ARI

5.1	Lineamientos generales.....	5-1
5.2	Análisis de reducción de volumen en los efluentes líquidos residuales de la empresa alimentos Cañaveral.....	5-2
5.2.1	<i>Separación de vertidos</i>	5-2
5.2.2	<i>Retención de las aguas residuales</i>	5-9
5.2.3	<i>Cambios en la producción para la disminución de vertidos</i>	5-10
5.2.4	<i>Reutilización de vertidos</i>	5-11
5.3	Análisis de reducción cargas contaminantes en los efluentes líquidos residuales de la empresa alimentos Cañaveral.....	5-13
5.3.1	<i>Cambios en el proceso</i>	5-13
5.3.2	<i>Modificaciones en el equipo industrial</i>	5-15
5.3.3	<i>Segregación de vertidos</i>	5-16
5.3.4	<i>Mezcla de vertidos</i>	5-16
5.3.5	<i>Recuperación de subproductos</i>	5-17

5.1 LINEAMIENTOS GENERALES

Las nuevas políticas de saneamiento ambiental, apuntan a una evaluación y posterior intervención en líneas de proceso y demás actividades industriales, de tal manera que se identifiquen una serie de mecanismos y acciones que permitan una disminución en el volumen y la concentración de agentes contaminantes generados por cualquier tipo de vertido u emisión (Antes de su disposición final como residuo). Dichas intervenciones evitarían al máximo tratamientos fisicoquímicos y/o biológicos innecesarios para la depuración del efluente. Dentro de los beneficios inherentes a este tipo de políticas se pueden citar [7]:

- Ahorro en gastos generales tras la disminución en el consumo global de agua.
- Ahorro como consecuencia de cumplir con disposiciones legales (Tasa retributiva) impuestas por la Autoridad Ambiental, evitando gastos y tiempos empleados en tramitación.
- Ahorro como consecuencia del incremento en el rendimiento de la producción, debido al mejor conocimiento de los procesos y a la adopción de mecanismos de producción más limpia.
- Ahorro en la implementación y funcionamiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, debido a la disminución en caudal y concentración de aguas residuales (variables de diseño limitantes para tamaño de unidades, tiempos de residencia, adición de reactivos, eficiencias, etc).
- Progresos tecnológicos, resultantes de la investigación y proyecto de intervención así como de la construcción y funcionamiento de los sistemas de tratamiento de las aguas residuales.

Teniendo en cuenta que los beneficios pueden ser notablemente ampliados dependiendo de las acciones particulares tomadas por la empresa, se citan a continuación los cuatro parámetros básicos alrededor de los cuales se deben proponer las acciones para el cumplimiento de los objetivos de disminución propuestos [12]:

REDUCCIÓN: Mediante una disminución de la cantidad de agua utilizada en una operación dada.

RECICLAJE: Mediante el uso repetitivo del agua en propósitos simples.

REUTILIZACIÓN: Mediante la utilización del efluente de una aplicación en otra.

RECUPERACIÓN: Mejorando la calidad de un residuo par su posterior reutilización.

5.2 ANÁLISIS DE REDUCCIÓN DE VOLUMEN EN LOS EFLUENTES LÍQUIDOS RESIDUALES DE LA EMPRESA ALIMENTOS CAÑAVERAL.

Dentro de las características del consumo global del recurso agua en la empresa Alimentos Cañaveral, es posible identificar, a partir del balance teórico, que más de un 93% del agua servida durante producción y actividades de lavado y desinfección es vertida como efluente líquido residual, por lo tanto, cualquier estudio que apunte a la disminución en el volumen de los efluentes líquidos estará repercutiendo directamente en la disminución del consumo global.

La implementación de los cuatro parámetros básicos de disminución (Reducción, reciclaje, reutilización y recuperación) puede ser distribuida en diversas actividades encaminadas a la disminución de volumen de los vertidos industriales, mermando además los efectos que pudieran traer a las aguas receptoras y plantas de tratamiento. Dichas actividades pueden ser reunidas, según Nemerow, en: separación de vertidos, retención de aguas residuales, cambios de producción y reutilización de vertidos. El análisis de cada una de estas actividades es función del balance de materia real en las dos líneas de producción consideradas.

5.2.1 SEPARACIÓN DE VERTIDOS.

Si se diferencian los vertidos de forma que las aguas residuales de los sistemas de fabricación estén separadas de las aguas de lubricación, refrigeración y lavado, el volumen de agua que requiere un fuerte tratamiento, se puede reducir considerablemente. También es posible clasificar y separar las aguas de proceso, de forma que solo sean tratadas las más contaminadas y las relativamente incontaminadas sean descargadas con tratamientos menores o inclusive sin tratamiento alguno. La separación de vertidos genera una visión del potencial de agua residual con la cual se cuenta en el momento para tomar las acciones de disminución. Este potencial varía dependiendo de la base de cálculo (tiempo, producción u operación) tomada para la solución balance de materia.

5.2.1.1 SEPARACIÓN DE VERTIDOS LÍNEA DE JUGOS: Los balances de aguas en esta línea se dividen en etapas de producción, lavado y desinfección, precalentamiento y enfriamiento. La separación de vertidos y sus respectivos potenciales cumplen con las tablas 5.1, 5.2 y 5.3. Como información adicional se presenta la estimación del costo del agua servida en cada etapa mediante un cálculo elemental que tiene como punto de partida el valor del m³ de agua, en tarifa industrial, servida en el municipio de Chinchiná para el 1 de septiembre de 2001.

Tabla 5.1 SEPARACIÓN DE VERTIDOS DURANTE PRODUCCIÓN EN LÍNEA DE JUGOS

Valor del metro cúbico (Tarifa industrial) en el municipio de Chinchiná a Septiembre 1 de 2001 643.0 pesos

Agua residual durante producción		JC Naranja	Pulpa Naran	QS Naranja	QS Limón	R mora	QS mora	R mcuyá	QS mcuyá
H2O Selección	[Lt H2O/ Lt Jugo]	0.2291	0.4680	0.2640	---	---	---	---	---
	[Costo \$/Lt Jugo]	0.1473	0.3009	0.1698	---	---	---	---	---
H2O Extracción	[Lt H2O/ Lt Jugo]	1.8200	3.7200	2.1020	11.0510	---	---	---	---
	[Costo \$/Lt Jugo]	1.1703	2.3920	1.3516	7.1058	---	---	---	---
H2O Clarificación	[Lt H2O/ Lt Jugo]	0.0166	0.0166	0.0120	0.0120	0.0166	0.0120	0.0166	---
	[Costo \$/Lt Jugo]	0.0107	0.0107	0.0077	0.0077	0.0107	0.0077	0.0107	---
Total [Lt ARI / Lt Jugo]		2.0657	4.2046	2.3780	11.0630	0.0166	0.0120	0.0166	---
Total [Costo H2O / Lt Jugo]		1.3282	2.7036	1.5291	7.1135	0.0107	0.0077	0.0107	---
% Consumo actual		72.59	84.35	66.70	86.69	2.08	0.76	2.08	---
Agua de refrigeración y lubricación durante producción		JC Naranja	Pulpa Naran	QS Naranja	QS Limón	R mora	QS mora	R mcuyá	QS mcuyá
H2O Clarificación	[Lt H2O/ Lt Jugo]	0.0050	0.0060	0.0060	0.0060	0.0040	0.0070	0.0040	---
	[Costo \$/Lt Jugo]	0.0032	0.0039	0.0039	0.0039	0.0026	0.0045	0.0026	---
H2O desaireación	[Lt H2O/ Lt Jugo]	0.5092	0.5090	0.7760	1.1120	0.5100	1.0300	0.5100	---
	[Costo \$/Lt Jugo]	0.3274	0.3273	0.4990	0.7150	0.3279	0.6623	0.3279	---
H2O Homogenizaci	[Lt H2O/ Lt Jugo]	0.1350	0.1340	0.2050	0.2940	0.1347	0.2720	0.1347	---
	[Costo \$/Lt Jugo]	0.0868	0.0862	0.1318	0.1890	0.0866	0.1749	0.0866	---
H2O Mezclador 1	[Lt H2O/ Lt Jugo]	0.1158	0.1160	0.1770	0.2530	0.1160	0.2350	0.1160	---
	[Costo \$/Lt Jugo]	0.0745	0.0746	0.1138	0.1627	0.0746	0.1511	0.0746	---
H2O Mezclador 2	[Lt H2O/ Lt Jugo]	0.0152	0.0152	0.0232	0.0333	0.0153	0.0309	0.0153	---
	[Costo \$/Lt Jugo]	0.0098	0.0098	0.0149	0.0214	0.0098	0.0199	0.0098	---
Total [Lt ARI / Lt Jugo]		0.7802	0.7802	1.1872	1.6983	0.7800	1.5749	0.7800	---
Total [Costo H2O / Lt Jugo]		0.5017	0.5017	0.7634	1.0920	0.5015	1.0127	0.5015	---
% Consumo actual		27.41	15.65	33.30	13.31	97.92	99.24	97.92	---

5-4 Alimentos Cañaveral S.A.

Tabla 5.2 SEPARACIÓN DE VERTIDOS DURANTE OPERACIONES DE LAVADO Y DESINFECCIÓN EN LÍNEA DE JUGOS

5.2 A - LAVADO CONVENCIONAL DE LÍNEA

Bloque - I (Selección, extracción)

Lavado de:	[Lt H2O/ Jornada]	Costo \$
Extractora	205.42	132.09
Finishser	128.39	82.55
Sinfin	154.07	99.07
Tina recepción	128.39	82.55
Pisos Zona Extrac	665.58	427.97
Total lavado conver	1281.85	824.23

Bloque-II (Preparación, desaireación, homogenización y pasteurización)

Lavado de:	[Lt H2O/ Jornada]	Costo \$
Tanque preparación	94.91	61.03
Tanque clarificado	94.91	61.03
Tanque de balance	71.18	45.77
Tanque de envasado	94.91	61.03
Pisos Zona Pasteuriz	237.27	152.56
Total lavado conver	593.18	381.41

5.2 B-LAVADO RECIRCULACIÓN EN LÍNEA

Lavado de:	[Lt H2O/ Jornada]	Costo \$
Sanitización	560	360.08
Cambio de productc	560	360.08
General Etapa I	560	360.08
Etapa II	560	360.08
Etapa III	560	360.08
Total lavados en lín	2800	1800.40

5.2 C - LAVADOS ADICIONALES

Número de operario 2

		Timbos	Canecas	Canastillas
Enjuague inicial	[Lt H2O/ unidad]	2.75	2.75	2.75
	[Costo \$ /unidad]	1.7683	1.7683	1.7683
Durante enjabonada	[Lt H2O/ unidad]	4.13	4.585	11
	[Costo \$ /unidad]	2.6524	2.9482	7.0730
Enjuague final	[Lt H2O/ unidad]	2.75	2.75	2.75
	[Costo \$ /unidad]	1.7683	1.7683	1.7683
Lavado interno	[Lt H2O/ unidad]	21.00	---	---
	[Costo \$ /unidad]	13.5030	---	---
Agua total [Lt] lavado adicional		30.63	10.09	16.50
Costo total lavado adicional		19.69	6.48	10.61

Tabla 5.3 CONSUMOS DE AGUA EN OPERACIONES DE PRECALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO DE LÍNEA

		Pracalentamiento	Enfriamiento
Recirculación	[Lt H2O/ Oper]	300	---
	[Costo \$/ Oper]	192.9000	---
Homogenización	[Lt H2O/ Oper]	67.7	---
	[Costo \$/ Oper]	43.5311	---
Mezclador 1	[Lt H2O/ Oper]	58.3	241.67
	[Costo \$/ Oper]	37.4869	155.3938
Mezclador 2	[Lt H2O/ Oper]	7.67	---
	[Costo \$/ Oper]	4.9318	---
Agua total [Lt] lavado adicional		433.67	241.67
Costo total lavado adicional		278.85	155.39

Tal como se aprecia en las tablas 5.1, 5.2 y 5.3, las posibilidades de intervención varían según las etapas consideradas en la separación de vertidos. Dentro de las más representativas es posible enunciar:

Separación de vertidos durante producción en línea de jugos: Partiendo de la tabla 5.1, las aguas residuales durante producción en la línea pueden ser separadas de las aguas de refrigeración y lubricación teniendo en cuenta que:

- Según las consideraciones del capítulo 4, las aguas de lubricación y refrigeración son aguas limpias, por lo cual, la empresa podría disponer de un sistema de captación que las llevara directamente al canal de rebose del embalse Camaguadua, constituyendo así un efluente que no debería ser tratado. Las ventajas están constituidas por disminuciones de volumen de Agua residual a ser tratada, tal como se aprecia en la tabla. Las desventajas de esta alternativa radican en el desaprovechamiento del agua limpia que se está vertiendo y en el hecho que los costos de operación durante la producción permanecerían constantes.
- Los porcentajes de disminución en la generación de aguas residuales varían dependiendo de los productos elaborados, los más altos corresponden a los refrescos de Mora y Maracuyá, con disminuciones cercanas al 98%) y los más bajos corresponden al concentrado azucarado de Limón y a la pulpa de naranja con disminuciones del 13 y 15 % respectivamente.
- Es importante identificar los consumos de agua y costos estimados por abastecimiento en la etapa de extracción, ya que mediante una intervención del equipo (Que separe aguas de refrigeración y lubricación de los residuos sólidos de extracción) se pueden lograr vertidos separados que representan consumos de agua de extracción por productos elaborados entre el 55.6 y 86.7 % (JC naranja y QS limón respectivamente).

Separación de vertidos durante operaciones de lavado y desinfección en línea de jugos: La separación de vertidos para este tipo de operaciones está limitada a posibles trámites ante la corporación, de tal manera que las aguas residuales de lavado y desinfección solo necesitaran de un tratamiento primario para poder ser dispuestas directamente al embalse al justificar que:

- Las aguas residuales del lavado convencional tienen contenidos bajos de contaminación orgánica soluble (Aquella que exige tratamiento biológico), por lo que la adecuación del agua residual se limitaría a una remoción eficiente de sólidos sedimentables antes de ser vertidos.
- Los contaminantes de lavado de recirculación en línea se limitan a agentes químicos inorgánicos (Ácidos, bases y desinfectantes con formulación biodegradable) que pueden ser homogenizados y neutralizados en un tanque antes de ser vertidos.
- Como se indicó al principio, este tipo de alternativa está sujeta a disposiciones legales, por lo cual, los porcentajes de disminución de volumen pueden oscilar entre el 0 y el 100%.

Separación de vertidos durante precalentamiento y enfriamiento de línea de jugos: Las ventajas de esta separación son similares a las expuestas para las etapas de producción (aguas limpias de refrigeración y lubricación), los porcentajes varían de acuerdo con el uso o disposición de el agua de recirculación (300 Lt/ Operación) y con la variación de los tiempos de precalentamiento y enfriamiento. Si se considera el sistema de separación propuesto para los efluentes de lubricación y refrigeración durante producción las disminuciones máximas en las aguas residuales a tratar serían de 30.8% para el precalentamiento y cercanas al 55% para el enfriamiento.

5.2.1.2 SEPARACIÓN DE VERTIDOS LÍNEA DE CONCENTRADO CAÑAVERAL: Los vertidos que actualmente comprenden las aguas residuales de la línea de concentrado Cañaveral se limitan a los generados por las operaciones de lavado y desinfección en cuartos de proceso, envasado y zona de almacenamiento. La separación de vertidos en esta línea permite generar un estimativo de los volúmenes y costos aproximados de los efluentes, así como de las características que los hacen acreedores a un tratamiento biológico y/o fisicoquímico para asegurar su depuración, de tal manera que se cumplan con las exigencias dispuestas por la ley. Las divisiones a considerar siguen los parámetros propuestos para el tipo de lavado:

Efluentes de lavado convencional y arrastre de producto en producción de concentrado Cañaveral: El propósito de este tipo de lavado es desprender los residuos de producto adheridos a las paredes de tuberías y equipos, así como barrer cantidades remanentes de producto terminado en las líneas que comunican los equipos con tanques de almacenamiento y cuarto de envasado. Necesitan de un tratamiento biológico debido principalmente a:

- Alta solubilidad de los productos elaborados (Azúcares).
- Las moléculas (disueltas) consideradas como agentes contaminantes están compuestas principalmente por carbohidratos de alto peso molecular los cuales, por la estequiometría de reacción en la depuración biológica, necesitan de altos contenidos de oxígeno que incrementan notablemente el valor de la DBO y la respectiva carga contaminante.

Efluentes lavado de recirculación en línea de concentrado Cañaveral: El propósito de este tipo de lavado es mantener la línea y equipos en condiciones asépticas que impidan el crecimiento de microorganismos que alteren las condiciones microbiológicas del producto (mesófilos, levaduras, coliformes, etc). Este efluente presenta concentraciones variables de agentes químicos utilizados en las etapas de limpieza, neutralización y desinfección; de las cuales se pueden enunciar bases fuertes, agentes desinfectantes (Hipoclorito y Timsen) y detergentes. De acuerdo a las características de los efluentes, la separación de vertidos con respecto a los lavados convencionales y de arrastre permitiría el estudio de un sistema de tratamiento físicoquímico, en el cual se pueden considerar tanques de igualación y neutralización.

Las ventajas y desventajas de la disminución de efluentes residuales que necesiten de un tratamiento biológico complejo para la línea de concentrado Cañaveral obedecen a la tabla resumen de aproximación de volúmenes y costos (Tabla 5.3). Para el efluente del lavado convencional se considera además el costo de la tasa retributiva, calculado a partir de la Demanda Teórica de Oxígeno, tal como se explica en el capítulo de identificación y relación de puntos críticos (Cap 4. Pág 4 - 21). Para un mejor aproximación a condiciones reales (Tasa retributiva) se toma el valor del 80 % de la DTO, ya que este porcentaje representa la degradación alcanzada por un cultivo biológico en su quinto día de incubación, asemejando una medición de la DBO₅ teórica.

Separación de vertidos durante operaciones de lavado y desinfección en producción de concentrado Cañaveral: La principales consideraciones para este hecho radican en:

- La separación de los efluentes de lavado convencional y de recirculación, permitiría disminuir considerablemente la cantidad de agua residual que necesita de un tratamiento biológico estricto (Lavado convencional). Para el otro efluente, se pueden estudiar soluciones de manera conjunta a los efluentes de Jugos ya que tienen las mismas características.

Tabla 5.3 SEPARACIÓN DE VERTIDOS DURANTE OPERACIONES DE LAVADO Y DESINFECCIÓN DE CONCENTRADO CAÑAVERAL

Tarifa industrial del servicio de acueducto en el municipio de Chinchiná a Septiembre de 2001 643.0 pesos / m³
 Costo de tasa retributiva por DBO a Septiembre de 2001 (Factor regional 1.5) 88.935 pesos / Kg DBO

			H2O Lavado			Carga teórica	Agua de lavado	Tasa por DBO	
			[Lt / lavado]	[°Brix]	[DTO]	[DBO teórica]	[Kg DBO/ Lavado]	[Pesos/Lavado]	
Lavado de miel semiprocada									
Entre batches	marmita		30	3.7	42803.3	34242.6	1.03	19.29	91.36
Final de producc	marmita		30	3.7	42803.3	34242.6	1.03	19.29	91.36
	Sist enfriamiento	Enjuague I	250	5.5	64407.1	51525.7	12.88	160.75	1145.61
		Enjuague II	250	1.2	13440.9	10752.7	2.69	160.75	239.07
Tanques	miel semiprocada	Enjuague I	70	8.5	104116.1	83292.9	5.83	45.01	518.54
		Enjuague II	50	---	---	---	---	4.45	---
Lavado de concentrado Cañaveral									
Entre batches	marmita		30	4.6	53716.9	42973.5	1.29	19.29	114.66
Final de producc	marmita		30	4.6	53716.9	42973.5	1.29	19.29	114.66
	Sist enfriamiento	Enjuague I	250	11.6	145214.1	116171.3	29.04	160.75	2582.92
		Enjuague II	250	3.5	40136.9	32109.5	8.03	160.75	713.92
Lavado de arrastre de producto									
		Enjuague general	750	5.4	63015.4	50412.3	37.81	482.25	3362.57
Lavado convencional en cuarto de envasado									
	Tanque envasado	I -Enjuague	25	6	71453.1	57162.5	1.43	16.075	127.09
	cuarto proceso	II -Enjuague	150	---	---	---	---	96.45	---
Lavado recirculación en línea cuarto de envasado									
	Tanque envasado	I -Enjuague	60	17.9	237113.8	189691.0	11.38	38.58	1012.21
Lavado convencional en zona de almacenamiento									
	Tanque de	I -Enjuague	120	25	373143.9	298515.1	35.82	77.16	3185.81
	Almacenam	II -Enjuague	100	---	---	---	---	64.3	---
Lavado recirculación en línea Zona de almacenamiento									
	Tanque de	I -Enjuague	500	40	746287.7	597030.2	298.52	321.5	26548.44
	Almacenam	II -Enjuague	500	30	479756.4	383805.1	191.90	321.5	17066.85
		III -Enjuague	500	15	197546.8	158037.4	79.02	321.5	7027.53
		IV -Enjuague	500	5	58917.5	47134.0	23.57	321.5	2095.93

- La conveniencia de la separación de vertidos de lavado convencional y de recirculación debe tener en cuenta el sistema de tratamiento a considerar, ya que la manipulación de estas corrientes puede entregar aguas residuales con diversas concentraciones y cargas contaminantes (Concentradas o diluidas) que pueden afectar el desempeño del mismo.

5.2.2 RETENCIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES.

Si se tiene en cuenta que cada centímetro cúbico de agua que es retenida en la empresa equivale a un centímetro cúbico de agua ahorrada, es fácil entender por qué el buen manejo de este recurso debe convertirse en una de las políticas de conservación para cualquier empresa. Dentro de los términos aplicables a la retención, se incluye el parámetro básico de reducción. La introducción de las prácticas de conservación requiere de un estudio completo, con criterio técnico, de la utilización actual del agua y el inventario de todas las operaciones de la planta que usan agua [Nemerow]. Las observaciones más importantes para este segundo grupo de actividades se pueden reunir de manera conjunta para las dos líneas de producción:

5.2.2.1 RETENCIÓN DE AGUAS RESIDUALES LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE JUGOS.

- Para el caso en el cual no se separen los vertidos, la retención en etapas de producción de la línea de jugos se logra mediante un control sobre los caudales de lubricación y refrigeración ideales que debe mantener los equipos, de tal forma que no sobrepasen este valor pues el excedente se convertiría en pérdidas.
- Para los lavados convencionales en la línea se debe considerar la implementación de mecanismos de control de caudal en los extremos de las mangueras. La implementación de pistolas de agua permite un incremento en la presión y una disminución en el caudal, lo cual facilitaría algunas de las operaciones de lavado. La reducción en el volumen de los efluentes varía según el sistema de control de caudal implementado.
- La implementación de rastrillos de caucho para barrer sólidos adheridos a los pisos del cuarto de producción, evitaría el consumo de grandes volúmenes de agua utilizados para tal fin. Las reducciones logradas están previstas para unos rangos de entre el 70 y 80% del agua empleada en la actualidad.

- Debido a la distancia entre la llave de donde se toma el agua de lavado de canastillas y el lugar donde se efectúa el lavado de las mismas es conveniente disponer de una válvula al final de la manguera, ya que los consumos de agua durante enjabonada de timbos, canecas y canastillas no son justificados. Las reducciones logradas por cada unidad lavada oscilarían entre el 13% para los timbos y el 66% para las canastillas cuando la labor es realizada por dos operarios.

5.2.2.2 RETENCIÓN DE AGUAS RESIDUALES LÍNEA DE CAÑAVERAL

- Los lineamientos de retención de aguas residuales en cuanto a las operaciones de lavado convencional en la línea de concentrado Cañaveral son similares a las expuestas para la línea de jugos. La aplicación de mangueras de mediana presión disminuirían los consumos de agua en el desprendimiento de los productos adheridos. Como consideración adicional se tiene la posible implementación de mangueras con suministro de agua caliente, lo que permite una mayor facilidad en el desprendimiento.
- Para los lavados de recirculación en línea, sería prudente estudiar un diseño CIP (Clean in place), de tal manera que los lavados de limpieza, neutralización y desinfección puedan ser realizados varias veces con la misma solución. La reducción sería función del tiempo de permanencia de la solución en recirculación, y partiría del hecho de que en la actualidad el consumo diario por este tipo de operación es de 2240 Lt.
- Para el caso en el cual no se considere el lavado CIP, la disminución del consumo de agua en la etapa de neutralización puede ser lograda mediante la adición de un agente químico ácido. Las disminuciones serían función de la cantidad de agente utilizado, de tal forma que se llegue a un pH en el cual no existan problemas de acidulación del producto terminado.

5.2.3 CAMBIOS EN LA PRODUCCIÓN PARA LA DISMINUCIÓN DE VERTIDOS.

La producción de ambas líneas está limitada a una serie de operaciones unitarias en las que el uso de las materias primas es independiente de las cantidades de agua a utilizar. Por otro lado, las operaciones de limpieza y desinfección en cada línea involucran concentraciones definidas que determinan los volúmenes de agua mínimos en cada operación. De lo anterior, Las disminuciones de volumen en los efluentes líquidos residuales mediante cambios en la producción se pueden lograr tan solo mediante una programación que minimice:

- La producción de dos o más productos de características diferentes en la línea de Jugos.
- Los lavados de cambio de producto en la línea Cañaverall.

Debido a las características de producción de la planta (Por demanda) y a la relación entre los costos que implica el lavado (Tiempo, vapor de caldera, costos de agua, costos estimados de tasa retributiva) y los beneficios que traería la producción, las consideraciones anteriores pueden ser o no tomadas en cuenta. Las disminuciones de agua y sus respectivos costos pueden ser identificadas en las tablas 5.1 - 5.3. Se debe prestar especial interés en el lavado general de cambio de producción de miel de mezcla a concentrado Cañaverall pues los consumos y costos aproximados corresponden a Lt y pesos / lavado respectivamente.

5.2.4 REUTILIZACIÓN DE VERTIDOS.

En la medida en la que se identifiquen los efluentes líquidos que pueden llegar a ser reutilizados, la cantidad de vertidos a tratar y eliminar sufrirá una disminución correspondiente. En las actividades citadas a continuación, se mezclan los criterios básicos de reutilización y reciclaje de efluentes de las dos líneas de producción antes de su disposición final.

5.2.4.1 REUTILIZACIÓN DE VERTIDOS LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE JUGOS.

- Partiendo de las tablas de separación de vertidos durante producción, es posible identificar un potencial de reciclaje en los efluentes de agua de refrigeración y lubricación de las unidades de clarificación, desaireación, homogenización y descargas 1 y 2 del mezclador. Mediante la disposición de un sistema de recirculación se recuperaría esta agua para volver a ser alimentada en cada una de las unidades. Los ahorros de agua y dinero son extrapolables a partir de la tabla 6.1 y varían dependiendo de los equipos y efluentes considerados para la recirculación.

Consideración: Es muy importante tener en cuenta la consideración adicional referente a la temperatura de salida del mezclador. La relación de factibilidad en la reutilización de este efluente para el sistema de recirculación es función de las masas y temperaturas de las demás corrientes implicadas en la recirculación, así la temperatura final luego de mezcladas las corrientes estaría dada por un balance de energía según el cual:

Calor cedido por la corriente del mezclador = Calor ganado por las demás corrientes

Calor cedido = - (Masa)_{Efluente en el mezclador} × (Calor específico)_{Agua} × (T_{Final} - T_{Agua en el mezclador})

Calor ganado = (Masa)_{Efluente demás corrientes} × (Calor específico)_{Agua} × (T_{Final} - T_{Agua en demás corrientes})

Al despejar la temperatura final en la ecuación general se tiene que

$$T_{\text{Final}} = \frac{\left[\frac{\text{Masa}_{\text{Total de las demás corrientes}}}{\text{Masa}_{\text{Mezclador}}} \times T_{\text{Prom de las demás corrientes}} \right] + T_{\text{Efluente del mezclador}}}{1 + \frac{\text{Masa}_{\text{Total de las demás corrientes}}}{\text{Masa}_{\text{Mezclador}}}}$$

La conveniencia de la temperatura final escogida tendrá que ser analizada por el jefe de mantenimiento.

- Tal como se expuso en el análisis de reducción, las máquinas de extracción están sujetas a una posible intervención que separe los residuos sólidos de la extracción del agua utilizada para la lubricación y refrigeración de pistones. En la medida en la que sea lograda dicha intervención, las posibilidades de reciclaje del efluente de esta etapa pueden ser satisfechas mediante un sistema de recirculación. Es aconsejable que el sistema de recirculación sea considerado solo para esta máquina ya que el agua de lubricación y refrigeración de la máquina de extracción es exclusiva de la preparación de productos cuyas materias primas sean frutos cítricos.
- Otro tipo de reutilización puede ser logrado al destinar parte del agua vertida durante producción en operaciones de lavado y desinfección. En este caso, el efluente limpio de la lubricación, refrigeración y servicio se convierte en agua de lavado, siempre y cuando reúna la calidad requerida para cumplir el objetivo de enjuague, limpieza o desinfección. El estudio se puede hacer efectivo incluso para el abastecimiento de agua de lavado en la línea Cañaveral.

5.2.4.2 REUTILIZACIÓN DE VERTIDOS LÍNEA DE CONCENTRADO CAÑAVERAL.

La dilución de azúcares en los vertidos del lavado convencional de la línea Cañaveral dificulta su reutilización en operaciones y actividades en planta, razón por la cual sus aplicaciones directas se limitan a:

- La reutilización como agua de dilución y ajuste de sólidos durante producción

- Posibles comercializaciones como subproducto o reutilización como agente edulcorante de jugos o concentrados azucarados.
- El estudio de factibilidad en la elaboración de un producto natural (análogo a club K-ña) consistente en una bebida refrescante a base de azúcares de caña, que reúna condiciones microbiológicas y de mercado viables.

Todas estas posibles reutilizaciones están ligadas a un estudio microbiológico del comportamiento del efluente según concentración (°Brix), volumen, condiciones de recolección y almacenamiento.

5.3 ANÁLISIS DE REDUCCIÓN DE CARGAS CONTAMINANTES EN LOS EFLUENTES LÍQUIDOS RESIDUALES DE LA EMPRESA ALIMENTOS CAÑAVERAL.

Cualquier tipo de reducción en el volumen de los efluentes influye directamente en su concentración de agentes contaminantes, por lo cual, las reducciones adoptadas deben considerar las repercusiones a los sistemas de tratamiento propuestos.

La reducción del poder contaminante es el segundo objetivo de una planta industrial, preocupada por el tratamiento de vertidos. Cualquier acción para disminuir la carga total de materia contaminante en los vertidos industriales representa un ahorro debido a la reducción de las necesidades en el tratamiento de estos vertidos. Según Nemerow [7], el poder contaminante puede ser reducido por: Cambios en el proceso, modificaciones en el equipo industrial, segregación de vertidos, mezcla de vertidos y recuperación de vertidos. El análisis de estas actividades de reducción es función del balance real de aguas en las dos líneas de producción estudiadas.

5.3.1 CAMBIOS EN EL PROCESO

Ninguna actividad productiva puede sobrevivir en el mercado sin revisar y analizar continua, y de una forma crítica, sus técnicas de producción. De este análisis y revisión es posible identificar cambios en el proceso que reduzcan la contaminación de los vertidos, al variar aquellas operaciones o procesos molestos desde el punto de vista de contaminación [7]. La reducción de agentes contaminantes mediante cambios en el proceso está ligada a:

- La forma en la cual se efectúan las operaciones y procesos unitarios en las actividades de producción, lavado y desinfección.
- El poder contaminante de los residuos generados a partir de la materia prima no aprovechada y de otras sustancias empleadas en la producción.
- Los agentes químicos empleados en las operaciones de limpieza y desinfección.

Para el caso particular de la empresa alimentos Cañaveral S.A, la disminución de agentes contaminantes mediante cambios en el proceso presenta se dificulta debido principalmente a:

- Las transformaciones a las que son sometidas las materias primas se limitan a operaciones unitarias de mezcla y acondicionamiento, las cuales son resultado de una amplia investigación que satisface características de producto terminado y relaciones favorables de costo beneficio en cuanto a consumos energéticos, eficiencias, etc.
- Aunque las materias primas empleadas en la producción de las líneas de jugos (frutos y pulpas) y Cañaveral (miel virgen) son responsables de gran parte de la contaminación, no pueden ser cambiadas pues tienen relación directa con el objetivo comercial del producto elaborado.
- Las otras sustancias empleadas durante la producción son microingredientes mezclados con el producto elaborado, por lo tanto no se consideran como fuente de contaminación.
- Es imposible suprimir los lavados convencionales, ya que constituyen un paso crucial antes de las operaciones de lavado de recirculación en línea.
- La contaminación por agentes químicos durante lavado y desinfección es producto de una rutina establecida para industrias alimenticias, razón por la cual, la disminución solo es posible mediante el uso adecuado de soluciones de limpieza (NaOH) y desinfección, la implementación de detergentes con agentes biodegradables.

A pesar de las dificultades expuestas anteriormente, la reducción de contaminantes puede ser lograda mediante la implementación de políticas de producción que aseguren alta eficiencia y buenas prácticas de manejo ya que se disminuyen pérdidas de producto elaborado, tiempos de operación (rendimientos de extracción y producción), lavados innecesarios, reprocesos y demás inconvenientes que alteren la cadena normal de producción compuesta por tiempos estándar de producción y lavados necesarios para volúmenes de producción. La cuantificación de estas reducciones varía considerablemente, sin embargo puede llegar a valores representativos tras un

análisis mensual o anual de reducción en actividades innecesarias de alto poder contaminante como: lavados de recirculación en línea, lavados convencionales y producción fuera de parámetros.

5.3.2 MODIFICACIONES EN EL EQUIPO INDUSTRIAL

Por medio de cambios en el equipo se puede lograr una reducción en el poder contaminante de los vertidos, normalmente reduciendo las cantidades de contaminantes que entran o salen de los mismos [7]. Las modificaciones a considerar deben ser objeto de un análisis técnico económico, de tal forma que se logren soluciones aceptables mediante inversiones mínimas. Algunas de las consideraciones para la modificación del equipo industrial en la planta de producción de la empresa Alimentos Cañaveral S.A. se reúnen en:

Modificaciones en el equipo industrial de la línea de Jugos

- La modificación de la máquina extractora consiste en la separación de los residuos sólidos y el agua de refrigeración y lubricación. Se debe evitar cualquier contacto entre estas sustancias para asegurar la disminución de contaminantes. Los beneficios se pueden agrupar en: reducción de residuos sólidos en el efluente líquido (Cáscaras, membranas y semillas), separación de semillas para una posible comercialización, reducción de aceites esenciales (emulsiones) en los efluentes líquidos, reducción del volumen de agua residual tras la implementación de sistemas de recirculación o reutilización. Para beneficios adicionales ver sección 5.2.
- Pueden ser implementadas una serie de rejillas de separación de residuos sólidos antes del canal de desagüe para prevenir que se escapen semillas y restos que aumenten el poder contaminante y la densidad del vertido.
- La incorporación de leves pendientes en las tuberías que comunican bombas y equipos podrían disminuir pérdidas y reprocesos, así como la cantidad de agua para el arrastre de producto.
- Es prudente una revisión de los sistemas de bombeo (Ubicación y características de las bombas), para proponer posibles modificaciones que mejoren el desempeño de la línea.

Modificaciones en el equipo industrial de la línea de concentrado Cañaveral

- Debido a las distancias entre los cuartos de producción y envasado (aprox 10 m), la zona de almacenamiento y el cuarto de producción (aprox 20 m), se propone estudiar posibles modificaciones a los sistemas de bombeo actualmente empleados, para determinar de que forma se pueden reducir las pérdidas y reprocesos en la línea. Dentro de las alternativas propuestas están la implementación de bombas intermedias o de pendientes en la tubería de conducción.
- La disposición de válvulas, tuberías de alimentación y descarga de algunos equipos (tanque de enfriamiento y tanques de almacenamiento de miel virgen) dificultan la evacuación del producto o materia prima, por lo cual se incrementa la carga contaminante durante el lavado convencional (producto o materia prima remanente).

5.3.3 SEGREGACION DE VERTIDOS

La segregación de vertidos reduce el poder contaminante y los problemas de tratamiento del vertido final de la planta industrial. Cualquier tipo de reducción en volumen, por separación de aguas de servicio, proceso y lavado produce un ahorro en el tamaño final de la planta de tratamiento. El principal objetivo de esta actividad es producir dos vertidos: Uno concentrado y de pequeño volumen y otro débil con casi el mismo volumen del vertido original sin separar. El vertido concentrado y de pequeño volumen puede ser tratado entonces con métodos específicos de su problema, mientras que el otro puede ser tratado con tratamientos fisicoquímicos leves. Aunque esta separación puede incrementar el poder contaminante del vertido que se trata, se producirá normalmente un efluente final que contiene menos materia contaminante [7].

Para el caso de los efluentes líquidos de la empresa, la segregación de vertidos aplica igualmente al análisis efectuado para la separación de vertidos (sección 5.2.1). La consideración general desde el punto de vista de contaminación radica en que las aguas residuales que necesitan de tratamiento biológico estricto se limitan a las producidas en etapas de extracción y clarificación (Línea de jugos) y en las operaciones de lavado convencional (Ambas líneas).

5.3.4 MEZCLA DE LOS VERTIDOS

Las plantas que tienen productos elaborados en procesos diversos, prefieren mezclar sus vertidos. Esto requiere tanques de mezcla de un cierto periodo que depende del tiempo necesario para que se produzcan vertidos repetidos, de tal forma que el efluente sea más constante en sus características.

Entre los objetivos de la mezcla está mantener constante el pH, la DBO y la precipitación de los sólidos y metales pesados. Los efluentes de características constantes se tratan más fácil y eficientemente que los variables.

La planta de tratamiento a proponer en la empresa Alimentos Cañaveral ha de tratar los efluentes residuales de las dos líneas de producción, de manera conjunta con las aguas residuales domésticas. Atendiendo al análisis efectuado para la separación de vertidos (sección 5.2.1), la mezcla de vertidos debe reunir por aparte la segregación de vertidos de ambas líneas, de tal forma que se efectúen tratamientos biológicos a las aguas de contenidos orgánicos y fisicoquímicos a las demás (previa autorización de la Autoridad Ambiental).

5.3.5 RECUPERACIÓN DE SUBPRODUCTOS

La recuperación de subproductos se considera como el único aspecto que puede generar rentabilidad. Sin embargo, muchos profesionales desprecian esta solución debido a las estadísticas relacionadas con el bajo porcentaje de subproductos que se obtienen con éxito de los vertidos. De todas formas, la utilización de algún subproducto elimina claramente, por lo menos, alguna de las materias que normalmente deben ser retiradas del efluente. Se debe estimular la investigación para la búsqueda de subproductos, aunque solo sea para dar un mayor conocimiento del proceso en los problemas de vertidos. Puesto que algunos vertidos son muy difíciles de tratar, a un bajo costo, se recomienda que la dirección de la industria afectada considere la posibilidad de construir una planta de recuperación que puede producir un subproducto comerciable y al mismo tiempo resolver un molesto problema de vertidos [7].

En el caso particular de la empresa alimentos Cañaveral S.A. la recuperación de subproductos se debe encaminar a los efluentes durante etapas de producción o a los comprendidos por los lavados convencionales, por lo cual el análisis para cada línea de producción cumple con:

Recuperación de subproductos en la línea de Jugos

La recuperación de subproductos de la línea de jugos debe ser encaminada principalmente a los residuos sólidos generados durante la extracción y la clarificación. Algunos detalles de este tipo de recuperación en grandes industrias a nivel mundial se encuentran en los manuales del departamento

de agricultura de los estados unidos (4, 14, 15). Las consideraciones para la adopción de esta alternativa están basadas en criterios generales de aprovechamiento teórico (eficiencias de extracción) y en condiciones actuales de producción (Cantidad de residuos generados) referenciadas por el balance real de aguas.

Para el caso de los lavados convencionales, no se efectúan propuestas debido a la concentración de sustancias recuperables presentes en los efluentes una vez recuperado el producto remanente.

Recuperación de subproductos en la línea de concentrado Cañaveral

Teniendo en cuenta que la recuperación de subproductos en la línea Cañaveral se limita a lavados convencionales, es importante identificar que:

- El efluente tiene un alto contenido de solubles (Carbohidratos), por lo cual no es posible considerar el subproducto como una sustancia aparte del agua. De allí que cualquier tipo de recuperación deba considerar una solución de contenidos variables de azúcares disueltos.
- Los rangos de concentración de los efluentes (3 - 20 °Brix) son fácilmente atacados por microorganismos, generando una rápida descomposición (oxidación) que puede intervenir en las características microbiológicas del efluente recuperado.

La dilución de azúcares representa una fuente importante de contaminación orgánica, razón por la cual su recuperación como subproducto manifiesta beneficios considerables. Es indispensable tener un control estricto sobre la actividad microbiológica de las aguas de lavado, por lo cual se deben promover pruebas que tengan en cuenta la temperatura, procedencia, volumen, grados Brix y condiciones de recolección del efluente de lavado. En la medida en que las pruebas cumplan con el análisis microbiológico (mesófilos, hongos, levaduras y coliformes), se deben evaluar tiempos de duración de condiciones asépticas así como propiedades de almacenamiento para determinar los puntos de partida necesarios para la recuperación propuesta. El análisis microbiológico de recolección y almacenamiento de aguas residuales de lavado convencional determinará cuales efluentes son aptos para un posterior análisis de recuperación.

Dentro de las recuperaciones propuestas se tienen:

Ajuste de sólidos: El agua empleada para el ajuste de sólidos debe cumplir con un volumen tal que asegure la concentración final del producto terminado. Partiendo del balance teórico, el promedio de adición de agua durante la producción de concentrado Cañaveral es de 90 Lt por batche. Considerando que el volumen de agua añadida varía en función de los grados Brix , la adición puede ser representada por la siguiente ecuación:

$$V_{\text{Agua para ajuste}} = \frac{V_{\text{prod elaborad}} \times \rho_{\text{prod elaborad}} (\text{°Brix}_{\text{prod elaborad}} - \text{°Brix}_{\text{deseados}})}{(\text{°Brix}_{\text{deseados}} - \text{°Brix}_{\text{Agua para ajustes}}) \rho_{\text{Agua para ajuste}}}$$

Comercialización de subproductos: Las aguas de lavado convencional pueden ser comercializadas como bebidas refrescantes (Aprox 10-15 °Brix), o ser utilizadas como edulcorantes naturales en la producción de Jugos de frutas de color oscuro (mora).

Dilución de microingredientes: El agua empleada en la dilución de microingredientes para la producción de concentrado puede ser sustituida por agua de lavado convencional.

Concentración de aguas de lavado convencional: dentro de las alternativas propuestas para la recuperación de subproductos en la línea de concentrado Cañaveral se tiene la utilización de las marmitas para una posible concentración de las aguas de lavado, de tal forma que se incrementen los grados Brix hasta valores en los cuales se disminuya el riesgo de actividad microbiológica.

En el análisis final, las consideraciones económicas y los requerimientos del control de contaminación, juegan los papeles más importantes en las decisiones relacionadas con el aprovechamiento de subproductos.

6. PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO DEL RECURSO AGUA.

6.1	Lineamientos generales.....	6-1
6.2	Objetivos del plan de manejo del recurso agua.....	6-2
6.3	Estrategias y metas del plan de manejo del recurso agua.....	6-3
6.3.1	<i>Estrategias para asegurar el consumo mínimo de agua.....</i>	6-4
6.3.2	<i>Metas para asegurar el consumo mínimo de agua.....</i>	6-6
6.3.3	<i>Estrategias para asegurar la carga contaminante mínima en el agua residual de la empresa.....</i>	6-9
6.3.4	<i>Metas para asegurar la carga contaminante mínima de aguas residuales</i>	6-11
6.3.5	<i>Estrategias para asegurar que el tratamiento de las aguas residuales, cumpla con parámetros de vertimiento.....</i>	6-14
6.3.6	<i>Metas para asegurar el tratamiento de aguas residuales.....</i>	6-14

6.1 LINEAMIENTOS GENERALES

El plan de manejo del recurso agua en la empresa Alimentos Cañaveral S.A. reúne una serie de propuestas referentes a posibles acciones a adoptar en la planta de personal y producción, de tal forma que exista una repercusión directa en la utilización de agua potable y disposición de aguas residuales llevadas a cabo en la actualidad. La metodología de formulación del plan de manejo se compone de tres apartes relacionados entre sí. Los apartes considerados son:

i) Objetivos del plan: El plan de manejo del recurso agua debe fijar claramente los objetivos perseguidos por la empresa, teniendo en cuenta las necesidades, problemáticas y prioridades actualmente identificadas.

ii) Estrategias del plan: El plan de manejo del recurso agua ha de proponer diversas acciones y estrategias que permitan el alcance de cada uno de los objetivos específicos. Las estrategias propuestas son consecuentes al estudio de las características de intervención del recurso agua en la planta. Como factor adicional, las estrategias deben ser objeto de un análisis técnico económico para descartar o corroborar las acciones a llevar a cabo.

iii) Metas del plan: Una vez identificados los objetivos y estrategias para el cumplimiento de los mismos, es indispensable fijar los alcances y tiempos que satisfagan las propuestas efectuadas. Las metas del plan de manejo deben ser cuantificables y contar con un seguimiento que permita una constante evaluación de alcances y desempeños sobre las acciones adoptadas.

El plan de manejo debe ser concertado entre directivos, jefes de sección y supervisores, de tal forma que involucre la participación multidisciplinaria de todo el personal de la empresa. Para el caso particular de la empresa Alimentos Cañaveral S.A. se presenta a continuación una formulación que ha de servir como punto de partida a diversas acciones reales que satisfagan las necesidades actuales de reducción de consumo de agua potable y generación de aguas residuales.

La metodología de formulación se lleva a cabo mediante una presentación conjunta de los objetivos considerados por el plan, seguida de las estrategias y metas consideradas para cada objetivo. Tanto las estrategias como las metas pueden ser modificadas o ampliadas, luego del consenso entre el personal encargado de la revisión final.

6.2 OBJETIVOS DEL PLAN DE MANEJO DEL RECURSO AGUA EN LA EMPRESA ALIMENTOS CAÑAVERAL S.A

El plan de manejo reúne tres objetivos principales:

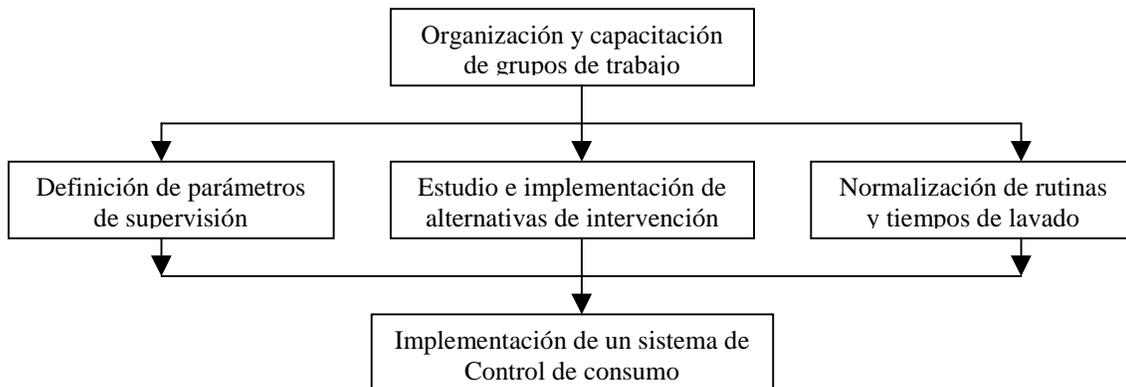
- 6.2.1 Asegurar que el consumo de agua involucrado en las actividades normales de ambas líneas de producción corresponda al mínimo posible.
- 6.2.2 Asegurar que la carga contaminante de los efluentes líquidos residuales producidos por las dos líneas de producción corresponda a la mínima posible.
- 6.2.3 Efectuar el tratamiento de los efluentes líquidos residuales, de tal forma que cumplan con los parámetros de vertimiento exigidos por la Autoridad Ambiental del departamento.

6.3 ESTRATEGIAS Y METAS DEL PLAN DE MANEJO DEL RECURSO AGUA EN LA EMPRESA ALIMENTOS CAÑAVERAL S.A

Las estrategias y metas se desarrollan en función de los objetivos propuestos, por lo cual:

6.3.1 ESTRATEGÍAS PARA ASEGURAR EL CONSUMO MÍNIMO DE AGUA.

Con base en el estudio realizado, la disminución en el consumo de agua industrial puede ser lograda mediante el seguimiento de cinco estrategias básicas, las cuales se reúnen en el siguiente diagrama:



La descripción de cada una de las estrategias cumple con:

6.3.1.1 Organización y capacitación de grupos de trabajo: Esta estrategia pretende concientizar al personal, en cuanto a los beneficios y garantías acarreadas en la adopción de un manejo integral del recurso, estimulando las acciones encaminadas a la reducción del consumo. Una vez conocidas la condiciones actuales y las posibles proyecciones del consumo global en la planta se deben organizar grupos de trabajo para el estudio y adopción de propuestas. Los grupos de trabajo deben reunir objetivos específicos afines con su desempeño en la planta, para lo cual se proponen tres grupos multidisciplinarios encargados de las tres estrategias siguientes.

6.3.1.2 Definición de parámetros de supervisión: Es indispensable mantener una constante supervisión de los consumos de agua industrial y de las relaciones empleadas en la resolución de balances de materia (tiempos y porcentajes de extracción, caudales de pasteurización, etc), de tal forma que se adquiera una base de datos representativa que relacione los consumos de agua de servicio, lavado y desinfección con los volúmenes de producción. Los parámetros de supervisión deben definir la regularidad de la toma de datos teniendo en cuenta tiempos de producción ininterrumpida en cada línea.

6.3.1.3 Estudio e implementación de las alternativas de intervención: Las alternativas de intervención buscan una disminución representativa en el consumo de agua industrial, traducida a su vez en reducciones del volumen de agua residual a ser tratada Biológicamente. Dentro de las alternativas analizadas se tienen la separación de vertidos, retención de aguas residuales, cambios en la producción, reutilización de vertidos e intervención de equipos sobre puntos críticos. Debido a la necesidad de estudios tecnico-económicos, el grupo de trabajo debe estar compuesto por directivos, jefes de sección y supervisores.

6.3.1.4 Normalización de rutinas y tiempos de lavado y desinfección: Las rutinas de lavado deben estar asegurar el cumplimiento de los objetivos de limpieza y desinfección en cada línea, además de definir el consumo fijo de agua y agentes químicos empleados en lavados de recirculación en línea. Para el caso de lavados convencionales se debe tener en cuenta los tiempos y consumos promedios que satisfagan el éxito de la operación y disminuyan pérdidas innecesarias.

6.3.1.4 Implementación de un sistema de control de consumo de agua: El buen desempeño de las estrategias anteriores debe ser evaluado mediante un sistema de control de consumo, de tal forma que se puedan hacer diagnósticos reales de las condiciones de consumo en la planta. El control ha de comparar los reportes de consumo facturados con los identificados durante las operaciones de producción, lavado y desinfección (Balances de materia). El sistema de control ha de considerar la tabulación de la información.

6.3.2 METAS PARA ASEGURAR EL CONSUMO MÍNIMO DE AGUA.

Las metas propuestas tienen una relación directa con las estrategias propuestas y pueden ser agrupadas en:

6.3.2.1 Metas de capacitación y organización de grupos de trabajo:

- Efectuar una capacitación general que discuta los alcances del proyecto "Formulación de un plan de manejo del recurso agua en la empresa alimentos Cañaveral S.A", así como la proyección del plan y la posible participación de los empleados de la empresa.
- Organizar y estructurar los grupos de trabajo que han de afrontar las estrategias de: Definición de parámetros de supervisión, Estudio e implementación de intervenciones y Normalización de rutinas de lavado y desinfección.
- Efectuar una capacitación específica dirigida a cada grupo de trabajo, cuya temática reúna: Los lances de cada estrategia, Planeación de alcances en periodos de tiempo determinados y Parámetros de evaluación.
- Programar diversas reuniones con todo el personal de la planta para dar a conocer las particularidades, alcances y avances de cada grupo de trabajo.

6.3.2.2 Metas de definición de parámetros de supervisión:

- Definir la regularidad y el periodo de tiempo para la toma de datos referentes a las relaciones de proceso, lavado y desinfección necesarias para la resolución de los balances de materia. Se recomienda que la toma de datos se efectúe mínimo una vez al mes, además de descartar progresivamente el seguimiento de aquellas variables que permanezcan constantes o no sean

objeto de variaciones apreciables. (Caudales de servicio, pasteurización, extracción, etc). Debido a su alta variación, se debe prestar especial atención en las variables de lavado y desinfección de las líneas de Jugos y concentrado Cañaveral

- Diseñar las tablas de datos necesarias para recopilar la información de las variables sometidas a supervisión. Este aparte considera además la asignación de responsables para la toma de datos.
- Canalizar la información mensual de producción a la hoja de cálculo de resolución del balance de materia, de tal forma que se tenga una relación directa entre la producción y el consumo de agua industrial.

6.3.2.3 Metas para el estudio e implementación de las alternativas de intervención:

Las alternativas de intervención propuestas están sujetas a un análisis técnico económico, razón por la cual se deben identificar las prioridades y factibilidades de cada grupo de alternativas. Se espera que en un plazo de cinco meses se tenga identificada una planeación de las posibles intervenciones a ejecutar, de tal manera que se presente un cronograma que excluya del diseño de la planta de tratamiento los efluentes líquidos residuales intervenidos. Los principales apartes en la intervención de líneas de producción se reúnen en:

- Definir la factibilidad en la implementación de un sistema de *separación de vertidos* que considere tres efluentes principales:
 - i) Aguas de lubricación, refrigeración, precalentamiento y enfriamiento de línea: Con gran posibilidad de reutilización, reciclaje y recuperación. No necesitar ningún tratamiento fisicoquímico para su disposición final como agua residual.
 - ii) Aguas de lavado de recirculación en línea: Con gran posibilidad de reutilización y reciclaje. Necesitan de un tratamiento fisicoquímico leve (neutralización y homogenización), así como de un permiso de la Corporación para ser vertidos como agua residual.
 - iii) Aguas de proceso en línea de Jugos y lavado convencional: Con posibilidades de reutilización. Necesitan de un tratamiento Biológico estricto para la disminución de material orgánico soluble.
- Definir las intervenciones aplicables para la *retención de aguas residuales* concernientes a:

- i) Implementación de mecanismos de control de caudal en mangueras, rastrillos de caucho para el barrido de sólidos y lavado CIP (Clean in Place) en la línea de Jugos.
 - ii) Estudio de implementación de lavado CIP (Clean in Place) y de incorporación de agentes ácidos para la neutralización de los lavados de recirculación en la línea de conc Cañaveral.
- Definir la *reutilización de vertidos* en ambas líneas de producción, haciendo énfasis en:
 - i) La implementación del sistema de recirculación del agua de servicio (Clarificación, Desaireación, Homogenización y Pasteurización) en la línea de Jugos.
 - ii) La intervención de la máquina de extracción, que de pie a una posible recirculación de agua de refrigeración y lubricación.
 - iii) La posible reutilización de agua de servicio durante producción, para fines de lavado convencional y de recirculación en línea.

6.3.2.4 Metas para la normalización de rutinas y tiempos de lavado y desinfección:

En un periodo de tres meses deben estar actualizadas y estandarizadas las rutinas de lavado y desinfección, teniendo en cuenta las posibles reducciones propias de las etapas u operaciones que pueden ser intervenidas. Las metas específicas corresponden a:

- Recopilar la información de las rutinas seguidas actualmente en la empresa.
- Identificar las operaciones de lavado y desinfección que no siguen una rutina definida.
- Proponer las rutinas de lavado para las diversas operaciones de la planta, de manera que satisfagan los objetivos de limpieza y desinfección.

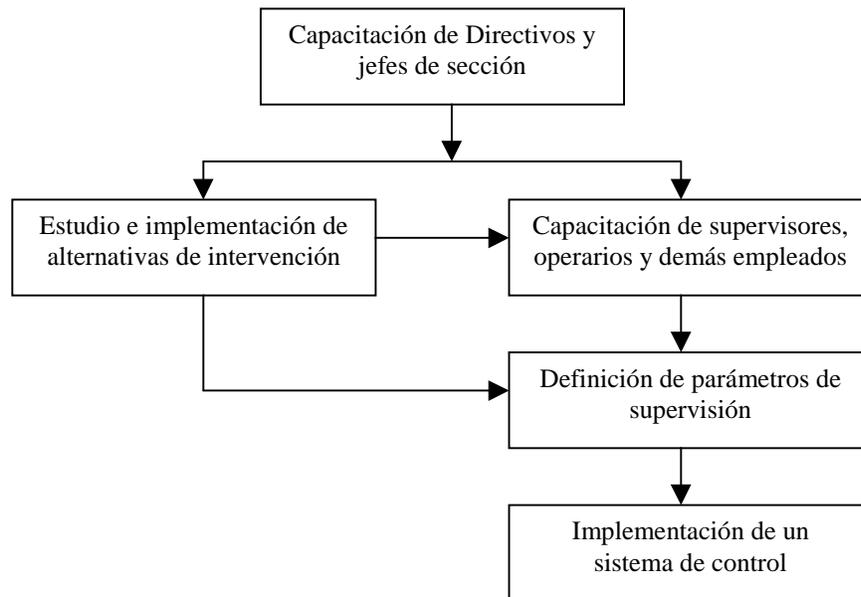
6.3.2.4 Metas para la implementación de un sistema de control:

El sistema de control del consumo de agua está ligado a las demás estrategias propuestas, razón por la cual su duración está limitada a la estrategia más prolongada (Estudio e implementación de intervenciones). En la medida en la que se obtengan resultados de cada estrategia, deben ser definidos los sistemas de control específicos para cada meta cumplida. La meta específica seguida por el sistema de control debe ser:

- Diseñar un informe de consumo de agua análogo a los informes mensuales de producción. Este informe debe estar basado en las hojas de cálculo del balance de materia, de tal forma que exista una relación directa entre consumos de agua, volúmenes de producción y número aproximado de lavados.

6.3.3 ESTRATEGÍAS PARA ASEGURAR LA CARGA CONTAMINANTE MÍNIMA EN EL AGUA RESIDUAL DE LA EMPRESA (II - OBJETIVO).

Las estrategias para la disminución de carga contaminante se asemejan a las propuestas para el cumplimiento del primer objetivo (Disminución de consumo). Entre los apartes comunes se tienen la capacitación del personal, los parámetros de supervisión, el estudio e implementación de alternativas de intervención y el sistema de control, sin embargo, la estructura de disposición de estrategias varía considerablemente entre los dos objetivos. Para asegurar la carga contaminante mínima se sugiere adoptar el siguiente diagrama:



La descripción de cada una de las estrategias cumple con:

6.3.3.1 Capacitación de directivos y jefes de sección: Aunque la disminución de la contaminación es compromiso de todos los empleados de la planta, las soluciones a este tipo de problemáticas han de partir desde las directivas de la empresa, debido principalmente a los análisis costo benefician las

inversiones económicas propias de las acciones de intervención. Es de vital importancia capacitar a los directivos acerca de las alternativas propuestas en el siguiente trabajo para que de allí se conforme el grupo de estudio de factibilidad de intervención y además se identifiquen los aspectos fundamentales de participación directa de los demás empleados de la planta, de tal forma que se direccionen capacitaciones adecuadas con su labor.

6.3.3.2 Estudio e implementación de alternativas de intervención: La reducción de contaminación presenta alternativas propias, divididas en cambios en el proceso, modificaciones en el equipo industrial, segregación de vertidos, mezcla de vertidos y recuperación de subproductos. A diferencia de las intervenciones para la reducción de consumo, éstas requieren de inversiones considerables que obligan a estudios técnico económicos rigurosos. Teniendo en cuenta la relación directamente proporcional entre la inversión económica y la disminución de contaminantes, el grupo de trabajo para el estudio de esta propuesta debe estar en cabeza de la junta directiva.

6.3.3.3 Capacitación de supervisores, operarios y demás empleados: Es necesario concientizar al personal, en cuanto a la diversidad de agentes contaminantes identificados en la empresa, y su relación directa con las actividades normalmente efectuadas por operarios, supervisores y demás empleados. Esta capacitación debe estar acorde con las actividades reales de intervención en la planta, por lo cual ha de ser el producto de el estudio de alternativas de intervención y de la capacitación rigurosa de directivos y jefes de sección.

6.3.3.4 Definición de parámetros de supervisión: Una vez identificadas las posibles alternativas de disminución de carga contaminante, se deben definir los parámetros y variables a supervisar, de tal forma que se tenga un pleno conocimiento de las características reales de los efluentes (Puntos de comparación en la reducción). La supervisión puede apuntar a las características fácilmente medibles en las aguas residuales de la empresa (Caudales, Temperaturas, °Brix y sólidos sedimentables, entre otros). Como beneficio se tendría una caracterización representativa, la cual se traduce en conocimiento de efluentes (posibles recuperaciones) y parámetros teóricos de contaminación.

6.3.3.5 Implementación de un sistema de control de contaminantes: Es necesario mantener un monitoreo constante sobre los agentes contaminantes generados en la empresa, de tal forma que se tengan bases para la propuesta de un sistema de control que asegure una información estructurada

de las características de las aguas residuales en cualquier momento. El sistema de control permitirá efectuar diagnósticos ocasionales acerca del desempeño de las estrategias de reducción anteriores, considerando intervalos de tiempo para la ejecución de los análisis de caracterización de aguas.

6.3.4 METAS PARA ASEGURAR LA CARGA CONTAMINANTE MÍNIMA DE AGUAS RESIDUALES (II - OBJETIVO).

6.3.4.1 Metas para capacitación de directivos y jefes de sección:

- Dar a conocer a directivos y jefes de sección los agentes contaminantes identificados en las aguas residuales de la empresa, haciendo énfasis en sus repercusiones y relaciones con las problemáticas ambientales presentadas en la actualidad.
- Efectuar una capacitación específica acerca de las alternativas de disminución consideradas en el proyecto "Propuesta de un plan de manejo del recurso agua en la empresa Alimentos Cañaveral S.A."
- Proponer las bases de formulación para la reducción de agentes contaminantes, de tal forma que se propongan alternativas de disminución adicionales.

6.3.4.2 Metas para el estudio y la implementación de alternativas de intervención:

Las alternativas de intervención propuestas deben ser estudiadas para que en un periodo de cinco meses se presente la planeación de intervenciones a ejecutar de manera conjunta a las soluciones de disminución en el consumo. Los puntos de partida para la definición de alternativas están compuestos por:

- Definición de alternativas concernientes a *cambios en el proceso*:
 - i) Motivación y control en la implementación de políticas de producción que aseguren alta eficiencia y buenas prácticas de manejo que disminuyan las pérdidas de producto elaborado, tiempos de operación (rendimientos de extracción y producción), lavados innecesarios y demás inconvenientes que alteren la cadena normal de producción.

- Definición de alternativas concernientes a *modificaciones del equipo industrial*:
 - i) Modificación de la máquina de extracción, de tal forma que se evite el contacto entre el agua de lubricación y los residuos sólidos y líquidos (emulsión de aceites) de la extracción.
 - ii) Implementación de sistemas de retención de sólidos antes de ser dispuestos en el canal de desagüe de aguas residuales.
 - iii) Incorporación de pendientes en las tuberías que comunican bombas, equipos y tanques para asegurar la disminución en pérdidas de producto y materias primas, reprocesos y cantidades de agua para el arrastre de producto.
 - iv) Revisión de sistemas de bombeo, para la posible incorporación de bombas intermedias para el arrastre de productos y materias primas en largos trayectos de tubería.
 - v) Modificación en algunos de los sistemas de evacuación en los tanques de producto terminado o materias primas (Tanque de enfriamiento de concentrado cañaveral y tanques de almacenamiento de miel virgen)

- Definición de alternativas de *segregación y/o mezcla de vertidos*:
 - i) La segregación de vertidos se asemeja al aparte de separación de vertidos (Pág 6-5), según el cual se consideran tres efluentes principales con sus respectivas características de intervención y tratamiento (Aguas de lubricación, Aguas de lavado de recirculación en línea y Aguas de proceso y lavado convencional).
 - ii) La mezcla de vertidos se debe efectuar luego de especificar la segregación de vertidos, de tal forma que se consideren los tratamientos específicos y posibles mezclas de las aguas descritas para las dos líneas de proceso.

- Definición de alternativas de *recuperación de subproductos*
 - i) Dar a conocer las posibles recuperaciones de los subproductos considerados en las aguas residuales de la línea de producción de jugos.
 - ii) Especificar la metodología del análisis microbiológico de efluentes posiblemente recuperados, haciendo énfasis en la temperatura, Procedencia, Volumen, Grados Brix y condiciones de recolección del efluente de lavado.

- iii) A partir de los resultados del análisis microbiológico de efluentes potenciales de recuperación, definir la participación del mismo en actividades de ajuste de sólidos, comercialización como subproducto, dilución de microingredientes y concentración para uso posterior.

6.3.4.3 Metas para capacitación de supervisores, operarios y demás empleados:

Esta capacitación se debe efectuar de tal forma que tenga como meta:

- Dar a conocer los agentes contaminantes de interés para la empresa, así como su relación directa con las etapas u operaciones llevadas a cabo por cada uno de los empleados.
- Dar a conocer la participación específica de cada empleado ante las posibles intervenciones y las políticas de aseguramiento de la calidad.

6.3.4.4 Metas para la definición de parámetros de supervisión:

Los parámetros de supervisión para la identificación teórica de agentes contaminantes aplican de igual forma a los propuestos para la disminución de consumo, razón por la cual las metas específicas se dividen en:

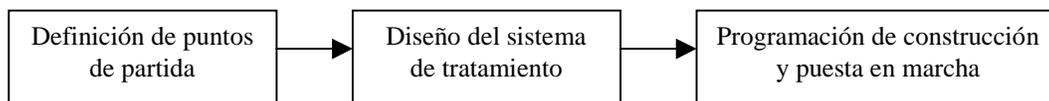
- Definición de la regularidad y periodos de tiempo para la toma de datos.
- Diseño de tablas de datos para la recopilación de información de variables sometidas a supervisión, de tal forma que se acoplen a las hojas de cálculo de resolución de balances.

6.3.4.4 Metas para implementación de sistemas de control:

El sistema de control del consumo de agua está ligado a las demás estrategias propuestas, por lo que su duración se limita a la estrategia más prolongada (Estudio e implementación de intervenciones). En la medida en la que se obtengan resultados de cada estrategia, deben ser definidos los sistemas de control específicos para cada meta cumplida, de allí que la meta propuesta corresponda al diseño de un informe detallado de volúmenes y agentes contaminantes identificados en la empresa.

6.3.5 ESTRATEGÍAS PARA ASEGURAR QUE EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES, CUMPLA CON PARÁMETROS DE VERTIMIENTO.

Las estrategias para asegurar el tratamiento de las aguas residuales están compuestas por tres etapas consecutivas, cada una de las cuales cumple con:



6.3.5.1 Definición de puntos de Partida: Debido a las futuras responsabilidades e implicaciones económicas la empresa debe tener pleno conocimiento de las características de sus aguas residuales en el momento de aprobar el diseño de las unidades de tratamiento. La definición de parámetros de partida tiene por objeto identificar las características esperadas en las aguas residuales, de tal forma que se apruebe el diseño de la planta al prever las posibles acciones de intervención futuras.

6.3.5.2 Diseño del sistema de tratamiento para las aguas residuales de la empresa: Efectuar el diseño de la planta que cumpla con los parámetros de remoción exigidos por el decreto 1594/84. Es importante que el diseño incluya la estimación de costos de funcionamiento y de inversión de las unidades propuestas.

6.3.5.3 Programación de la construcción y puesta en marcha: Presentar una propuesta de construcción por etapas que minimice los impactos económicos y permita una mejor disposición del presupuesto de la empresa. Esta propuesta debe considerar, de común acuerdo con Corpocaldas, los posibles permisos para implementar las unidades de tratamiento primario y secundario por separado, en intervalos de tiempos viables para la inversión presupuestada.

6.3.6 METAS PARA ASEGURAR EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

La relación de metas para el tercer objetivo cumple con:

6.3.6.1 Metas para la definición de puntos de Partida

- Una vez presentado el cronograma de intervención en líneas de producción, se deben fijar las características de las aguas residuales que pueden variar considerablemente.
- Determinar el grado de intervención en líneas de proceso que haga posible la caracterización representativa de las aguas residuales.
- Para el caso de las intervenciones a largo plazo, es posible especificar el programa de monitoreo y caracterización que aplique a la identificación de las características finales del efluente

6.3.6.2 Metas para el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales

- Diseñar el sistema del tratamiento de aguas residuales.
- Presentarlo ante la Autoridad ambiental para tramitar los permisos necesarios para la construcción y puesta en marcha .

6.3.6.3 Metas para la programación de construcción y puesta en marcha del sistema de tratamiento de aguas residuales

- Estudiar y tramitar la propuesta de construcción por módulos, de tal forma que se amolde a los recursos disponibles por la empresa.
- Elaborar la programación del diseño final del sistema de tratamiento, considerando el cronograma de ejecución de las obras civiles.

7. RECOMENDACIONES PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Criterios de selección y propuestas para el sistema de tratamiento de los efluentes líquidos

7.1	Generalidades.....	7-1
7.2	Recopilación teórica para el estudio en cuestión.....	7-1
7.3	Definición de los parámetros de diseño.....	7-2
7.3.1	<i>Caracterización del agua residual a tratar.....</i>	7-2
7.3.2	<i>Caracterización fisicoquímica del efluente líquido residual.....</i>	7-3
7.3.3	<i>Recomendaciones para la caracterización futura de aguas residuales.....</i>	7-7
7.4	Proceso sistemático para el diseño definitivo.....	7-7
7.4.1	<i>Criterios de selección de las unidades de tratamiento de aguas residuales en la empresa Alimentos Cañaveral S.A.....</i>	7-8
7.5	Recomendaciones aplicables a la selección del sistema de tratamiento de aguas residuales.....	7-16
7.5.1	<i>Criterios independientes al sistema de tratamiento.....</i>	7-17
7.5.2	<i>Criterios determinantes para la selección del sistema de tratamiento.....</i>	7-18
7.6	consideraciones adicionales para el dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	7-19

7.1 GENERALIDADES

El éxito de cualquier campaña de tratamiento de aguas residuales radica en una planeación conjunta entre los directivos y profesionales involucrados en el proyecto, de tal manera que se logren los más altos estándares de eficiencia para el mínimo de inversión. Atendiendo al postulado anterior, es indispensable enfocar las necesidades particulares de la empresa Alimentos Cañaveral S.A para un óptimo dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales. Según Ramalho [9], el procedimiento de selección y dimensionamiento de sistemas de tratamiento de aguas residuales debe cumplir con tres etapas generales:

a) Recopilación teórica para el estudio del proceso en cuestión: Se debe tener pleno conocimiento de las recomendaciones y lineamientos teóricos para las acciones previas al dimensionamiento de las unidades de tratamiento. Esta etapa comprende el diagnóstico y revisión de los efluentes residuales, líneas de proceso y mecanismos de producción actual de tal manera que se puedan proponer acciones enmarcadas dentro de una campaña de reducción de volumen y concentración de las aguas residuales a ser depuradas.

b) Definición de los parámetros de diseño (Información de partida): Una vez efectuadas las modificaciones del proceso se debe asumir una metodología que apunte a una caracterización representativa del efluente (De volumen y carga contaminante mínimos), la cual servirá como punto de partida para el diseño final y obras civiles de la planta. En esta etapa se debe reunir la información bibliográfica y de experiencias reales, concerniente a los posibles sistemas de tratamiento a adoptar para la degradación de las aguas residuales de la empresa. Como resultado se debe tener pleno conocimiento de las características fisicoquímicas y biológicas del efluente, así como un listado de las alternativas de tratamiento.

c) Desarrollo de un procedimiento sistemático para el diseño definitivo: Una vez especificadas las características reales del efluente y las posibles alternativas de tratamiento, se prosigue a seleccionar el sistema de tratamiento que más ventajas técnico económicas presente. Luego de seleccionado el sistema, se continúa con la formulación y resolución del algoritmo de cálculo de cada una de las etapas consideradas para el mismo.

En el caso particular de la empresa Alimentos Cañaveral S.A, la consideración de las etapas de selección y dimensionamiento se amolda a la siguiente descripción:

7.2 RECOPIACIÓN TEÓRICA PARA EL ESTUDIO DEL PROCESO EN CUESTIÓN

La ley cero del dimensionamiento de sistemas de tratamiento de aguas residuales consiste en un conocimiento detallado de las características del efluente a tratar, el cual es función de las operaciones y procesos unitarios a los que es sometida la materia prima hasta su conversión en productos de valor agregado. El conocimiento progresivo de las etapas, procedimientos y operaciones llevados a cabo en la empresa Alimentos Cañaveral es el objeto de los primeros cinco capítulos del presente documento. La identificación de consumos de agua y generación de aguas residuales es posible a partir de los balances de materia en cada línea de producción, mientras que las acciones de reducción de volumen y concentración de efluentes residuales se logran mediante la relación de puntos críticos y su respectivo análisis de disminución.

7.3 DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO (INFORMACIÓN DE PARTIDA)

Los parámetros de diseño son la base fundamental para el dimensionamiento y la ingeniería de detalle de la planta, razón por la cual tienen repercusión directa sobre las inversiones económicas para la consecución de las obras civiles y costos normales de funcionamiento de la planta. Durante la ejecución del presente trabajo se determinó la necesidad de incrementar el conocimiento de las propiedades fisicoquímicas de las aguas residuales de tal manera que cumpliera con una representatividad ajustable a las acciones de intervención planeadas a partir del Plan de manejo del recurso agua.

Debido a que, en el momento, las acciones de intervención son objeto de estudio económico, la definición de los parámetros de diseño se limita a una descripción de: a) las condiciones actuales de las aguas residuales y b) de los sistemas de tratamiento a considerar. Adicionalmente, se enumeran algunas recomendaciones para asegurar la representatividad de las caracterizaciones futuras.

7.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES A TRATAR

Las aguas residuales industriales de la empresa Alimentos Cañaveral S.A se deben, en mayor proporción, a las actividades efectuadas durante la producción, lavado y desinfección. Dentro de las características más importantes de dichos efluentes es necesario considerar:

7.3.1.1 Efluentes líquidos residuales de la línea de producción de Jugos: Los efluentes líquidos constituyen el principal residuo en esta línea de producción; pueden variar desde aguas relativamente limpias como las de lubricación y refrigeración, hasta aguas de medianas y fuertes cargas contaminantes como las de arrastre de sólidos y lavados. Las ARI de la línea contienen cinco tipos de contaminantes principales:

- Sólidos suspendidos y sedimentables (Restos de cáscaras, membranas, pulpas y semillas)
- Compuestos orgánicos solubles (Azúcares primarios y ácidos entre otros)
- Compuestos inorgánicos solubles (Soda cáustica y agentes tensoactivos)
- Compuestos orgánicos volátiles (d-Limoneno del aceite esencial de las cáscaras)
- Emulsión de aceites esenciales no recuperados (Terpenos y aldehidos entre otros)

7.3.1.2 Efluentes líquidos residuales de la línea de producción de concentrado Cañaveral: Las aguas residuales de esta línea de producción se deben a los diferentes lavados considerados en el balance real. La variación de las fuentes de agua residual en la línea radica en la cantidad de sólidos solubles (orgánicos e inorgánicos), suspendidos y sedimentables que pueda llegar a tener el efluente, por lo cual los principales agentes contaminantes se reúnen en:

- Sólidos suspendidos y sedimentables (Sólidos producidos en el acondicionamiento de mieles)
- Compuestos orgánicos solubles (Carbohidratos , monosacáridos y disacáridos principalmente)
- Compuestos inorgánicos solubles (Soda cáustica, agentes tensoactivos)

7.3.1.3 Otros efluentes líquidos residuales: Como producción adicional de efluentes residuales se consideran las aguas residuales domésticas; producidas por el uso de baños en oficinas y planta de producción. Sus características se amoldan a las propuestas teóricamente con base en los aportes per cápita / persona-día. Presentan contenidos variables de sólidos, compuestos orgánicos e inorgánicos y microorganismos patógenos o no patógenos (coliformes) producto de la orina y excreta humana.

7.3.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL EFLUENTE LÍQUIDO RESIDUAL

La caracterización fisicoquímica para el dimensionamiento de la planta de tratamiento se debe efectuar una vez se hayan logrado las intervenciones de proceso que aseguren caudales y concentración de contaminantes mínimas. Para la fecha, dichas alternativas de intervención están

siendo objeto de estudio técnico económico, por lo cual no sería apropiado efectuar una nueva caracterización hasta no lograr los objetivos de disminución.

Los análisis de efluentes con los cuales cuenta actualmente la empresa fueron efectuados antes de la realización de este trabajo, por lo cual se dificulta la relación directa entre los vertimientos identificados por el balance propuesto y los resultados reales de la caracterización. Debido a la falta de información estructurada sobre la intervención del recurso para la fecha de caracterización, es prudente considerar una mediana representatividad. Dentro de los aspectos que soportan la consideración anterior, podemos enumerar:

- La generación de aguas residuales durante la producción en la línea de Jugos está limitada a las operaciones involucradas en la elaboración de jugo de naranja y pulpa de naranja, razón por la cual se estarían obviando otras preparaciones que presentan un mayor volumen de agua vertida por litro de producto elaborado (Jugo de limón, concentrados azucarados).
- El agua vertida a raíz de los lavados convencionales es demasiado variable, razón por la cual sería prudente tener por lo menos un estimativo de este consumo.
- No se presenta una tabla de lavados que permita conocer si para el periodo de muestreo se efectuaron todos los lavados de recirculación en línea considerados en la rutina, además del número de los mismos (Precalentamiento, enfriamiento, neutralización etc).
- No existe conocimiento de si se efectuaron o no lavados de timbos canecas y canastillas, los cuales pueden afectar considerablemente las características del efluente según la cantidad de elementos considerados.
- Las rutinas de lavado en la línea de concentrado Cañaveral han presentado cambios considerables con objeto de su optimización, de allí que los valores reportados no estén completamente ligados a la rutina existente para la fecha del muestreo.
- No hay conocimiento detallado de las unidades lavadas en la línea de concentrado Cañaveral, las cuales tienen una participación considerable en la DBO del efluente global.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, los datos de la caracterización efectuada deben convertirse en el punto de partida para el análisis de representatividad de futuros muestreos, de tal forma que se cumplan los objetivos que aseguren el éxito de la campaña de definición de los puntos de parámetros de diseño.

A continuación se referencian los datos de la última caracterización de agua residual efectuada en la empresa. Las caracterizaciones presentadas hacen referencia a propiedades fisicoquímicas de los efluentes de las líneas de producción de Jugos y concentrado Cañaveral por separado, y fueron efectuadas bajo las siguientes rutinas de producción y lavado:

7.3.2.1 Caracterización línea de Jugos: La caracterización fisicoquímica de las aguas residuales de la línea de Jugos se efectuó el 27 de Junio de 2000, durante ese día se elaboraron tres batches de Jugo Puro de Naranja (JPN) y tres batches de Jugo Comercial de Naranja (JCN). Según la bitácora las cantidades producidas y tiempos de operación fueron:

		JPN 312 Lt	JPN 416 Lt	JPN 260 Lt	JCN 600 Lt	JCN 1000 Lt	JCN 420 Lt
Extracción	Hora inicio	8:20 a.m	---	---	---	---	---
	Hora final	1:43 p.m	---	---	---	---	---
Pasteurización	Hora inicio	9:26 a.m	10:30 a.m	11:49 a.m	12:37 p.m	2:15 p.m	4:02 p.m
	Hora final	9:44 a.m	10:52 a.m	12:05 p.m	1:05 p.m	3:10 p.m	4:28 p.m

El tiempo de extracción representa a todos los batches producidos, no existe información referente a lavados (convencional, recirculación en línea, adicional), enjuagues durante envasado, tiempos de precalentamiento y enfriamiento. "La producción se efectuó en completa normalidad."

Las características de caudal, potencial de hidrógeno y Temperatura del agua residual cumplen con:

Línea de producción de Jugos

Tiempo	Caudal [Lt / seg]	PH	Temperatura [°C]
7:00	0.04	7.05	21.0
8:00	0.05	8.10	21.0
9:00	0.55	6.80	21.0
10:00	1.25	7.30	22.0
11:00	0.90	5.53	22.0
12:00	0.58	4.70	22.0
13:00	0.71	4.50	23.0
14:00	0.66	4.65	23.0
15:00	0.90	4.45	22.0
16:00	1.66	4.00	21.0
17:00	0.66	10.0	22.0
18:00	0.15	8.00	21.0

Durante el muestreo se tomo una muestra compuesta que fue analizada en el laboratorio, Los resultados de esta caracterización se muestran en la tabla 7.1

7.3.2.2 Caracterización línea de concentrado Cañaveral: La caracterización fisicoquímica de las aguas residuales de esta línea se efectuó el 24 de enero de 2001. A partir de la bitácora es posible identificar la producción de dos batches de concentrado Cañaveral. Las cantidades producidas y tiempos de operación

	Batche 1	Batche 2
Hora inicio	6:40 a.m	11:20 p.m
Hora final	9:00 a.m	1:45 p.m

Con respecto a los lavados, se referencian exclusivamente los tiempos de: Lavado salón de proceso (3 - 5 p.m) y lavado envasado (5 - 6 p.m). De la bitácora del cuarto de envasado fue posible extractar: "El día de hoy se trabajó sin ninguna novedad, se inició a la 1:33 p.m, se paró a las 2:40 p.m por enfriamiento del producto y la parada final fue a las 4:40 p.m". No existe información referente a las rutinas de lavado.

Las características de caudal, potencial de hidrógeno y Temperatura del efluente de la línea de concentrado Cañaveral cumplen con:

Línea de producción de concentrado Cañaveral

Tiempo	Caudal [Lt / seg]	PH	Temperatura [°C]	Tiempo	Caudal [Lt / seg]	pH	Temperatura [°C]
8:05	0.00			15:55	0.83	6.34	38
8:40	0.27	6.97	28	16:00	0.10	6.93	38
9:05	1.43	6.84	27	16:25	1.43	11.46	37
9:50	1.43	6.91	24	16:30	1.67	11.47	47
10:30	1.00	6.91	25	16:40	1.67	11.56	49
11:00	0.90	11.14	24	16:45	1.00	11.60	33
11:43	0.13	10.61	26	16:47	1.43	11.65	44
12:10	0.38	5.91	26	16:50	0.40	11.63	46
12:35	1.00	5.71	25	16:55	0.40	11.23	42
1:15	1.11	6.63	29	17:00	1.67	11.36	29
2:05	0.76	5.93	27	17:02	1.67	10.85	30
2:35	0.67	6.08	27	17:04	1.43	10.01	55
2:45	0.06	6.49	25	17:06	2.00	9.76	55
3:00	0.42	6.66	26	17:07	0.63	9.31	57
3:05	0.37	6.77	25	17:12	0.63	9.33	55
3:35	1.43	6.73	25	17:17	0.38	8.29	48
3:40	0.11	5.70	29	17:25	0.48	11.57	36
3:45	1.00	5.74	29	17:30	0.53	11.75	29
3:50	1.43	6.05	35	17:35	1.00	11.84	28
15:52	2.00	6.27	38				

Durante el muestreo se tomo una muestra compuesta que fue analizada en el laboratorio, Los resultados de esta caracterización se muestran en la tabla 7.1

Tabla 7.1 Caracterización fisicoquímica de las aguas residuales de la empresa Alimentos Cañaveral

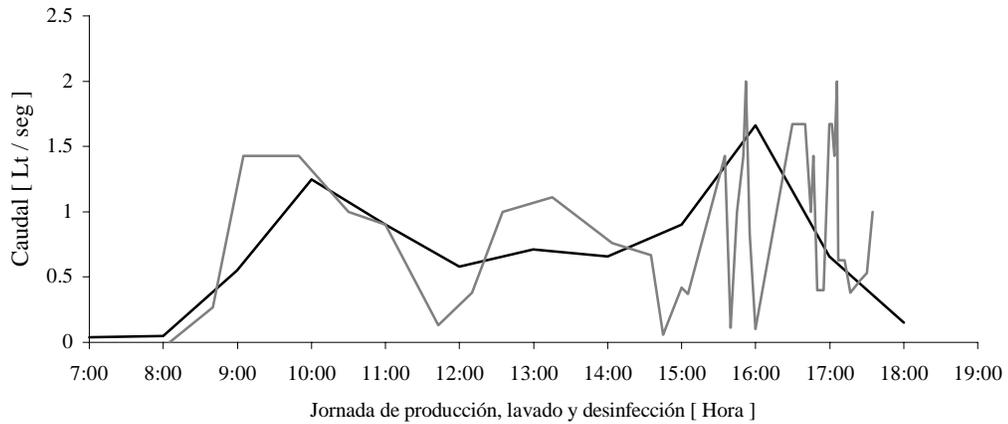
	Producción de Jugo de Naranja		Producción concentrado Cañaveral		Aguas residuales domésticas	
Caudal promedio	0.7141	Lt / seg	0.9271	Lt / seg	0.0575	Lt / min
PH promedio	6.25		8.63		6.73	
Temperatura promedio	22.00	° C	34.34	° C	21.75	° C
PH muestra compuesta	5.8	mg / Lt	8.5	mg / Lt	7.20	mg / Lt
Sólidos Totales	---	mg / Lt	26055	mg / Lt	---	mg / Lt
Sólidos susp Totales	894	mg / Lt	250	mg / Lt	225	mg / Lt
Sólidos solubles Totales	---	mg / Lt	25805	mg / Lt	---	mg / Lt
DBO ₅ Total	1475	mg / Lt	14100	mg / Lt	135	mg / Lt
DBO ₅ Soluble	---	mg / Lt	13600	mg / Lt	---	mg / Lt
DQO Total	4810	mg / Lt	14100	mg / Lt	439	mg / Lt
Grasas y aceites	7.2	mg / Lt	53.4	mg / Lt	20.6	mg / Lt
Jabones	1.8	mg / Lt	0.4	mg / Lt	0.45	mg / Lt

Según las especificaciones de la tabla 7.1, las aguas residuales de la empresa se constituyen por tres corrientes principales, cada una de las cuales presenta condiciones variables de caudal y concentración que pueden dar origen a un efluente combinado de características igualmente variables. La determinación de una sola corriente residual, debe entonces tener en cuenta la participación de las corrientes individuales identificadas, así como la de posibles efluentes que no hayan sido involucrados en dicha caracterización.

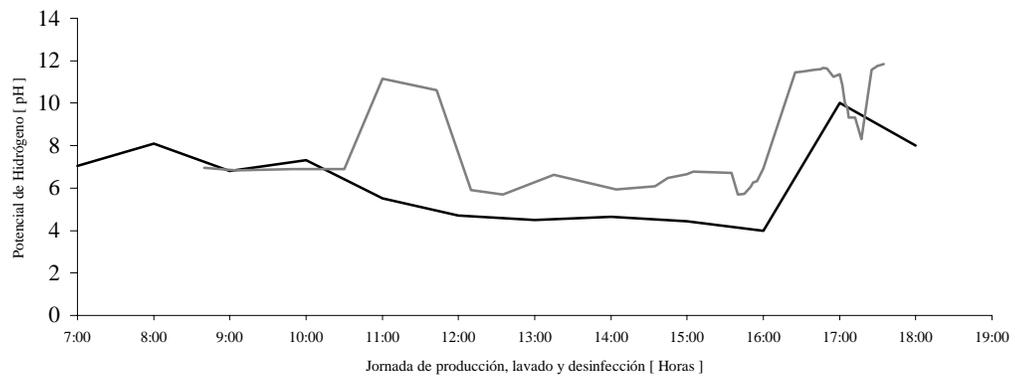
Para la visualización de las variaciones de caudal, potencial de hidrógeno y temperatura durante la jornada muestreada en cada una de las líneas de proceso se efectuaron las siguientes gráficas:

El comportamiento de las ARI de las líneas de Jugos (Negro) y Cañaveral (Gris) se describe según:

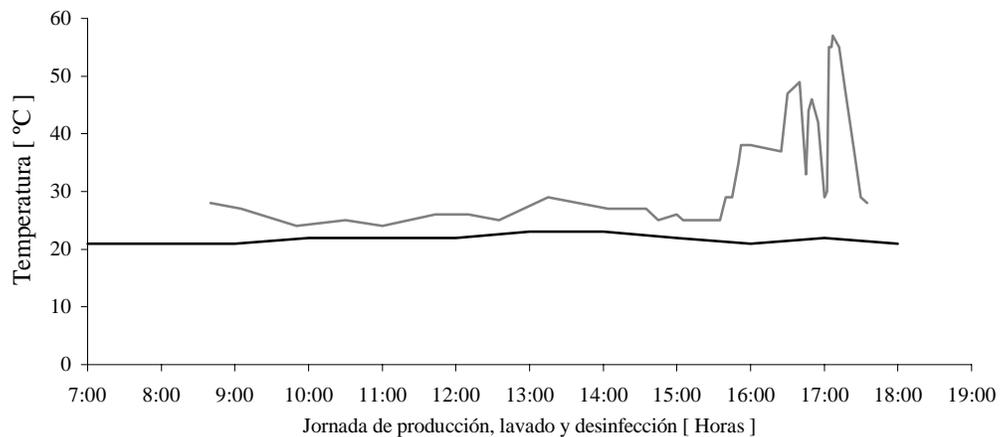
Caudal del efluente líquido residual de la planta alimentos Cañaveral S.A



Potencial de Hidrógeno en el efluente líquido residual de Alimentos Cañaveral S.A



Temperatura del efluente líquido residual en la planta Alimentos Cañaveral S.A.



Como se puede apreciar en la representación gráfica, las variaciones en el caudal, el pH y la temperatura para la línea de Jugos y la línea de Cañaverl son considerables durante la jornada de producción. Se espera que mediante la implementación de algunas de las alternativas de disminución propuestas en el capítulo 5, los caudales de los efluentes residuales disminuyan sus promedios y sus rangos de variación a lo largo de la jornada. El análisis detallado de las características residuales (Caudal, pH, Temperatura) debe ser expresado como función directa de las intervenciones que hasta el momento halla tomado la empresa. Para efectos del análisis del sistema de tratamiento más adecuado se debe partir de los datos actuales, teniendo en cuenta las disminuciones a las que pueden ser sometidas las líneas de producción.

7.3.3 RECOMENDACIONES PARA LA CARACTERIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN LA EMPRESA ALIMENTOS CAÑAVERAL

- Es prudente que durante el muestreo de las aguas residuales se tenga un pleno conocimiento de las rutinas y volúmenes de agua empleados en las operaciones de lavado y desinfección. Esta información permitiría una descripción real de las variaciones en volumen, pH y temperatura.
- Los tiempos de muestreo deben estar acordes con los tiempos de producción y lavado, razón por la cual es recomendable que la toma de datos finalice un poco después del último lavado.
- En la medida en la que no se estandaricen los lavados efectuados en ambas líneas, el seguimiento en los caudales de agua residual debe efectuarse en repetidas ocasiones. Pues existen muchas variaciones en cuanto a volumen y concentración de agentes contaminantes en las aguas de lavado.

7.4 PROCEDIMIENTO SISTEMÁTICO PARA EL DISEÑO DEFINITIVO

El procedimiento para la selección y diseño definitivo del sistema de tratamiento se encuentra dividido en dos partes. La primera parte manifiesta un análisis de diversos criterios de selección, mientras que la segunda propone y resuelve las ecuaciones de diseño incurridas en el sistema escogido. Para el caso del sistema de tratamiento a proponer en la empresa Alimentos Cañaverl S.A, el procedimiento sistemático para el diseño definitivo se basa en:

7.4.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA EMPRESA ALIMENTOS CAÑAVERAL.

Los criterios de selección varían según la bibliografía consultada para este hecho [5,7,9,12], sin embargo todos tienen en común un primer paso, referente a un análisis exhaustivo del efluente a ser tratado, que estudie a fondo el proceso industrial generador del residuo, a fin de calcular las cargas máximas y la regularidad con la que cada una es vertida al efluente final. Adicionalmente se determinan las decisiones correspondientes al grado de calidad en el agua tratada y la relación que dicha calidad tiene con el presupuesto del proyecto para lograr a su vez un equilibrio entre costos y rendimientos. Por otro lado, se deben tener en cuenta los posibles ahorros que se pueden derivar de la instalación de un sistema de tratamiento más eficaz, como lo son disminución de impuestos y acreditaciones institucionales que den paso a expansión de mercados transnacionales [12]

Durante la selección es importante tener en cuenta que siempre que se esté al frente de un proyecto para el estudio de factibilidad de tratamiento de aguas residuales se presentan diversas alternativas que varían en costos de instalación, costos de mantenimiento, rendimientos y demás características inherentes al funcionamiento. En la actualidad se presentan tres tipos de tecnologías alternativas para el tratamiento secundario de los efluentes líquidos residuales: Sistemas de tratamiento Aerobio, sistemas de tratamiento Anaerobio y combinación de estos sistemas. Con el objeto de analizar las más importantes características que se han de tener en cuenta para la selección y evaluación de las operaciones y procesos unitarios a proponer para el manejo de las aguas residuales de la empresa Alimentos Cañaveral nos hemos de remitir a los más importantes criterios de selección propuestos por Metcalf [5]. Los criterios a considerar se reúnen en la tabla 7.3 y presentan un factor determinante seguido de un comentario, a partir de los cuales se logra un análisis detallado para las principales características propias de los efluentes residuales de la planta.

Desde el comienzo del proyecto y conforme a las propuestas de tratamiento con las que cuenta la empresa, se ha manifestado interés en la implementación de un sistema aerobio, sin embargo, el análisis presentado a continuación se hace efectivo para sistemas aerobios y anerobios, ya que existen factores determinantes en la escogencia del sistema de depuración que pueden inclinar la balanza hacia cualquiera de los dos tratamientos considerados.

Factor	Comentario
1. Potencial de aplicación del proceso	El potencial de aplicación de un proceso se evalúa con base en la experiencia anterior, datos de planta a escala industrial, y datos obtenidos en estudios con plantas piloto. Si se presentan condiciones nuevas o no usuales, se necesitan estudios con planta piloto.
2. Intervalo de flujo aplicable	El proceso debe corresponderse con el intervalo de caudales esperado. Por ejemplo, los estanques de estabilización no son adecuados para caudales extremadamente grandes.
3. Variación de flujo aplicable	La mayoría de operaciones y procesos unitarios trabajan mejor caudal constante, a pesar de que pueden tolerar alguna variación. Si la variación de caudal es demasiado grande, puede ser necesaria la regulación de flujo.
4. Características del agua residual a tratar	Las características del agua a tratar afectan a los tipos de procesos a utilizar (por ejemplo químicos o biológicos) y las exigencias para su adecuada operación.
5. Limitaciones climáticas	La temperatura afecta a la velocidad de reacción de la mayoría de procesos químicos y biológicos. Las bajas temperaturas pueden afectar a la operación física de las instalaciones.
6. Cinética de reacción	El dimensionamiento del reactor se basa en la cinética de reacción que gobierna el proceso. Los datos de las expresiones cinéticas se deducen normalmente a partir de la experiencia, de la literatura, y de los resultados de estudios de plantas piloto.
7. Eficiencia	La eficiencia se mide la mayoría de las veces en términos de calidad del efluente, que debe estar de acuerdo con las exigencias formuladas respecto al vertido del mismo.
8. Residuos del tratamiento	Los tipos de residuos sólidos, líquidos y gaseosos producidos deben conocerse o estimarse. A menudo se llevan a cabo estudios con plantas piloto para identificar los residuos adecuadamente.
9. Limitaciones del tratamiento de fangos	¿Hay algún límite que pueda hacer que el tratamiento de fangos sea costoso o que no sea factible? En muchos casos, el método de tratamiento debe únicamente seleccionarse después de haber examinado las opciones para el procesado y manejo de los fangos.
10. Limitaciones ambientales	En los procesos de tratamiento biológicos es preciso tener en cuenta la demanda de nutrientes. Los factores ambientales, tales como los vientos predominantes, pueden restringir el uso de ciertos procesos, especialmente donde puedan producirse olores.
11. Exigencias químicas	¿Qué recursos y en qué cantidades van a ser necesarios por un largo período de tiempo para la

- realización satisfactoria de las operaciones o procesos unitarios?.
- Las necesidades energéticas, al igual que los costes futuros de la energía, deben conocerse si se quieren proyectar sistemas de tratamiento con relación coste-efectividad satisfactoria.
12. Exigencias energéticas
- ¿Qué grado de complejidad tiene la operación del proceso bajo condiciones rutinarias y bajo condiciones de emergencia tales como cargas instantáneas? ¿Qué nivel de cualificación debe tener el operador para manejar los procesos?.
13. Complejidad
- ¿Qué procesos de apoyo se requieren? ¿Cómo afectan a la calidad del efluente, especialmente cuando se vuelven inoperantes?.
14. Procesos complementarios requeridos
- ¿Pueden usarse satisfactoriamente las operaciones procesos unitarios, con las instalaciones existentes? ¿Puede realizarse fácilmente la ampliación de la planta? ¿Puede modificarse el tipo de reactor?.
15. Compatibilidad

El análisis de los factores determinantes para la empresa Alimentos Cañaveral cumple con la siguiente disposición:

7.4.1.1 Potencial de aplicación del proceso: Los potenciales de aplicación del proceso se determinan según:

Sistema de tratamiento Aerobio	Sistema de tratamiento Anaerobio
Dentro de las tecnologías más comunmente difundidas en Colombia para el tratamiento de las aguas residuales se encuentran los proceso aerobios, y entre ellas la más importante corresponde a los lodos activados; razón por la cual se cuenta con un gran número de experiencias, tanto a nivel de planta piloto como a escala industrial, referentes al tratamiento de efluentes líquidos residuales que incluyen los vertidos por industrias agroindustriales (Passicol, Gatorade, Alpina, Ind Normandy) con algunas características similares a las adoptadas por la Empresa Alimentos Cañaveral.	Aunque desde hace veinte años, la aplicación de técnicas de tratamiento para la purificación de aguas residuales de alta carga ha incrementado su importancia [1], en el campo de tratamiento de residuos sólidos y líquidos los desarrollos en el tema son más bien recientes. De lo anterior es claro que la experiencia en este tipo de procesos es algo limitada, sin embargo bastante representativa en los alcances logrados por diversas compañías nacionales del sector de las bebidas (Bavaria, Pereira) y por otras internacionales de la rama agroindustrial (Anaheim, California y Sucocítrico, Brazil [1]).

7.4.1.2. Intervalo y variación de flujo apreciable: Debido a la variabilidad presente en las descargas residuales de la planta, resulta conveniente disponer de un sistema de Homogenización que regule el caudal del efluente a tratar. Los beneficios del tanque de homogenización son independientes de si el sistema a implementar es aerobio o anaerobio y pueden ser reunidos en:

- Disminución de posibles Shocks por temperatura o concentración de contaminantes que afecten el sistema.
- Homogenización de la concentración del sustrato y las sustancias contaminantes a la entrada del sistema.
- Regulación constante de las condiciones de pH y temperatura (Variantes debido a operaciones de limpieza y desinfección).
- Como efecto secundario se debe tener en cuenta la disminución de la concentración final del agente contaminante, al reunir concentraciones de distintos efluentes

7.4.1.3. Características del agua residual a tratar: Es importante tener en cuenta las consideraciones generales a las que se debe someter el efluente en estudio de tal manera que se traduzcan en la implementación del método más adecuado. Para nuestro caso, resulta conveniente hacer un análisis que reúna los vertimientos industriales de las dos líneas de proceso junto con el efluente residual doméstico. Las consideraciones tomadas para las unidades de tratamiento obedecen a las etapas de tratamiento preliminar y secundario:

Tratamiento preliminar: La justificación de cada una de las etapas que ha de involucrar el tratamiento preliminar es función de las características del agua residual a tratar e independiente del sistema de tratamiento. Las unidades a implementar se reúnen en:

- **Desbaste inicial (Rejas de finos y gruesos):** La presencia de sólidos en suspensión de tamaño variable en los efluentes de la línea de jugos hace necesaria la implementación de un sistema de desbaste inicial, el cual debe considerarse como un medio económico y efectivo de separación rápida de estos sólidos. Las rejas tienen además la particularidad de proteger los sistemas de bombeo de la planta de tratamiento al retener cualquier tipo de sólido (papeles, piedras) que pueda infiltrar dentro del canal de recepción de aguas residuales.

- **Desarenador:** La implementación del tanque desarenador impide la entrada de sólidos inorgánicos al sistema de tratamiento, lo que permite una mayor concentración de orgánicos en las etapas siguientes. Como beneficio adicional se tiene la conservación de equipos de bombeo y control de caudal (compuertas y válvulas) al minimizar efectos de abrasión y desgaste.
- **Tanque de Homogenización:** De acuerdo con los intervalos y variaciones de flujo propuestos por el intervalo y variación de flujo aplicable es conveniente dimensionar la unidad de homogenización de caudal para los efluentes de las líneas de Jugos, Cañaveral y ARD.
- **Sedimentador primario:** Aunque los parámetros sedimentables en el efluente presentan porcentajes medios de sólidos sedimentables es aconsejable disponer de una unidad de sedimentación primaria, de tal manera que los sólidos sedimentables no pasen al reactor biológico y ocupen el espacio de sólidos floculentos (microorganismos que ya han cumplido su ciclo de depuración y están prestos a ser purgados).

Tratamiento secundario: La justificación de la implementación de unidades de reacción biológica y decantación secundaria es igual para los dos sistemas de tratamiento a considerar. Para nuestro caso, se consideran los sistemas de reacción de lodos activados (aerobio) y de manto de lodos de flujo ascendente UASB (Anaerobio). Las unidades a implementar se reúnen en:

- **Reactor biológico:** La degradación de la materia orgánica soluble se efectúa mediante poblaciones de microorganismos dispuestos en tanques de reacción donde bajo parámetros de tiempo de residencia, temperatura y pH entre otros se generan condiciones eficientes de consumo de sustrato (Agentes contaminantes) y producción de microorganismos. Las altas cargas contaminantes de sólidos orgánicos disueltos en los efluentes líquidos de la empresa Alimentos Cañaveral hacen necesaria la implementación un sistema de tratamiento biológico para su degradación. Dentro de las características más importantes de los dos sistemas considerados se pueden citar:

Reactor aerobio de lodos activados: En este proceso se crean poblaciones, biológicamente activas, que son capaces de adsorber la materia orgánica de las aguas residuales y convertirlas por un sistema de oxidación enzimática en productos finales simples como CO_2 , H_2O , NO_3 y SO_4 . Los lodos biológicos que se desarrollan naturalmente en las aguas residuales sometidas a aireación contienen una parte considerable de materia en estado coloidal y en suspensión pero

para llevar a cabo una eliminación eficiente de sólidos orgánicos disueltos, debe haber una alta concentración de flóculos que generen una alta superficie de contacto para las rápidas reacciones biológicas. El sistema de reacción requiere de sustrato (sólidos orgánicos solubles), oxígeno y organismos vivos en un ambiente controlado [7].

Reactor anaerobio de manto de lodos de flujo ascendente (UASB): La digestión anaerobia llevada a cabo en el reactor UASB es un proceso para la oxidación de materia orgánica soluble en depósitos cerrados en ausencia de aire que fomentan la producción de CO₂, metano y algunos gases irritantes como el H₂S. Su desarrollo fué logrado en Holanda, con el objeto de evitar los problemas de colmatación en los filtros anaeróbicos. El agua residual entra al reactor por la parte inferior y sale a través de un sistema de separación de baffles, el cual permite la separación de las fases líquida, sólida y gaseosa. Por medio de este mecanismo, el gas es separado del lodo para luego ser colectado por un sistema de salida en la parte inferior de diversas placas dispuestas en el reactor. En la zona superior de las placas, los lodos son separados y forzados a sedimentar hacia la zona de digestión. En la zona inferior, donde la biomasa activa se encuentra en mayor concentración, se logran eficiencias de degradación entre el 80 y 90%. Una de las ventajas de este proceso es su fácil respuesta a cargas "Shock" tanto orgánicas como hidráulicas, a fluctuaciones de temperatura y a bajos valores de pH en el efluente. Este tipo de reactor se está estudiando detalladamente y se ha demostrado que una gran variedad de efluentes agroindustriales son susceptibles al tratamiento por este sistema [2].

- **Decantador secundario:** El decantador secundario cumple con propósitos específicos de retención de microorganismos que puedan ser arrastrados por el efluente así como de unidad para la recirculación y purga de lodos en el sistema aerobio.

7.4.1.4. Limitaciones climáticas: La planta de tratamiento se encontraría ubicada en el municipio de Chinchiná, el cual presenta valores de temperatura mínima media 16.6°C, media 20.8°C y máxima media 27.3°C (Reportadas como promedio anual para el año 2000 en la estación meteorológica de Cenicafé). Las condiciones de temperatura son pues favorables para cualquier tipo de tratamiento debido al incremento en las velocidades de reacción. Una garantía adicional tendría el sistema de tratamiento UASB, puesto que las condiciones de temperatura favorecerían la actividad de los microorganismos formadores de Metano.

7.4.1.5. Cinética de reacción: La cinética de reacción a emplear es la propuesta por el modelo de consumo de sustrato y crecimiento de microorganismos propuesta por Monod (Ver Anexo VII).

Para lograr una descripción real del comportamiento de las condiciones del sustrato alimentado y de la población de microorganismos se debe efectuar un estudio de tratabilidad del efluente. Dicho estudio debe ser efectuado en tres etapas: la primera a nivel de laboratorio, la segunda a nivel de planta piloto y la última etapa consiste en un escalado a planta real.

Debido a las implicaciones económicas y temporales propias del ensayo de tratabilidad, para el caso en el que no se considere el estudio de tratabilidad, se presenta una alternativa para la determinación de los parámetros cinéticos de diseño, la cual consiste en una recopilación de información a partir de fuentes bibliográficas o experiencias reales que hagan alusión a tratamientos de aguas residuales agroindustriales que puedan asemejarse a los efluentes generados por la empresa.

7.4.1.6. Eficiencia del sistema: Cualquiera que sea el tratamiento propuesto, la eficiencia deberá cumplir con las metas de vertimiento exigidas por la legislación ambiental nacional mediante el decreto 1594/84, según las cuales:

Parámetro	Unidades	Características del efluente
PH		6 - 9
Temperatura	°C	Menor a 30°C
Material flotante	mg / Lt	Ausente
DQO	mg / Lt	Remoción mayor al 80%
DBO ₅	mg / Lt	Remoción mayor al 80%
SST	mg / Lt	Menor a 30 mg / Lt

7.4.1.7. Residuos del tratamiento: La empresa debe considerar que ambos sistemas de tratamiento le van a generar residuos sólidos, líquidos y gaseosos cuyas características principales se derivan de las unidades de tratamiento consideradas. Para los dos sistemas propuestos, los residuos estarían compuestos por: residuos sólidos (Desbaste inicial), lodos orgánicos (Decantador primario, secundario, y reactor) y gases de descomposición (Reactor).

7.4.8. Limitaciones del tratamiento de lodos: Es necesario considerar las exigencias ambientales para el tratamiento de lodos orgánicos, según las cuales deben ser secados (eras de secado) o deshidratados (filtro prensa) para su posterior disposición en rellenos sanitarios. Es de vital

importancia estimar la producción diaria de lodos producidos (Ver algoritmo de cálculo de sistemas de tratamiento Anexo VII), ya que pueden generar costos adicionales de adecuación.

7.4.9. Limitaciones ambientales: Dentro de las reacciones de degradación de materia orgánica, es indispensable cumplir con diversas relaciones entre el sustrato y los nutrientes (Carbono, Nitrógeno Fósforo), de tal manera que se mantengan condiciones adecuadas de biosíntesis traducidas en condiciones óptimas de degradación. Para los dos tipos de reactores se debe tener en cuenta el consumo de urea (fuente de nitrógeno) y compuestos fosforados (fuente de fósforo).

Con respecto a la producción de olores ofensivos se debe tener en cuenta que son debidos a las reacciones normales de descomposición microbiana. Es prudente evitar su dispersión en los alrededores de la planta, por lo cual se deben tomar medidas preventivas acordes con el sistema de tratamiento empleado:

Tratamiento Aerobio	Tratamiento Anaerobio
Es indispensable asegurar un diseño de aireación en el cual la disposición de los insufladores no genere espacios muertos de condiciones anóxicas, ya que son los responsables de la emanación de gases irritables (H ₂ S y CH ₄ entre otros)	Debido a la naturaleza de este tipo de tratamiento, la formación de gases con olores irritantes es inevitable, razón por la cual se debe disponer de captación de gases que permita a su vez un tratamiento adicional de purificación para su posterior utilización como biogas.

7.4.10. Exigencias Químicas: La variabilidad del pH en el efluente (Operaciones de lavado y desinfección), sugiere considerar el posible uso de químicos ácidos o básicos que establezcan un valor de pH adecuado para el vertido. Los demás reactivos comúnmente empleados (nutrientes), fueron especificados en el aparte de limitaciones ambientales.

7.4.11. Exigencias energéticas: Las exigencias energéticas comunes a los dos procesos se reúnen en sistemas de bombeo y disposición de agua residual en la planta (Desde su captación hasta el canal general de desagüe), así como los sistemas de bombeo (idealmente mínimos) entre unidades. De manera particular, los consumos adicionales de los sistemas aerobios se componen de insufladores de aire en los tanques de homogenización y reactores biológicos.

7.4.12. Complejidad: Los dos sistemas de tratamiento considerados necesitan de personal capacitado durante tiempo completo, encargado de un seguimiento de propiedades fisicoquímicas, adición de nutrientes y porcentajes de remoción entre otros. De manera adicional, es indispensable el seguimiento rutinario de un profesional del área, quien estaría al tanto de las problemáticas dadas por mala sedimentación, hinchamiento o espesamiento de lodos, déficit de remoción, etc.

7.4.13. Procesos complementarios requeridos: Para cualquier sistema de tratamiento implementado se debe estudiar la posibilidad de montar las prácticas de calidad de agua (Como mínimo DBO, DQO, SS, ST), permitiendo así un correcto desempeño de la planta y asegurando unas condiciones de eficiencia que minimicen los costos de tratamiento.

7.4.14. Compatibilidad: En la actualidad, la planta cuenta con un sistema de tratamiento convencional de ARD de tipo pozo séptico. Debido que las características y caudales del agua residual industrial sobrepasan considerablemente la capacidad instalada para el tratamiento de aguas domésticas, la compatibilidad entre la planta de tratamiento de aguas residuales industriales y el pozo séptico se limita a la utilización del terreno y posibles ampliaciones de canales y líneas de alcantarillado que conducen el agua residual desde su captación hasta la planta.

7.5 RECOMENDACIONES APLICABLES A LA SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

Es claro que el éxito en la selección y diseño de cualquier sistema de tratamiento se debe a un conocimiento detallado de las características de los efluentes a tratar y a una correcta planeación de las actividades de dimensionamiento e ingeniería de detalle. Para el caso de la empresa Alimentos Cañaveral S.A, es indispensable tener en cuenta que las estrategias de reducción propuestas pueden generar transformaciones sumamente variables en los efluentes líquidos a ser tratados, por lo cual, el comportamiento y características futuras de las aguas residuales se limitan a las acciones de reducción emprendidas por la empresa.

Atendiendo a la consideración anterior, las recomendaciones para la selección del sistema de tratamiento están compuestas de una serie de lineamientos que pueden ser muy útiles para la empresa en el momento de tomar la decisión. Como punto de partida se tienen los criterios de

selección propuestos por Metcalf (Sección 7.4.1), los cuales, al ser aplicados a la empresa, pueden considerar dos grupos de criterios aplicables a los sistemas de tratamiento propuestos:

- **Criterios de selección comunes:** Compuesto por aquellos criterios que se presentan independientes a los tratamientos considerados. Debido a que no generan factores de discriminación, tienen por objeto concientizar a la empresa acerca de las responsabilidades adquiridas y costos a asumir para asegurar el correcto desempeño de la planta.
- **Criterios de selección no comunes:** Compuesto por aquellos criterios que generan puntos claves de comparación para la escogencia de uno de los dos sistemas. Su objetivo es proponer herramientas de discriminación que permitan medir las consecuencias de la aplicación de cada uno de los tratamientos considerados.

La clasificación de criterios de selección para la empresa Alimentos Cañaverall S.A se resume en:

7.5.1 CRITERIOS INDEPENDIENTES AL SISTEMA DE TRATAMIENTO (Ver detalles en secciones 7.4.1.1 - 7.4.1.15)

Unidades de tratamiento	Tanto el reactor de lodos activados como el UASB necesitan de un sistema de tratamiento primario.
Variación de flujo	En el caso en el que la variación de flujo persista se debe implementar un sistema de control de caudal
Intervalo de flujo	Los intervalos de flujo han de representar caudales mínimos.
Eficiencia	La eficiencia de cualquier sistema de tratamiento debe cumplir con los parámetros de remoción exigidos por la Autoridad Ambiental
Exigencias químicas	Los dos sistemas de tratamiento necesitan de una adición regulada de nutrientes y agentes de neutralización
Exigencias energéticas	Las consideraciones energéticas de bombeo aplican de igual forma para los dos sistemas de tratamiento
Tratamiento de fangos	El tratamiento de lodos debe cumplir con las regulaciones de la Autoridad Ambiental
Procesos complementarios	Es aconsejable que cualquier tipo de tratamiento implementado tenga un seguimiento de características fisicoquímicas

Limitaciones climáticas	Las condiciones de temperatura favorecen cualquier tipo de sistema
Complejidad	La planta de tratamiento necesita de personal capacitado durante tiempo completo. El control de la planta debe incluir la participación de un profesional en el area.
Compatibilidad	La compatibilidad de terrenos aplica independientemente del sistema de tratamiento a emplear.

7.5.2 CRITERIOS DETERMINANTES PARA LA SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO (Ver detalles en secciones 7.4.1.1 - 7.4.1.15)

Las acciones de disminución de cargas contaminantes y volúmenes de las aguas residuales de la empresa han de repercutir directamente sobre las unidades de reacción consideradas hasta el momento. Es indispensable evaluar las características finales de las aguas residuales luego de ser intervenidas de tal forma que se identifiquen los caudales y las concentraciones, para que a su vez se puedan evaluar las ventajas y desventajas de los sistemas teniendo como base los criterios considerados en la siguiente tabla

	Reactor de lodos activados	Reactor UASB
Potencial de aplicación	Existe gran cantidad de experiencias para el tratamiento de aguas residuales de características similares a las producidas por la empresa	Aunque la tecnología de tratamiento anaerobio está en proceso de consolidación, se tienen experiencias satisfactorias para efluentes de características similares
Características del ARI	Está diseñado para la depuración de aguas residuales con cargas contaminantes moderadas. Necesita de cortos periodos de estabilización (3 meses). Baja resistencia a Shocks de caudal, concentración y temperatura.	Está diseñado para la depuración de altas cargas contaminantes en pequeños volúmenes de reacción. Necesita de largos periodos de tiempo para su estabilización (cerca de un año). Resistencia moderada a Shocks de caudal y concentración.
Cinética de la reacción	Existe una mayor divulgación de parámetros cinéticos (teóricos) que podrían solventar los estudios de tratabilidad.	La existencia de parámetros cinéticos (teóricos) aplicables al residuo es limitada, haciendo casi indispensable los estudios de tratabilidad.

Residuos de tratamiento	Generan un gran volumen de purga de lodos, lo cual afecta directamente los costos de tratamiento y adecuación exigidos por la Autoridad ambiental.	El volumen de lodos es significativamente más pequeño al producido por el reactor aerobio, favoreciendo así los costos de tratamiento y adecuación.
Limitaciones ambientales	La naturaleza del tratamiento no concibe olores irritantes. La generación de olores desagradables se limita a posibles deficiencias en la aireación.	La generación de olores irritantes es inherente al sistema de tratamiento, por lo cual se debe disponer de un sistema de captación y depuración de gases de tal forma que se incrementen los costos de instalación
Otras implicaciones	<p>Los costos de inversión en obras civiles se ven incrementados debido al tamaño del reactor necesario para la depuración y a la implementación obligatoria del decantador secundario.</p> <p>El consumo de potencia para la recirculación de lodos y administración de oxígeno debe ser tomado como factor determinante, al implicar costos fijos de operación.</p>	<p>Los volúmenes necesarios para la depuración de altas cargas contaminantes hacen que los costos de inversión sean bajos. La sedimentación se efectúa en el mismo tanque, por lo que la implementación del decantador secundario es opcional.</p> <p>El consumo de potencia es bajo porque no necesita de agitación mecánica ni de oxígeno, además la retención de biomasa elimina las necesidades de recirculación.</p>

7.6 CONSIDERACIONES ADICIONALES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

El dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales debe estar condicionado a la seguridad de un conocimiento a conciencia del efluente a tratar. De manera particular, la empresa Alimentos Cañaveral S.A debe tomarse un tiempo prudencial para conocer un poco más sus aguas residuales, junto con las implicaciones y beneficios que le traería la implementación de las políticas de uso eficiente del recurso. Antes de iniciar el dimensionamiento es indispensable entender la importancia que tienen la selección de los parámetros de diseño, ya que son estos los directos responsables del buen funcionamiento de la planta y de los costos que ello le implica.

Atendiendo a las expectativas de la empresa, concernientes a un acercamiento a las dimensiones de las unidades de tratamiento, es necesario aclarar que los datos de partida existentes en el momento (Caracterización de aguas residuales), pueden dar origen a un dimensionamiento no representativo que entorpezca la consecución del tratamiento óptimo. Con el objeto de solventar esta problemática se presenta a continuación una hoja de cálculo que resuelve el algoritmo de cálculo propuesto en el anexo VII para el dimensionamiento de un tratamiento biológico de lodos activados.

El algoritmo de cálculo del sistema de tratamiento, junto con su programa de solución pueden convertirse entonces en una importante herramienta de estimación de las diversas variables involucradas en la depuración de aguas residuales, una vez se halla considerado un conocimiento adecuado de los efluentes de la planta. Luego de especificados:

- Los parámetros de diseño propios de cada unidad
- Las características del agua residual consideradas para el tratamiento.

La solución de las ecuaciones se efectúa de manera progresiva según las instrucciones dadas por la hoja de cálculo. Las consideraciones e implicaciones del presente algoritmo se encuentran sustentadas y justificadas en el anexo VII.

DISEÑO DE UNIDADES DE TRTAMIENTO PRELIMINAR

I - DISEÑO DE REJAS PARA PARTICULAS FINAS Y GRUESAS

La presente hoja de cálculo determina las dimensiones del canal de entrada al sistema de tratamiento, junto con las principales características de las unidades de desbaste inicial (Rejas de Para efectuar el dimensionamiento de las unidades es necesario especificar los parámetros de diseño e instrucciones de cálculo contenidas en los recuadros grises

a) REJA DE FINOS

Caudal de operación	Caudal medio	6510	m3/d
	Caudal máximo	11718	m3/d
Criterios de diseño	Vel máxima a través de la reja a Q med	0.6	m / seg
	Vel máxima a través de la reja a Q máx	1.4	m / seg
	Rango de velocidad permisible		m / seg
	Porcentaje de colmatación	70	%
	Separación entre barrotes	1.5	cm
	Espeor de barrotes reja de finos	1	cm
	Relación altura por ancho de canal	h = w	
Cálculos	Area libre de flujo a caudal medio	0.1256	m2
	Area libre de flujo a Caudal máximo	0.0969	m2
	Velocidad de flujo respecto a A libre de flujo a Q med	0.6	m / seg
	Velocidad de flujo respecto a A libre de flujo a Q máx	0.78	m / seg
	Determinación del Area real a Q med (% colmatación)	0.179	m2
	Determinación del Area real a Q máx (% colmatación)	0.138	m2

Se elige el Area de menor tamaño (por economía), siempre y cuando esté en el rango de velocidad permisible

Disposición del canal	Area seleccionada	0.138	m2
	Suponiendo un valor de altura (h)	46	cm
	Número de espacios libres reja de finos	20.0	
	Número de barrotes en reja de finos	19.0	
	Ancho de canal (w)	49.0	cm

El diseño culmina cuando la altura es aproximadamente igual al ancho del canal (Según criterio de diseño)

b) REJA DE GRUESOS

El diseño de la reja de gruesos está determinado por el ancho de canal logrado para la reja de finos

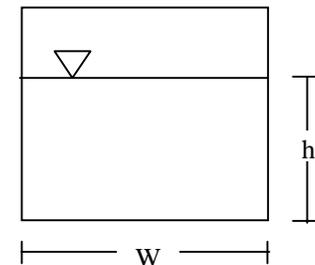
Criterios de diseño

Ancho de canal (w)	49.0	cm
Separación entre barrotes	5	cm
Espeor de barrotes	1	cm

Cálculos

Número de espacios	8.3
--------------------	-----

Los espacios se dividen de tal manera que tengan una distribución homogénea hacia el centro del canal



III - DISEÑO DEL TANQUE DE HOMOGENIZACIÓN

La presente hoja de cálculo determina el volumen del tanque de homogenización necesario para amortiguar las aguas residuales de entrada a la planta de tratamiento. Para la ejecución del dimensionamiento es necesario determinar el comportamiento del caudal de aguas residuales durante una caracterización típica, así como el caudal esperado de salida del tanque

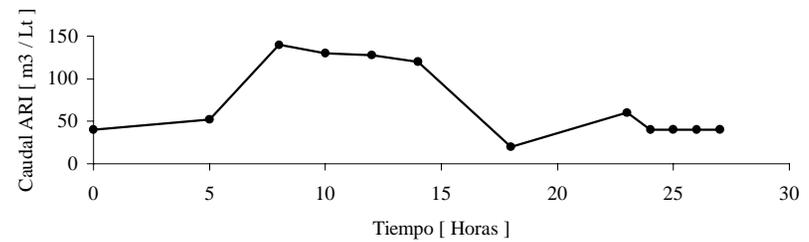
Caudales de descarga durante producción y volumen acumulado

Dato	Tiempo [horas]	Caudal [Lt/h]	Volumen parcial [Lt]	Volumen acumulado [Lt]
1	0	40	0	0
2	5	52	230	230
3	8	140	288	518
4	10	130	270	788
5	12	128	258	1046
6	14	120	248	1294
7	18	20	280	1574
8	23	60	200	1774
9	24	40	50	1824
10	25	40	40	1864
11	26	40	40	1904
12	27	40	40	1944

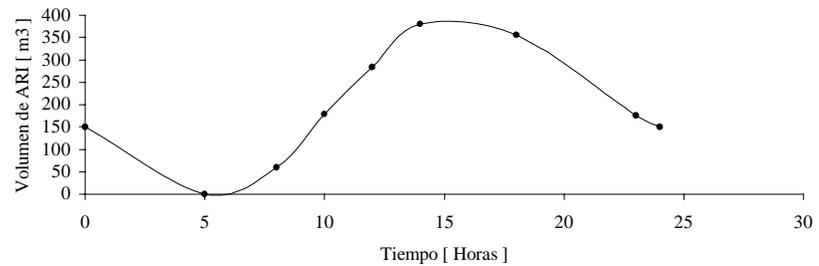
Relación del contenido de ARI en el tanque de Homogenización

Tiempo [horas]	Volumen que ha salido [Lt]	Volumen que ha llegado [Lt]	Diferencia	Contenido en el tanque [Lt]
0	0	0	0	150
5	380	230	150	0
8	608	518	90	60
10	760	788	-28	178
12	912	1046	-134	284
14	1064	1294	-230	380
18	1368	1574	-206	356
23	1748	1774	-26	176
24	1824	1824	0	150
25	1900	1864	36	114
26	1976	1904	72	78
27	2052	1944	108	42

Caudales de generación de aguas residuales



Contenido en el tanque de Homogenización



Criterios de diseño

Caudal de salida esperado	76	Lt/h
Contenido mín en el tanque	150	Lt

El volumen del tanque es aquel que permita agrupar el contenido máximo en el tanque junto con el contenido mínimo en tiempo cero

Contenido mín en tiempo cero	150	m3
Contenido máximo en el tanque	380	m3
V mín del tanque de Homogenización	530	m3

IV - DISEÑO DEL DECANTADOR PRIMARIO

Caudal de operación	Caudal medio	6510	Lt / seg
	Caudal máximo	11718	Lt / seg
Criterios de diseño	Vel crítica de sedimentación a Q med [C.H]	31.2	[m3 / m2 - d]
	Vel crítica de sedimentación a Q máx [C.H]	60	[m3 / m2 - d]
	Carga sobre vertedero a Q med		
	Carga sobre vertedero a Q máx		
	Tiempo de residencia hidráulico	2.5	[Horas]
	Número de decantadores	2	
Cálculos	Area transversal a caudal medio (Q med)	208.65	m2
	Area transversal a caudal máximo (Q máx)	195.30	m2
Para un decantador circular			
	Diámetro a Q med	11.53	m
	Diámetro a Q máx	11.15	m

Se escoge el area de mayor tamaño (por seguridad), y se prosigue con el cálculo de la altura

Area transversal seleccionada	208.65	m2
Diámetro seleccionado	11.53	m
Altura del sedimentador	3.25	m

Se comprueba que para el valor de h hallado el tiempo de residencia esté dentro de criterios de diseño

Tiempo de residencia a Q máx	1.39	h
------------------------------	------	---

Se comprueba que se cumpla el criterio de carga sobre el vertedero.

Carga sobre vertedero a Q med	3.74
Carga sobre vertedero a Q máx	6.74

Eliminación de contaminantes en el decantador

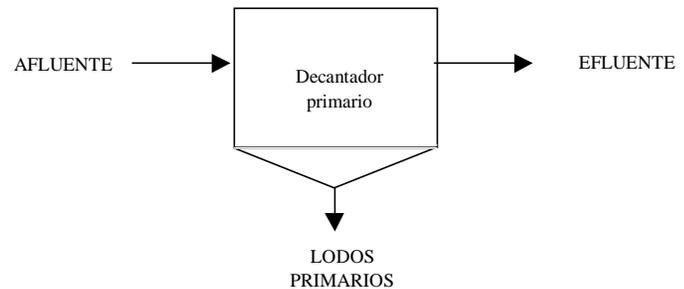
Porcentaje de remoción 60 %

	AFLUENTE		EFLUENTE	
DBO total	322.6	mg / Lt	DBO total	206.44 mg / Lt
DBO solub	129	mg / Lt	DBO solub	129 mg / Lt
DBO susp	193.6	mg / Lt	DBO susp	77.44 mg / Lt
DQO total	645.2	mg / Lt	DQO total	412.94 mg / Lt
DQO solub	258.1	mg / Lt	DQO solub	258.1 mg / Lt
DQO susp	387.1	mg / Lt	DQO susp	154.84 mg / Lt
NKT total	46.1	mg / Lt	NKT total	36.422 mg / Lt
NKT solub	29.97	mg / Lt	NKT solub	29.97 mg / Lt
NKT susp	16.13	mg / Lt	NKT susp	6.452 mg / Lt
Sól totales	400	mg / Lt	Sól totales	178.78 mg / Lt
Sól susp	368.7	mg / Lt	Sól susp	147.48 mg / Lt

Salida de lodos

Q Δ DBO	756.2016	Kg / día	Q Δ NKT	63.00378	Kg / día
Q Δ DQO	1512.0126	Kg / día			
Q Δ X	1440.1422	Kg / día			

Para una concentración típica de lodos 50 Kg / m3
 Caudal de purga de lodos en el reactor 28.80 m3 / d



VI - DISEÑO DEL REACTOR BIOLÓGICO

La presente hoja de cálculo determina el volumen del reactor y las remociones de carga contaminante, mediante una iteración de parámetros de consumo y perfil de crecimiento de los microorganismos. Acorde con las especificaciones del anexo VII, las ecuaciones de diseño mostradas a continuación hacen referencia a un sistema de reacción de lodos activados (Aerobio), por lo cual las condiciones de resolución del modelo se limitan a la especificación de las características solicitadas por los recuadros grises, haciendo énfasis en este tipo de tratamiento.

Condiciones de entrada al reactor

Criterios de diseño

Parámetros cinéticos de microorganismos

Condiciones de entrada al reactor		Criterios de diseño		Parámetros cinéticos de microorganismos	
				Heterótrofos	Autótrofos
Caudal medio	6510 m ³ / día	Carga orgánica másica	0.3 [g DBO / g SST]	u máx	3.636 [1/ días]
DBO soluble entrada	206.5 mg / Lt	Conc microorg en el reactor	3000 [mg / Lt]	Y _{s-n}	0.6 [g mic / g sust]
NKT soluble entrada	36.4 mg / Lt	Tiempo de residencia celular	5 días	K _{s-n}	60 [mg sust / Lt]
DQO soluble entrada	258.1 mg / Lt	Temperatura	20 °C	K _{ds-n}	0.081 [1/ días]

Los parámetros cinéticos deben tener relación directa con el tipo de agua residual a tratar

RESUMEN DE CÁLCULOS

1) **Volumen del reactor** 1493.68 m³

2) Condiciones de salida

El cálculo de las condiciones de salida de los compuestos biodegradables sigue un procedimiento iterativo que soluciona la relación no lineal entre consumo de sustrato y crecimiento de microorganismos. Se deben suponer las concentraciones de microorganismos en el reactor heterótrofos y autótrofos (X_s y X_n respectivamente), de tal forma que el término comprobación sea aproximadamente igual a cero. El valor de X_n solo puede ser supuesto una vez hallada convergencia para X_s

				Comprobación	
Mic Heterótrofos	X _s supuesto	1874.2 mg / Lt		0.06	Para X _s supuesto
Mic Autótrofos	X _n supuesto	72.1 mg / Lt		0.08	Para X _n supuesto

2.1) DBO soluble (S): La DBO soluble se expresa como una ecuación de segundo orden (Ec VI -1) que relaciona los parámetros de consumo de sustrato (S) con el crecimiento de microorganismos en el reactor (X_s), en la cual los coeficientes y raíces del polinomio obedecen a:

$$S^2 + \left[K_s - S_o + \frac{\theta_H \mu_{Máx} X_s}{Y_S} \right] S - S_o K_s = 0$$

Coeficientes		Raíces	
a	1	DBO solub (S)	5.027
b	2459.45015	DBO solub (S)	-2464.48
c	-12390		

El valor de la DBO escogida corresponde a: DBO solub salida 5.027 mg/Lt

2.2) NKT soluble: El NKT soluble se expresa como una ecuación de segundo orden (Ec VI -2) que relaciona los parámetros de consumo de sustrato (NKT) con el crecimiento de microorganismos en el reactor X_n , en la cual los coeficientes y raíces del polinomio obedecen a:

$$NKT^2 + \left[K_N - NKT_0 + \frac{\hat{e}_H \hat{i}_{máxN} X_N}{Y_N} + 0.12 \frac{V}{Q \theta_C} (X_S + X_N) \right] + K_N \left(-NKT_0 + 0.12 \frac{V}{Q \theta_C} (X_S + X_N) \right) = 0$$

Coeficientes		Raices	
a	1	NKT solub (S1)	5.548
b	1.19	NKT solub (S2)	-6.74
c	-37.3935375		

El valor del NKT escogido corresponde a: NKT solub salida 5.548 mg/Lt

2.3) Parámetros totales de salida: Los valores de DBO, NKT y DQO totales en la salida del reactor son la suma de los parámetros suspendidos y solubles. La determinación de parámetros suspendidos es función de la concentración de microorganismos en la salida del reactor, por lo cual

Para una Conc de microorg en la salida del reactor de 30 mg/Lt, Las condiciones totales de salida se calculan a partir de

DBO suspendida	28.049	mg/ Lt	NKT suspendid	3.486	mg/ Lt	DQO suspendi	41.249	mg/ Lt
DBO soluble	5.027	mg/Lt	NKT soluble	5.548	mg/Lt	DQO soluble	3.066	mg/Lt
DBO total	33.077	mg/Lt	NKT total	9.034	mg/Lt	DQO total	44.315	mg/Lt

3) Cálculo de corrientes de purga y recirculación: Para la determinación de corrientes de purga y recirculación deben especificar las concentraciones de:

Conc sólidos suspendidos no volátiles	30.13	mg/ Lt
Conc sólidos volátiles no biodegradables	33.62	mg/Lt
Conc sólidos en la purga	10000	mg/Lt

Corriente de purga			Corriente de recirculación		
Flujo másico de purga	996.444	Kg/dia	R	0.240	
Caudal de purga	99.64	m3/dia			

La corriente de purga representa la cantidad de sólidos biológicos producidos por el reactor durante una escala de tiempo. La corriente de recirculación determina la relación entre la cantidad de sólidos purgados y recirculados al reactor.

CONCLUSIONES

- El conocimiento detallado de las características del agua afluente y efluente de la empresa Alimentos Cañaveral S.A, debe ser considerado como uno de los más importantes renglones de proyección a corto plazo, ya que determina el punto de partida para todas las acciones de disminución de consumo de agua industrial y generación de agua residual.
- El porcentaje teórico de especificación de consumo actual (cercano a la cuarta parte del consumo global) puede ser ampliado considerablemente mediante el uso de las hojas de cálculo para la resolución de los balances reales y la implementación de un sistema de monitoreo de afluentes y efluentes encabezado por el personal responsable de la producción.
- Las relaciones de proceso, lavado y desinfección para la resolución de los balances de aguas fueron obtenidas a partir de la observación y medición de características de producción y lavado supremamente variables, razón por la cual se recomienda un seguimiento que minimice los errores atribuidos a dichas variaciones.
- El balance de materia ha de constituirse en la herramienta fundamental para el estudio e implementación de las posibles alternativas de intervención. Las hojas de cálculo permitirán una constante evaluación de proyectos, mediante una relación directa entre las implicaciones económicas de costo-beneficio y los volúmenes de producción.
- Los agentes contaminantes identificados en las aguas residuales de las dos líneas de producción están estrictamente relacionados a las actividades de producción, por lo cual las acciones de reducción de contaminación se limitan a la disminución de su concentración en el efluente.
- Los objetivos de disminución son proporcionales a la inversión. Una reducción moderada en el consumo de agua industrial puede ser lograda mediante pequeñas inversiones tales como la capacitación de operarios e implementación de instrumentos de control de caudal; reducciones más considerables deben estar acompañadas de medianas y altas inversiones tales como la implementación de sistemas de recirculación e innovación tecnológica. La reducción de cargas

contaminantes en los efluentes residuales está ligada, por lo general, a inversiones considerables y a tiempos de realización de mediano y largo plazo.

- La adopción de un plan de manejo integral del recurso agua permitirá cumplir satisfactoriamente con los objetivos de reducción de consumo de aguas industriales y generación de aguas residuales. Puede ser tomado además como un parámetro de certificación ambiental para la expansión de mercados.
- De acuerdo con las acciones de intervención tomadas por la empresa, se han de presentar variaciones en la selección y dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales, por lo cual se recomienda mantener una relación adecuada entre los objetivos contenidos en el plan de manejo del recurso agua. La determinación de las características finales de los efluentes residuales deben tener en cuenta la notable variación de caudal y carga contaminante durante las actividades normales de producción, lavado y desinfección.

BIBLIOGRAFÍA

1. BONKOSKI William, RUISARD Bruce. Full scale experiences of the Biopaq® Anaerobic system in treating Citrus Industry Wastewater. In Citrus Processing Resource Management and Technology Edited by R.F. Matthews. University of Florida, 1991
2. DIAZ, M Consuelo. Tratamiento anaeróbico de aguas residuales.
3. INSTRUCTION MANUAL. Installation, use and maintenance instructions, Citrostar MU2, Italia, 1990.
4. MAYNARD A, Joslyn and others. Juice processing. California, 1977.
5. METCALF and EDDY, Ingeniería de tratamiento disposición y reutilización de aguas residuales. Mc Graw Hill Inc. New York, 1972
6. MORRISON, B. Química Orgánica. Ed Mc Graw Hill. New York, 1985
7. NEMEROW, Nelson. Aguas residuales industriales, Teorías, Aplicaciones y Tratamiento. Ed H. Blume. Madrid, 1977.
8. PERRY, R. Manual del ingeniero Químico Sexta edición. Mc Graw Hill. México, 1992.
9. RAMALHO, R. S. Introducción a los procesos de tratamiento de aguas residuales. Ed Academic Press. Madrid, 1983
10. REKLAITIS, G V. Balances de materia y Energía. Mc Graw Hill, México 1989.
11. SARAVIA F, Roberto. Avalúo de maquinaria y equipo propiedad de Frutasa. Manizales, 1998.
12. SEOANEZ C, Mariano. Ecología industrial: Ingeniería medioambiental aplicada a la industria. Ed Mundi Prensa. Madrid 1997.
13. SOBKOWICH, A M. Water resource management in citrus processing. In Citrus Processing Resource Management and Technology Edited by R.F. Matthews. University of Florida, 1991
14. US DEPT OF AGRICULTURE. Citrus science and technology. Ed AVI Publishing C.O. Connecticut, April 1984
15. US DEPT OF AGRICULTURE. Citrus Processing Quality, Control and Technology. Ed Van Nostrand Reinhold, New York, 1991.

ANEXOS

ANEXO I	Caudales teóricos y reales de extracción y pasteurización de productos elaborados en la línea de Jugos	A-1
ANEXO II	Relación de balances teóricos de agua en línea de Jugos y concentrado Cañaveral	A-10
ANEXO III	Relaciones de proceso, lavado y desinfección. Balance real de agua Línea de producción de Jugos	A-18
ANEXO IV	Formulación y resolución del balance real durante proceso, lavado y desinfección línea de producción de Jugos	A-26
ANEXO V	Relaciones de proceso, lavado y desinfección línea de producción de miel semiprocesada y concentrado Cañaveral	A-40
ANEXO VI	Formulación y resolución del balance real durante proceso, lavado y desinfección línea de producción de Cañaveral	A-46
ANEXO VII	Memorias de cálculo del sistema de tratamiento de aguas residuales	A-53

ANEXO I

Caudales teóricos de extracción y pasteurización de productos elaborados en la línea de Jugos

El siguiente Anexo contiene la recopilación de las bitácoras de producción de la línea de Jugos durante los diez meses de estudio teórico en la Línea (Desde Enero hasta Agosto de 2000 y desde Enero hasta Marzo de 2001). En las bitácoras llevadas por la empresa se especifican los tiempos y volúmenes procesados en algunas etapas de producción, a partir de los cuales se obtiene información correspondiente a:

- Relación histórica de tiempos de operación (Reportada por el operario a cargo) en función de volúmenes de producción.
- Caudales teóricos de extracción promedio de frutas cítricas procesadas.
- Caudales teóricos de Pasteurización promedio de todos los productos elaborados en la línea. (Jugos y concentrados Azucarados).

La información se encuentra distribuida según el producto elaborado.

Al principio de este Anexo se presenta una tabla resumen de los caudales teóricos de Extracción y Pasteurización durante los meses en estudio (Calculados a partir de tiempos y volúmenes de producción), así como un análisis estadístico cuyos resultados se describen como sigue:

Caudales teóricos de Extracción

	Extracción Naranja	Extracción Limón
Promedio [Lt/h]	430.061	83.667
Desviación estándar	187.513	48.97
Varianza	35161	2398.11
Número de datos	229	36
Máximo	1154	206
Mínimo	104	5
Curtosis	4.55	- 0.2644
Int de confianza 95%	± 24.42	± 16.56
C.V.	43.60 %	58.53 %

Caudales teóricos de pasteurización

	Naranja			Limón	
	Jugo	Pulpa	Concen	Jugo	Concen
Promedio	1179.47	1002.13	715.22	1099.13	556.29
Desv estándar	395.214	303.52	159.73	290.46	372.0
Varianza	156194	92126.6	25516.4	84366.4	138385
Número datos	148	72	46	23	17
Máximo	2727	1560	968	1551	1258
Mínimo	353	416	318	510	174
Curtosis	3.025	- 1.52	- 0.542	- 0.733	- 0.724
Int.Confi 95%	± 64.20	± 71.32	± 47.44	± 125.6	± 191.3
C.V	33.51 %	30.29 %	22.33 %	26.43 %	66.87 %

	Mora		Maracuyá	
	Jugo	Concen	Jugo	Concen
Promedio	1395.62	677.44	1194	537.80
Desv estándar	353.29	247.12	317.75	130.70
Varianza	124814	61071	100965	17083.2
Número datos	34	9	11	5
Máximo	1992	943	1701	728
Mínimo	658	281	833	411
Curtosis	- 0.610	- 0.456	- 0.679	- 0.2021
Int.Confi 95%	± 123.3	± 189.2	± 213.5	± 162.3
C.V	25.31 %	36.48 %	26.61 %	24.30 %

A-4 Alimentos Cañaveral S.A

Tabla A I - 2. Relación histórica de tiempos de operación en función a volúmenes de producción (Para meses en estudio teórico).
Relación de caudales teóricos de extracción y pasteurización en línea de producción de Jugos.

JUGO COMERCIAL DE NARANJA

	Año 2000																		
Fecha	3008	3008	2908	2908	2908	2308	2308	2308	2208	2208	2208	2208	1508	1508	1508	1508	108	108	108
Jugo Puro (Lt.)	400	495	500	650	440	350	260	300	370	420	400	540	300	250	300	230	500	500	500
Jugo a Producir (Lt.)	800	990	1000	1300	880	700	520	600	740	840	800	1080	600	500	600	460	1000	1000	1000
Extracción (min)	45	56	93	121	82	77	57	66	58	100	96	129	81	67	81	62	51	51	51
Clarificación (min)	15	13	12	16	12	11	7	8	10	12	10	15	7	10	7	6	13	12	12
Pasteurización (min)	36	54	50	63	46	43	29	33	32	42	85	41	42	40	44	49	40	87	
Caudal extracción [Lt/h]	532	532	323	323	323	273	273	273	383	251	251	251	223	223	223	223	584	584	584
Caudal pasteuriza [Lt/h]	1333	1100	1200	1238	1148	977	1076	1091	1388	1200	565		878	714	900	627	1224	1500	690
Fecha	2407	2407	1807	1807	1807	1807	1107	1007	1007	1007	1007	1007	2906	2806	2806	2806	2806	2706	2706
Jugo Puro (Lt.)	350	350	300	500	300	620	600	500	500	500	500	510	710	300	500	300	300	210	300
Jugo a Producir (Lt.)	700	700	600	1000	600	1240	1200	1000	1000	1000	1000	1020	1420	600	1000	600	600	420	600
Extracción (min)	44	44	48	80	48	99	73	60	60	60	60	62	65	37	62	37	37	35	49
Clarificación (min)	8	8	7	12	6	15	15	12	12	12	12	12	17	7	13	28	7	4	8
Pasteurización (min)	32	35	102			58	60	46	40	22	74	70	26	91	31	31	26	28	
Caudal extracción [Lt/h]	480	480	377	377	377	377	493	497	497	497	497	497	658	486	486	486	486	364	364
Caudal pasteuriza [Lt/h]	1313	1200	353			1283	1200	1304	1500	2727	811		1217	1385	659	1161	1161	969	1286
Fecha	2106	2106	2006	2006	2006	2006	1306	1306	3005	3005	2305	2305	2305	2305	2205	2205	2205	1605	1605
Jugo Puro (Lt.)	300	710	300	300	300	300	550	500	500	440	200	200	400	360	300	300	300	500	510
Jugo a Producir (Lt.)	600	1420	600	600	600	600	1100	1000	1000	880	400	400	800	720	600	600	600	1000	1020
Extracción (min)	54	127	65	65	65	65	55	50	36	31	35	35	70	63	46	46	46	53	55
Clarificación (min)	8	13	9	7	9	7	13	12	14	12	5	4	9	9	9	8	8	14	14
Pasteurización (min)	29	60	27	29	30	30	41	44	46	46	25	25	38	41	24			47	56
Caudal extracción [Lt/h]	336	336	277	277	277	277	604	604	840	840	343	343	343	343	393	393	393	561	561
Caudal pasteuriza [Lt/h]	1241	1420	1333	1241	1200	1200	1610	1364	1304	1148	960	960	1263	1054	1500			1277	1093
Fecha	1505	1505	1505	1005	405	405	405	2704	2704	1804	1804	1704	1704	1704	1004	1004	1004	804	804
Jugo Puro (Lt.)	500	500	500	530	500	500	510	500	680	210	360	240	260	350	250	350	365	250	275
Jugo a Producir (Lt.)	1000	1000	1000	1060	1000	1000	1140	1000	1360	420	720	480	520	700	500	700	730	500	550
Extracción (min)	80	80	80	62	80	80	82	45	61	30	51	29	32	43	65	91	94	53	19
Clarificación (min)	13	16	13	15	12	15	10	13	19	5	9	5	9	10	11	16	9	7	7
Pasteurización (min)		80	81	52	46	58	55	48	72	20	40	21	28	40	38	59	60	37	35
Caudal extracción [Lt/h]	375	375	375	512	373	373	373	668	668	422	422	490	490	490	232	232	232	283	868
Caudal pasteuriza [Lt/h]		750	741	1223	1304	1034	1244	1250	1133	1260	1080	1371	1114	1050	789	712	730	811	943

A-5 Alimentos Cañaveral S.A

Fecha	404	404	304	304	304	2703	2703	2703	2303	2303	2303	2103	2103	2103	2103	2103	1703	1403	1403
Jugo Puro (Lt.)	250	250	250	250	250	350	400	280	420	310	310	200	250	200	200	250	100	300	270
Jugo a Producir (Lt.)	500	500	500	500	500	700	800	560	840	620	620	400	500	400	400	500	200	600	540
Extracción (min)	52	37	65	65	65	69	79	55	69	51	51	49	62	49	49	62			
Clarificación (min)	7	8	8	8	8	9	19	7	9	10	8	5	5	12	6	7		8	
Pasteurización (min)	23	20	35	41	36	43	50	23	35	91	20	22	23	37	44	28			
Caudal extracción [Lt/h]	288	405	232	232	232	304	304	304	363	363	363	243	243	243	243	243			
Caudal pasteuriza [Lt/h]	1304	1500	857	732	833	977	960	1461	1440	409	1860	1091	1304	649	545	1071			
Fecha	703	703	703	703	703	2502	2502	2502	2502	2402	2402	2402	1802	1802	1802	502	502	402	402
Jugo Puro (Lt.)	300	300	300	300	310	300	300	300	160	300	300	300	300	300	300	670	600	660	475
Jugo a Producir (Lt.)	600	600	600	600	620	600	600	600	320	600	600	600	600	600	600	1340	1200	1320	950
Extracción (min)	73	73	73	73	76	83	83	83	44	68	68	68				103	92	110	79
Clarificación (min)	7	7	8	7	7	8	9	8	5	7	9	8	9	8	10	35	25	35	25
Pasteurización (min)	32	68											70			50	40	60	30
Caudal extracción [Lt/h]	246	246	246	246	246	217	217	217	217	263	263	263				391	391	359	359
Caudal pasteuriza [Lt/h]	1125	529											514			1608	1800	1320	1900
Año 2001																			
Fecha	2901	2201	1401	1401	1401	801	801			1303	1303	1303	1303	1303	1203	1203	1203	503	503
Jugo Puro (Lt.)	740	500	600	750	150	600	600			350	350	350	400	390	350	350	260	350	350
Jugo a Producir (Lt.)	1480	1000	1200	1500	300	1200	1200			700	700	700	800	780	700	700	520	700	700
Extracción (min)	135	135	74	93	19	52	52			73	75	45	40	28	65	62	16	60	50
Clarificación (min)	15	12	10	15	10	10	10			8	12	7	6	7	8	9	8	7	6
Pasteurización (min)	40	60				38				40	46	37	40	32	31	35	31	43	43
Caudal extracción [Lt/h]	329	222	486	486	486	692	692			288	280	467	600	836	323	339	975	350	420
Caudal pasteuriza [Lt/h]	2220	1000				1895				1050	913	1135	1200	1463	1355	1200	1006	977	977
Fecha	503	503	2602	2602	2602	2602	1902	1902	1902	1902	1902	1902	1902	1202	1202	1202	902	902	802
Jugo Puro (Lt.)	410	410	350	300	170	350	350	350	350	350	350	250	240	350	350	460	350	370	300
Jugo a Producir (Lt.)	820	820	700	600	340	700	700	700	700	700	700	500	480	700	700	920	700	740	600
Extracción (min)	30	30	24	36	28	43	75	52	29	55	32	40	38	78	30	57	60	27	55
Clarificación (min)	5	5	8	6	5	8	5	6	6	7	6	4	5	7	8	13	13	12	5
Pasteurización (min)	26	26	35	44	29	45	22	44	48	35	22	33	13	39	41	32	30	35	30
Caudal extracción [Lt/h]	820	820	875	500	364	488	280	404	724	382	656	375	379	269	700	484	350	822	327
Caudal pasteuriza [Lt/h]	1892	1892	1200	818	703	933	1909	955	875	1200	1909	909	2215	1077	1024	1725	1400	1269	1200
Fecha	802	2901	2901	2201	2201	2201	1501	1501	1501	1501	901	901	901	201	201	201	201		
Jugo Puro (Lt.)	200	500	500	500	500	490	500	500	500	420	500	500	410	560	500	300	260		
Jugo a Producir (Lt.)	400	1000	1000	1000	1000	980	1000	1000	1000	1000	1000	1000	820	1120	1000	600	520		
Extracción (min)	81	67	38	35	37	36	40	31	35	33	31	35	36	80	26	18	23		
Clarificación (min)	4	8	8	8	8	9	8	7	9	12	8	9	7	10	8	8	9		
Pasteurización (min)	22	36	36		40	47	35	41	95	60	37	43	40	36	43	53	53		
Caudal extracción [Lt/h]	148	448	789	857	811	817	750	968	857	764	968	857	683	420	1154	1000	678		
Caudal pasteuriza [Lt/h]	1091	1667	1667		1500	1251	1714	1463	632	1000	1622	1395	1230	1867	1395	679	589		

A-7 Alimentos Cañaveral S.A

Fecha	1502	1502	3001	3001	901
Jugo Puro (Lt.)	320	420	350	350	120
Jugo a Producir (Lt.)	333	437	364	364	125
Extracción (min)	51	60	86	49	33
Clarificación (min)	4	4	6	6	5
Pasteurización (min)	45	25	23	19	13
Caudal extracción [Lt/h]	376	420	244	429	218
Caudal pasteuriza [Lt/h]	444	1048	950	1149	576

PULPA AZUCARADA DE NARANJA

Año 2000

Fecha	1608	2607	2607	2407	2407	2407	1707	1707	1707	1707	1707	3005	3005	2905	2905	2905	2905	2905	2905
Jugo Puro (Lt.)	390	475	690	500	500	250	260	300	300	300	300	500	240	500	160	500	500	500	500
Jugo a Producir (Lt.)	714	870	1264	916	916	458	476	550	550	550	550	916	440	916	293	916	916	916	916
Clarificación (min)	8	33	25	9	9	6	6	4	7	7	8	11	10	10	4	11	11	18	63
Pasteurización (min)	30	55	47	60	60	20	23	37			24	33	20	31	13	31	33	48	34
Caudal pasteuriza [Lt/h]	780	518	881	500	500	750	678	486			750	909	720	968	738	968	909	625	882

Fecha	2205	2205	2205	805	805	504	804	504	2203	2203	1303	1303	603	603	603	603	2202	2202	2202
Jugo Puro (Lt.)	500	550	500	500	640	300	300	500	400	480	500	500	300	300	300	390	300	300	500
Jugo a Producir (Lt.)	916	1008	916	916	1172	550	550	916	733	879	916	916	550	550	550	714	550	550	916
Clarificación (min)	13	13	12	12	15	8	8	11	7	40			8	9	8		5	4	2
Pasteurización (min)	118			37	59	21	40	36	53	10			33						
Caudal pasteuriza [Lt/h]	762	762	762	811	651	857	450	833	838	838			545						

Año 2001

Fecha	502	2801	2801	2101	2101		1403	1403	603	103	103	2702	2702	2002	902	902	3001	3001
Jugo Puro (Lt.)	410	700	500	450	390		400	600	500	350	310	380	320	360	400	460	400	200
Jugo a Producir (Lt.)	751	1282	916	824	714		733	1099	916	641	568	696	586	660	733	843	733	366
Clarificación (min)	25	45	35	20	15		15	11	13	9	10	10	20	12	11	12	13	6
Pasteurización (min)	40	50		85	25		30		40	33	31	34		37	60	60		15
Caudal pasteuriza [Lt/h]	615	840		318	936		800		750	636	600	671		584	400	460		800

Fecha	1001	1001	401
Jugo Puro (Lt.)	500	460	310
Jugo a Producir (Lt.)	916	843	568
Clarificación (min)	9	6	8
Pasteurización (min)		30	23
Caudal pasteuriza [Lt/h]		920	809

A-8 Alimentos Cañaveral S.A

REFRESCO DE LIMON

	Año 2000																		
Fecha	1608	1608	408	408	408	2507	2507	1107	1107	3006	2306	2306	2106	1605	305	305	1204	1204	504
Jugo Puro (Lt.)	30	43	16	46	20	39	46	60	43	56	42	44	39	48	24	40	36	47	22
Jugo a Producir (Lt.)	388	556	207	595	259	504	595	776	556	724	543	569	504	621	310	517	465	608	284
Extracción (min)	65		30	50		28		74		25	67		35	40	38		40	28	90
Clarificación (min)	6	8	4	7	5	5	6	10	7	9	4	7	7	13	4	7	6	8	4
Pasteurización (min)			67			20	31	57		35	22	29	27	56	16	22	18	30	20
Caudal extracción [Lt/h]	28		32	55		84		49		134	38		67	72	38		54	101	15
Caudal pasteuriza [Lt/h]			947	947	947	1513	1151	1442	1442	1241	1481	1177	1120	665	1164	1410	1551	1215	853

	Año 2000						Año 2001					
Fecha	1703	1303	603	2102	102		1503	3101	3101	1501	501	
Jugo Puro (Lt.)	27	21	26	20	20		40	12.5	50	70	50	
Jugo a Producir (Lt.)	349	271	336	259	259		517	162	646	905	646	
Extracción (min)			32		60		53	18	14	68	60	
Clarificación (min)			6		30		8	2	9	13	8	
Pasteurización (min)			28		20			19		50	38	
Caudal extracción [Lt/h]			49		20		45	99	99	62	50	
Caudal pasteuriza [Lt/h]			720		776			510		1086	1021	

PULPA AZUCARADA DE LIMON

	Año 2000						Año 2001											
Fecha	2408	2408	2408	2106	3006	3105	1503	1503	1503	103	802	802				3101	3401	1601
Jugo Puro (Lt.)	108	103	99	183	144	169	50	53	61	60	47	29	50	47	98	72	113	
Jugo a Producir (Lt.)	252	240	231	426	336	394	117	123	142	140	110	67.6	117	110	228	168	263	
Extracción (min)	45	36		65		67	48	30	27	40	30	35	30	30	39	21	75	
Clarificación (min)	3	3	2	5	7	9	9	9	10		4	4	4	4	6	6	16	
Pasteurización (min)	23	15	15	21	16	77	39	39	49	25	21	21	21	21	15	15	30	
Caudal extracción [Lt/h]	144	172		169	151		63	106	136	90	94	50	100	94	151	206	90	
Caudal pasteuriza [Lt/h]	656	960	923	1218	1258	307	179	190	174	336	313	193	333	313	913	671	527	

REFRESCO DE MORA

	Año 2000																		
Fecha	3008	3008	2408	2408	1608	1608	408	408	2607	2507	1107	3006	2406	2006	1206	1605	305	1804	2203
Jugo Puro (Lt.)	125	125	125	125	125	125	125	125	20	150	150	150	150	150	150	150	150	46	97
Jugo a Producir (Lt.)	1220	1220	1220	1220	1220	1220	1220	1220	195	1464	1464	1464	1464	1464	1464	1464	1464	449	947
Clarificación (min)	15	15	10	11	14	12	15	14	4	15	20	17	16	7	31	23	16	8	9
Pasteurización (min)			88		100		52	55	17	57	70	61	82	61	45	68	63	29	30
Caudal pasteuriza [Lt/h]			1663	1663	1464	1464	1408	1331	689	1541	1255	1440	1071	1440	1952	1292	1394	929	1893

A-9 Alimentos Cañaveral S.A

	Año 2001																
Fecha	1403	603	603	303	2802	2802	2102	602	602	3001	2301	2301	2301	2301	1601	1601	1601
Jugo Puro (Lt.)	150	100	75	100	100	100	100	50	100	100	75	75	75	100	100	100	100
Jugo a Producir (Lt.)	1464	976	732	976	976	976	976	488	976	976	732	732	732	976	976	976	976
Clarificación (min)	14	8	8	10	14	13	12	5	9	9	48	8	8	8	13	12	13
Pasteurización (min)	55	32	40	40	32	40	35	24	39	54	45	36	50	39	31	60	89
Caudal pasteuriza [Lt/h]	1597	1830	1098	1464	1830	1464	1673	1220	1502	1084	976	1220	878	1502	1889	976	658

PULPA AZUCARADA DE MORA

	Año 2000						Año 2001			
Fecha	3008	808	2607	3006	1906	3105	2803	2102	702	3001
Jugo Puro (Lt.)	350	350	475	250	250	150	100	350	400	152
Jugo a Producir (Lt.)	637	637	865	455	455	273	182	637	728	277
Clarificación (min)	18	11	13	12	18	75	14	15	21	28
Pasteurización (min)	44	41	55	41	35	22	35	136		29
Caudal pasteuriza [Lt/h]	869	932	943	666	780	745	312	281		572

REFRESCO DE MARACUYA

	Año 2000		Año 2001											
Fecha	2807		1403	703	2802	2802	702	702	3001	2301	1601	1601	1001	401
Jugo Puro (Lt.)	18		100	50	75	75	75	75	100	125	100	125	50	50
Jugo a Producir (Lt.)	170		945	473	709	709	709	709	945	1181	945	1181	473	473
Clarificación (min)	3		6	5	8	8	8	9	13	7	9	12	10	8
Pasteurización (min)	16		49	20	25	25	50	45	68	51		75	24	28
Caudal pasteuriza [Lt/h]	638		1157	1418	1701	1701	851	945	834	1390		945	1181	1013

PULPA AZUCARADA DE MARACUYA

	Año 2001			
Fecha	1703	303	2302	2102
Jugo Puro (Lt.)	113	100	100	125
Jugo a Producir (Lt.)	206	182	182	228
Clarificación (min)	18	7	10	
Pasteurización (min)	30	15	18.7	25
Caudal pasteuriza [Lt/h]	411	728	584	546

ANEXO II

Relación de Balances teóricos de Agua

El siguiente Anexo contiene la información correspondiente a las tablas resumen de balance teórico de aguas en la producción de Jugos y concentrado Cañaveral (Desde Julio de 2000 hasta abril 2001). El formato de la tabla es similar al manejado como informe mensual de producción, considera además de cantidades producidas, la información de consumos de agua.

La descripción detallada de los consumos de agua (recuadros negros) en cada una de las operaciones especificadas teóricamente obedece a:

- Consumo de agua de dilución volumen de producto elaborado en la línea.
- Consumo de Agua de servicio (lubricación y refrigeración de equipos) por volumen de producto elaborado en la línea de Jugos
- Consumo de Agua de proceso (dilución y ajuste de sólidos) por volumen de producto elaborado en la línea de concentrado Cañaveral.

De manera adicional se efectúa una descripción teórica del porcentaje de consumo especificado (conocido) por la empresa durante los meses en estudio. Esta especificación se logra a partir de una relación entre el consumo global facturado y el consumo teórico identificado por el balance. Los cálculos se reúnen en:

- Porcentajes de consumo especificado en función del consumo global de la planta reportado por las facturas del servicio.
- Porcentajes de consumo especificado en función de dos promedios móviles (bimestral y global) del consumo global. Cuyo objetivo es atenuar las variaciones presentadas en la primera especificación teórica.

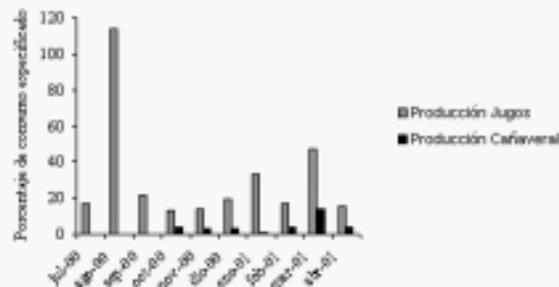
El resumen de los apartes más importantes de este anexo agrupa el volumen de los tres consumos globales considerados (Reportado por facturas de servicio, promedio móvil bimestral, promedio móvil global) y el volumen de consumo teórico de agua de servicio y proceso en las etapas monitoreadas durante la producción en cada línea.

Tabla resumen del balance teórico de consumos especificados

	jul-00	ago-00	sep-00	oct-00	nov-00	dic-00	ene-01	feb-01	mar-01	abr-01	
I - Consumo general	489000	109000	563000	742000	863000	596000	303000	629000	297000	694000	Lt
II - Prom binestral	427000	299000	336000	652500	802500	729500	490500	467000	463000	480500	Lt
II - Prom Global	508350	318350	545350	634850	695350	561850	416350	578350	402550	605850	Lt
Línea de producción de Jugos y concentrados azucarados											
H2O extracción [Lt]	42020.4	68206.7	61745.8	49294.1	64722.9	54483.8	44826.8	38848.5	66611.8	53460.5	Lt
H2O servicio [Lt]	28674.3	36657.3	40999.5	31627.8	36579.2	41326.9	36398.5	34545.7	51180.8	36761.6	Lt
H2O dilución [Lt]	11540.1	19035.4	20130.1	14065.3	16940.7	20065.5	20362.8	12174.9	22176.1	16108.8	Lt
Total especificado	82234.8	123949	122875	94967.2	118243	115876	101588	105569	139969	106331	Lt
Línea de producción de concentrado Cañaveral											
H2O dilución [Lt]				9704	9405	7102	855	9373	14208	11451	Lt
H2O Ajuste [Lt]				16158	14298	10640	1219	13510	26767	16015	Lt
Total especificado				25862	23703	17745	2074	22883	40975	27466	Lt

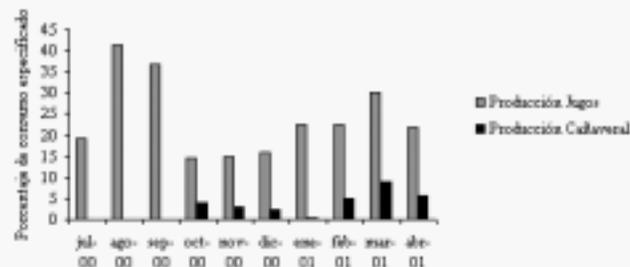
I - Porcentajes teóricos de consumo en planta a partir de consumo fijo general

Mar	jul-00	ago-00	sep-00	oct-00	nov-00	dic-00	ene-01	feb-01	mar-01	abr-01
Línea de producción de Jugos y concentrados azucarados										
H2O extracción [%]	8.59	62.57	10.97	6.64	7.50	9.14	14.70	9.36	22.43	7.82
H2O servicio [%]	5.86	33.63	7.28	4.26	4.24	6.93	11.93	5.49	17.23	5.37
H2O dilución [%]	2.36	17.51	3.58	1.90	1.96	3.37	6.68	1.94	7.47	2.36
Total especificado	16.82	113.72	21.83	12.80	13.70	19.44	33.31	16.78	47.13	15.55
Línea de producción de concentrado Cañaveral										
H2O dilución [%]				1.31	1.09	1.19	0.28	1.40	4.78	1.67
H2O Ajuste [%]				2.18	1.66	1.79	0.40	2.15	9.01	2.34
Total especificado				3.49	2.75	2.98	0.68	3.64	13.80	4.02



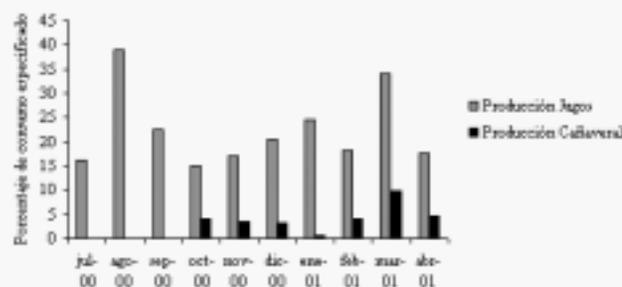
II - Porcentajes teóricos de consumo en planta a partir de promedio móvil binestral

	jul-00	ago-00	sep-00	oct-00	nov-00	dic-00	ene-01	feb-01	mar-01	abr-01		
Línea de producción de Jugos												
H2O extracción [%]	9.84	22.81	18.38	7.55	8.07	7.47	9.95	12.60	14.39	10.90		
H2O servicio [%]	6.72	12.26	12.20	4.85	4.56	5.67	8.08	7.40	11.05	7.49		
H2O dilución [%]	2.70	6.38	5.99	2.16	2.11	2.75	4.52	2.61	4.79	3.38		
Total especificado	19.26	40.45	36.57	14.56	14.73	15.88	22.55	22.61	30.23	21.68		
Línea de producción de concentrado Cañaveral												
H2O dilución [%]						1.49	1.17	0.97	0.19	2.01	3.07	2.33
H2O Ajuste [%]						2.48	1.78	1.46	0.27	2.89	5.78	3.27
Total especificado						3.96	2.95	2.43	0.46	4.90	8.85	5.60



III - Porcentajes teóricos de consumo en planta a partir de Promedio móvil global

Mar	jul-00	ago-00	sep-00	oct-00	nov-00	dic-00	ene-01	feb-01	mar-01	abr-01		
Línea de producción de Jugos y concentrados azucarados												
H2O extracción [%]	8.27	21.43	11.32	7.76	9.31	9.70	10.77	10.18	16.15	8.82		
H2O servicio [%]	5.64	11.51	7.52	4.98	5.26	7.36	8.74	5.97	12.41	6.07		
H2O dilución [%]	2.27	6.00	3.69	2.22	2.44	3.57	4.89	2.11	5.38	2.66		
Total especificado	16.18	38.93	22.53	14.96	17.00	20.62	24.40	18.25	33.94	17.55		
Línea de producción de concentrado Cañaveral												
H2O dilución [%]						1.53	1.35	1.26	0.21	1.62	3.45	1.89
H2O Ajuste [%]						2.55	2.06	1.89	0.29	2.34	6.49	2.64
Total especificado						4.07	3.41	3.16	0.50	3.96	9.94	4.53



INFORME GENERAL DE PRODUCCION DE JUGOS MES JULIO DE 2000

	Naranja	Limon	Mora	Mary	Mora Fr	TOTAL	Caudales de servicio [L/h]				
Fruta utilizada [Kg]	29093	753	1195	0	0	31041	Extracción	1500			
Desecho [Kg]	425	110	0	0	0	535	Pasteurizador	200			
Fruta exprimida [Kg]	28668	643	550	0	0	29861	Homogenizador	350			
Jugo obtenido [L]	11081.2	188	0	0	0	11269.2	Bomba de vacío	650			
Rend. extracción	38.65	29.24									
Jugo procesado	JCH	PAN	IPH	JCL	PAL	JCM	PAM	JCMy	PAMy		
Reperación ini											
Reproceso	222	75	0	6		274	0				
Jugo producido [L]	12140	6219.26	1228	2431		4412	1318				
Jugo empaquetado [L]	12298	5979.8	1188	2378		4515	1196.9				
Pérdido [L]	40	286.46	40	33		135	114.1				
Reperación fin	24	28	0	26		36	7				

CONSUMO DE AGUA DE SERVICIO Y PROCESO

	0.4855	0	0	0.8759	0	0.7971	0	0.8163	0	% H2O
Formulación	0.4855	0	0	0.8759	0	0.7971	0	0.8163	0	% H2O
Caudal Pasteuriza	1500	773	1500	1500	557	1500	678	1500	443	Lt / h
H2O Dilución	5894	0	0	2129	0	3517	0	0	0	11540 Lt
H2O Pasteurización	1648	1629	164	325	0	625	389	0	0	4779 Lt
H2O Homogenizador	2884	2850	287	569	0	1093	680	0	0	8363 Lt
H2O Vacío	5357	5293	532	1056	0	2031	1264	0	0	15532 Lt
										H2O Servicio 28674 Lt

BALANCE GLOBAL DE CONSUMO DE AGUA

	Consumo [L]	Agua de extracción	Agua	Agua de	Total
JULIO	489000	38650	3371	28674	11540.1
Porcentaje [%]		8.59	5.86	2.36	16.82

INFORME GENERAL DE PRODUCCION DE JUGOS MES AGOSTO DE 2000

	Naranja	Limon	Mora	Mary	Mora Fr	TOTAL	Caudales de servicio [L/h]				
Fruta utilizada [Kg]	47671	1611	1700			50982	Extracción	1500			
Desecho [Kg]	600	85	0			685	Pasteurizador	200			
Fruta exprimida [Kg]	47071	1526	600			49197	Homogenizador	350			
Jugo obtenido [L]	17165.2	465	0			17630.2	Bomba de vacío	650			
Rend. extracción	36.47	30.47									
Jugo procesado	JCH	PAN	IPH	JCL	PAL	JCM	PAM	JCMy	PAMy		
Reperación ini											
Reproceso	1101	28	0	274	33	274	0				
Jugo producido [L]	19963.6	716.35	6324	2000	724	9386.3	1272.72				
Jugo empaquetado [L]	20807	703.8	6153	2186	611	9578	1138.6				
Pérdido [L]	151.6	26.55	156	44	135	231.3	126.12				
Reperación fin	106	14	15	44	11	51	8				249

CONSUMO DE AGUA DE SERVICIO Y PROCESO

	0.4855	0	0	0.8759	0	0.7971	0	0.8163	0	% H2O
Formulación	0.4855	0	0	0.8759	0	0.7971	0	0.8163	0	% H2O
Caudal Pasteuriza	1500	773	1500	1500	557	1500	678	1500	443	Lt / h
H2O Dilución	9692	0	0	1752	0	7641	0	0	0	19085 Lt
H2O Pasteurización	2809	193	843	303	272	1315	375	0	0	6110 Lt
H2O Homogenizador	4915	337	1476	531	476	2501	657	0	0	10692 Lt
H2O Vacío	9128	626	2740	985	883	4273	1220	0	0	19856 Lt
										H2O Servicio 36657 Lt

BALANCE GLOBAL DE CONSUMO DE AGUA

	Consumo [L]	Agua de extracción	Agua	Agua de	Total
AGOSTO	109000	59870	8337	36657	19085
Porcentaje [%]		62.57	33.63	17.51	113.7

INFORME GENERAL DE PRODUCCION DE JUGOS MES SEPTIEMBRE DE 2000

	Naranja	Limon	Mora	Mary	Mora Fr	TOTAL	Caudales de servicio [L/h]				
Fruta utilizada [Kg]	41753	1669	600			44022	Extracción	1500			
Desecho [Kg]	480	0	7			487	Pasteurizador	200			
Fruta exprimida [Kg]	41253	1669	593			43515	Homogenizador	350			
Jugo obtenido [L]	15210	485	243			15938	Bomba de vacío	650			
Rend. extracción	36.87	29.06									
Jugo procesado	JCH	PAN	IPH	JCL	PAL	JCM	PAM	JCMy	PAMy		
Reperación ini											
Reproceso	1040	14	7	108		78	285				
Jugo producido [L]	14460	4981	4867.2	2285	661	4326	1181	9062			
Jugo empaquetado [L]	15168	4700.2	4516	2640	561.2	4316	1267.8	7524			
Pérdido [L]	122	289.8	350.2	31	99.8	52	192.2	1478			
Reperación fin	210	5	8	22	0	36	6	60			

CONSUMO DE AGUA DE SERVICIO Y PROCESO

	0.4855	0	0	0.8759	0	0.7971	0	0.8163	0	% H2O
Formulación	0.4855	0	0	0.8759	0	0.7971	0	0.8163	0	% H2O
Caudal Pasteuriza	1500	773	1500	1500	557	1500	678	1500	443	Lt / h
H2O Dilución	7020	0	0	2264	0	3448	0	7397	0	20130 Lt
H2O Pasteurización	2067	1292	650	329	237	587	432	1208	0	6833 Lt
H2O Homogenizador	3617	2262	1137	628	415	1028	757	2114	0	11958 Lt
H2O Vacío	6717	4200	2112	1167	771	1908	1405	3927	0	22208 Lt
										H2O Servicio 41000 Lt

BALANCE GLOBAL DE CONSUMO DE AGUA

	Consumo [L]	Agua de extracción	Agua	Agua de	Total
SEPTIEMBRE	563000	53051	8695	41000	20130
Porcentaje [%]		10.97	7.28	3.58	21.83

INFORME GENERAL DE PRODUCCION DE JUGOS MES OCTUBRE DE 2000

	Naranja	Limon	Mora	Mary	Mora Fr	TOTAL	Caudales de servicio [L/h]				
Fruta utilizada [Kg]	35700	1619	1050	125		38494	Extracción	1500			
Desecho [Kg]	510	15	0			525	Pasteurizador	200			
Fruta exprimida [Kg]	35190	1604	1050	125		37969	Homogenizador	350			
Jugo obtenido [L]	12025.5	410	0			12435.5	Bomba de vacío	650			
Rend. extracción	34.17	25.56									
Jugo procesado	JCH	PAN	IPH	JCL	PAL	JCM	PAM	JCMy	PAMy		
Reperación ini											
Reproceso	210	5	8	265		373	146				
Jugo producido [L]	14360	5024	1633	2023	587	5306	999	1338			
Jugo empaquetado [L]	14360	4884.6	1348	2140	372	5527	819.3	1355			
Pérdido [L]	112.5	98.9	233	38	183	22	142.7	87			
Reperación fin	94.5	45.5	60	110	32	130	37	42			

CONSUMO DE AGUA DE SERVICIO Y PROCESO

	0.4855	0	0	0.8759	0	0.7971	0	0.8163	0	% H2O
Formulación	0.4855	0	0	0.8759	0	0.7971	0	0.8163	0	% H2O
Caudal Pasteuriza	1500	773	1500	1500	557	1500	678	1500	443	Lt / h
H2O Dilución	6972	0	0	1772	0	4229	0	1092	0	14065 Lt
H2O Pasteurización	1943	1301	219	305	211	757	338	198	0	5271 Lt
H2O Homogenizador	3400	2277	383	534	369	1325	591	346	0	9225 Lt
H2O Vacío	6314	4229	711	991	685	2461	1098	643	0	17132 Lt
										H2O Servicio 31628 Lt

BALANCE GLOBAL DE CONSUMO DE AGUA

	Consumo [L]	Agua de extracción	Agua	Agua de	Total
OCTUBRE	742000	41944	7351	31628	14065
Porcentaje [%]		6.64	4.26	1.90	12.80

INFORME GENERAL DE PRODUCCION DE JUGOS MES NOVIEMBRE DE 2000

	Naranja	Limon	Mora	Mara	Mora Fr	TOTAL	Caudales de servicio (Litros)				
Fruta utilizada [Kg]	46686	2385	1300	200		50571	Extracción	1500			
Desecho [Kg]	1562	90	0	0		1652	Pasteurizador	200			
Fruta exprimida [Kg]	45124	2295	1300	200		48919	Homogenizador	350			
Jugo obtenido [Lt]	15236	646	0	0		15882	Bomba de vacío	650			
Rend. extracción	33.76	28.15									

	JCH	PAH	IPH	JCL	PAL	JCM	PAM	JCMY	PAMY
Jugo procesado									
Recuperación ini									
Reproceso	897	0	0	75	0	772	0	52	
Jugo producido [Lt]	16770	4411	3954.6	1174	652	7814	909	1889	
Jugo empacado [Lt]	17436.2	4183.39	3611	1200	467.2	8451.19	870.3	1893.69	
Pérdida [Lt]	130.81	202.61	343.6	14	152.8	99.81	4.7	27.31	
Recuperación fin.	100	25	0	35	32	35	34	20	

CONSUMO DE AGUA DE SERVICIO Y PROCESO

	0.4855	0	0	0.8759	0	0.7971	0	0.8163	0	% H2O
Formulación										
Caudal Pasteuriza	1500	773	1500	1500	557	1500	678	1500	443	Lt/h
H2O Dilución	8142	0	0	1028	0	6229	0	1542	0	16941 Lt
H2O Pasteurización	2356	1141	527	167	234	1145	268	259	0	6097 Lt
H2O Homogenizador	4122	1997	923	291	410	2003	469	453	0	10669 Lt
H2O Vacío	7656	3709	1714	541	761	3721	871	841	0	19814 Lt
										H2O Servicio 36579 Lt

BALANCE GLOBAL DE CONSUMO DE AGUA

	Consumo [Lt]	Agua de extracción	Agua de servicio	Agua de dilución	Total especificado
NOVIEMBRE	863000	53141	11582	36579	16941
Porcentaje		7.50	4.24	1.96	13.70

INFORME GENERAL DE PRODUCCION DE JUGOS MES DICIEMBRE DE 2000

	Naranja	Limon	Mora	Mara	Mora Fr	TOTAL	Caudales de servicio (Litros)				
Fruta utilizada [Kg]	41724	300	2300	575		44899	Extracción	1500			
Desecho [Kg]	405	0	0	0		405	Pasteurizador	200			
Fruta exprimida [Kg]	41319	300	2300	575		44494	Homogenizador	350			
Jugo obtenido [Lt]	15184	85	0	0		15269	Bomba de vacío	650			
Rend. extracción	36.7482	28.3333	0	0							

	JCH	PAH	IPH	JCL	PAL	JCM	PAM	JCMY	PAMY
Jugo procesado									
Recuperación ini									
Reproceso	1281	0	0	425	0	1706	0	37	
Jugo producido [Lt]	17390	4214	3972.8	1096	0	7816	2729	5436	
Jugo empacado [Lt]	18516.4	3702.2	3745	1448	0	7656.67	2514.5	5374.59	
Pérdida [Lt]	83.6	441.8	195.8	18	0	91.33	130.5	66.41	
Recuperación fin.	61	70	32	55		68	84	32	

CONSUMO DE AGUA DE SERVICIO Y PROCESO

	0.4855	0	0	0.8759	0	0.7971	0	0.8163	0	% H2O
Formulación										
Caudal Pasteuriza	1500	773	1500	1500	557	1500	678	1500	443	Lt/h
H2O Dilución	8438	0	0	960	0	6230	0	4437	0	20066 Lt
H2O Pasteurización	2488	1090	530	203	0	1042	805	730	0	6888 Lt
H2O Homogenizador	4354	1908	927	355	0	1824	1409	1277	0	12034 Lt
H2O Vacío	8086	3543	1722	659	0	3387	2616	2372	0	22385 Lt
										H2O Servicio 41327 Lt

BALANCE GLOBAL DE CONSUMO DE AGUA

	Consumo [Lt]	Agua de extracción	Agua de servicio	Agua de dilución	Total especificado
DICIEMBRE	596000	52960	1524	41327	20066
Porcentaje		9.14	6.93	3.37	19.44

INFORME GENERAL DE PRODUCCION DE JUGOS MES ENERO DE 2001

	Naranja	Limon	Mora	Mara	Mora Fr	TOTAL	Caudales de servicio (Litros)				
Fruta utilizada [Kg]	32186	1241	1125	550	0	35102	Extracción	1500			
Desecho [Kg]	694	78	0	0	0	772	Pasteurizador	200			
Fruta exprimida [Kg]	31582	1163	1125	550	0	34420	Homogenizador	350			
Jugo obtenido [Lt]	11305	301	0	0	0	11606	Bomba de vacío	650			
Rend. extracción	35.80	25.88	0	0	0						

	JCH	PAH	IPH	JCL	PAL	JCM	PAM	JCMY	PAMY
Jugo procesado									
Recuperación ini	375	0	0	24	0	400	0	288	0
Reproceso	777	0	0	114	0	607	0	1108	0
Jugo producido [Lt]	15580	4351	749	1552	469	9035	0	5205	0
Jugo empacado [Lt]	16522	4024	720	1624	373	9880	0	6470	0
Pérdida [Lt]	110	198	29	21	60	127	0	54	0
Recuperación fin.	80.00	129.0	0.00	45.00	36.00	35.0	0.0	75.0	0.00

CONSUMO DE AGUA DE SERVICIO Y PROCESO

	0.4855	0	0	0.8759	0	0.7971	0	0.8163	0	% H2O
Formulación										
Caudal Pasteuriza	1500	773	1500	1500	557	1500	678	1500	443	Lt/h
H2O Dilución	7554	0	0	1359	0	7202	0	4247	0	20363 Lt
H2O Pasteurización	2228	1126	100	225	168	1309	0	880	0	6066 Lt
H2O Homogenizador	3899	1970	175	394	295	2343	0	1540	0	10616 Lt
H2O Vacío	7242	3659	325	732	547	4352	0	2860	0	19716 Lt
										H2O Servicio 36398 Lt

BALANCE GLOBAL DE CONSUMO DE AGUA

	Consumo [Lt]	Agua de extracción	Agua de servicio	Agua de dilución	Total especificado
ENERO	305000	39430	5096	36398	20363
Porcentaje		14.70	11.95	6.68	33.31

INFORME GENERAL DE PRODUCCION DE JUGOS MES FEBRERO DE 2001

	Naranja	Limon	Mora	Mara	Mora Fr	TOTAL	Caudales de servicio (Litros)				
Fruta utilizada [Kg]	41091	1857	1600	275	0	44823	Extracción	1500			
Desecho [Kg]	1062	220	0	0	0	1282	Pasteurizador	200			
Fruta exprimida [Kg]	40029	1637	1600	275	0	43541	Homogenizador	350			
Jugo obtenido [Lt]	14477	466	0	0	0	14943	Bomba de vacío	650			
Rend. extracción	36.17	28.44	0	0	0						

	JCH	PAH	IPH	JCL	PAL	JCM	PAM	JCMY	PAMY
Jugo procesado									
Recuperación ini	80.00	0.00	0.0	35.0	0.0	0.0	0.0	75	0.0
Reproceso	58	0	0	0	0	0	0	1356	0
Jugo producido [Lt]	17520	3488	3380	645	977	2442	2627	1418	284
Jugo empacado [Lt]	17501	3213	3156	624	778	2202	1397	2711	232
Pérdida [Lt]	101	125	214	11	160	39	145	35	27
Recuperación fin.	56	25	10	45	39	52	972	58	25

CONSUMO DE AGUA DE SERVICIO Y PROCESO

	0.4855	0	0	0.8759	0	0.7971	0	0.8163	0	% H2O
Formulación										
Caudal Pasteuriza	1500	773	1500	1500	557	1500	678	1500	443	Lt/h
H2O Dilución	8306	0	0	565	0	1947	0	1158	0	12175 Lt
H2O Pasteurización	2354	902	451	91	351	326	775	380	128	5758 Lt
H2O Homogenizador	4120	1579	789	159	614	570	1356	665	224	10076 Lt
H2O Vacío	7652	2933	1465	295	1140	1058	2519	1235	417	18712 Lt
										H2O Servicio 34546 Lt

BALANCE GLOBAL DE CONSUMO DE AGUA

	Consumo [Lt]	Agua de extracción	Agua de servicio	Agua de dilución	Total especificado
FEBRERO	629000	50494	8355	34546	12175
Porcentaje		9.36	5.49	1.94	16.78

INFORME GENERAL DE PRODUCCION DE JUGOS MES MARZO DE 2001

	Naranja	Limon	Mora	Mary	Mora Fr	TOTAL	Caudales de servicio [L/h]				
Fruta utilizada [Kg]	51960	1114	765	575	778	55192	Extracción	1500			
Desecho [Kg]	1687	95	7	0	0	1789	Pasteurizador	200			
Fruta espezada [Kg]	50273	1019	758	575	778	53403	Homogenizador	350			
Jugo obtenido [L]	13628	286	0	0	0	13914	Bomba de vacío	650			
Rend extracción	35.06	28.07									

	JCH	PAH	JPH	JCL	PAL	JCM	PAM	JCMY	PAMY
Jugo procesado	0	0	0	0	0	120	0	1460	
Recuperación así	0	0	0	0	0	198	1428	158	
Reproceso	297	60	0	28	0	198	1428	158	
Jugo producido [L]	16640	8273	4197.6	2361	366	9521	978	5439.4	
Jugo empacado [L]	16840	7662	3940	2368	737	9633	2008	6936	
Pérdidas [L]	98	671	258	21	29	207	398	121	
Recuperación fin									

CONSUMO DE AGUA DE SERVICIO Y PROCESO

	0.4855	0	0	0.8759	0	0.7971	0	0.8163	0	% H2O
Formulación	1500	773	1500	1500	557	1500	678	1500	443	Lt / h
Caudal Pasteuriza	8079	0	0	2068	0	7589	0	4440	0	22176 Lt
H2O Dilución	2258	2156	560	319	275	1312	710	941	0	8530 Lt
H2O Pasteurización	3952	3773	979	557	481	2296	1242	1647	0	14928 Lt
H2O Homogenizador	7339	7007	1819	1035	894	4264	2307	3058	0	27723 Lt
H2O Vacío										H2O Servicio 51181 Lt

BALANCE GLOBAL DE CONSUMO DE AGUA

	Consumo Agua de extracción [L]		Agua	Agua de dilución	Total especificado
MARZO	297000	61484	5127	22176	139969 Lt
Porcentaje		22.43	17.23	7.47	47.13 %

Caudales de pasteurización

	JCH	PAH	JPH	JCL	PAL	JCM	PAM	JCMY	PAMY
Caudal Pasteuriza	1500	773	1500	1500	557	1500	678	1500	443 Lt / h

Resumen de consumo teórico durante los meses en estudio.

A continuación se referencian los tipos de consumo mensual (General, promedio bimestral y global) y por etapas (Extracción, servicio y dilución)

	jul-00	ago-00	sep-00	oct-00	nov-00	dic-00	ene-01	feb-01	mar-01	abr-01
I - Consumo general	489000	109000	563000	742000	863000	596000	305000	629000	297000	684000 Lt
II - Prom Bimestral	427000	289000	336000	652000	802000	728000	450000	467000	463000	490500 Lt
II - Prom Global	506350	318350	545350	634850	695350	561850	416350	578350	412350	605850 Lt
H2O extracción [L]	42020	68207	61346	49294	64723	54484	44827	38849	66612	53461 Lt
H2O servicio [L]	28674	36657	41000	31628	36579	41327	36398	34546	51181	36762 Lt
H2O dilución [L]	11540.1	19085	20130	14065	16941	20066	20363	12175	22176	16109 Lt
Total especificado	82255	123949	122875	94987	118243	115876	101588	105569	139969	106331 Lt

I - Porcentajes de consumo en línea a partir de consumo fijo general (Factura de servicio)

	jul-00	ago-00	sep-00	oct-00	nov-00	dic-00	ene-01	feb-01	mar-01	abr-01
H2O extracción [%]	8.59	62.57	10.97	6.84	7.50	9.14	14.70	9.36	22.43	7.82
H2O servicio [%]	5.86	33.63	7.28	4.26	4.24	6.93	11.93	5.49	17.23	5.37
H2O dilución [%]	2.36	17.51	3.58	1.90	1.96	3.37	6.68	3.94	7.47	2.36
Total especificado	16.82	113.72	21.83	12.80	13.70	19.44	33.31	16.78	47.13	15.55

INFORME GENERAL DE PRODUCCION DE JUGOS MES ABRIL DE 2001

	Naranja	Limon	Mora	Mary	Mora Fr	TOTAL	Caudales de servicio [L/h]				
Fruta utilizada [Kg]	38513	1534	1125	475	277	41924	Extracción	1500			
Desecho [Kg]	1018	165				1183	Pasteurizador	200			
Fruta espezada [Kg]	37495	1369	1125	475	277	40741	Homogenizador	350			
Jugo obtenido [L]	13328	389				13717	Bomba de vacío	650			
Rend extracción	35.35	28.41									

	JCH	PAH	JPH	JCL	PAL	JCM	PAM	JCMY	PAMY
Jugo procesado	144.00	0.00	0.0	0.0	0.0	532.0	0.0	856	0.0
Recuperación así	332	24	0	0	21	489	0	211	0
Reproceso	14780	3446	4009	0	1411	6620	1319	4491	0
Jugo producido [L]	15159	3187	3835	0	1327	7558	1128	5492	0
Jugo empacado [L]	77	283	175	0	105	83	191	66	0
Pérdidas [L]	99.49	91.8	95.64	0.00	92.70	98.9	85.5	98.8	0.00
Recuperación fin									

CONSUMO DE AGUA DE SERVICIO Y PROCESO

	0.4855	0	0	0.8759	0	0.7971	0	0.8163	0	% H2O
Formulación	1500	773	1500	1500	557	1500	678	1500	443	Lt / h
Caudal Pasteuriza	7166	0	0	0	0	5277	0	3666	0	16109 Lt
H2O Dilución	2031	898	535	0	514	1019	389	741	0	6127 Lt
H2O Pasteurización	3555	1571	935	0	900	1783	681	1297	0	10722 Lt
H2O Homogenizador	6602	2918	1737	0	1671	3311	1265	2408	0	19913 Lt
H2O Vacío										H2O Servicio 36762 Lt

BALANCE GLOBAL DE CONSUMO DE AGUA

	Consumo Agua de extracción [L]		Agua	Agua de dilución	Total especificado
ABRIL	684000	46486	6974	26762	16109 Lt
Porcentaje		7.82	5.37	2.36	15.55 %

II - Porcentajes de consumo en línea a partir de promedio móvil bimestral [(i+(i-1))/2]

	jul-00	ago-00	sep-00	oct-00	nov-00	dic-00	ene-01	feb-01	mar-01	abr-01
H2O extracción [%]	9.84	22.81	18.38	7.55	8.07	7.47	9.95	12.60	14.29	10.90
H2O servicio [%]	6.72	12.26	12.20	4.85	4.56	5.67	8.08	7.40	11.05	7.49
H2O dilución [%]	2.70	6.38	5.99	2.16	2.11	2.75	4.52	2.61	4.79	3.28
Total especificado	19.26	41.45	36.57	14.56	14.73	15.88	22.55	22.61	30.23	21.68

III - Porcentajes de consumo en línea a partir de promedio móvil global [(i+(i-prom))/2]

	jul-00	ago-00	sep-00	oct-00	nov-00	dic-00	ene-01	feb-01	mar-01	abr-01
H2O extracción [%]	8.27	21.43	11.32	7.36	9.31	9.70	10.77	10.18	16.15	8.82
H2O servicio [%]	5.64	11.51	7.52	4.98	5.26	7.36	8.74	5.97	12.41	6.07
H2O dilución [%]	2.27	6.00	3.69	2.22	2.44	3.57	4.89	2.11	5.38	2.66
Total especificado	16.18	38.93	22.53	14.96	17.00	20.62	24.40	18.25	33.94	17.55

A-15 Alimentos Cañaveral S.A

BALANCE GENERAL TEÓRICO DE CONSUMO DE AGUA LINEA CAÑAVERAL OCTUBRE DE 2000

FECHA	Producción 600 g	H2O Dilución [Lt]	H2O Ajuste sólidos [Lt]	FECHA	Producción 600 g	H2O Dilución [Lt]	H2O Ajuste sólidos [Lt]	FECHA	Producción 600 g	H2O Dilución [Lt]	H2O Ajuste sólidos [Lt]
oct-01	1260	114	200	oct-09	2520	228	417	oct-15	5040	456	832
oct-02	1260	114	200	oct-10	5040	456	825	oct-16	6300	570	1096
oct-03	2520	228	406	oct-11	7080	641	627	oct-17	5040	456	859
oct-04		0	202	oct-12	1260	114	200	oct-18	2520	228	398
oct-05	1260	114	231	oct-13	5040	456	832	oct-19	6300	570	961
oct-06	1260	114	204	oct-14	630	57	99	oct-20	3780	342	595
Reproceso				Reproceso				Reproceso			
TOTAL	7560	684	1443	TOTAL	21570	1952	3000	TOTAL	28980	2622	4741

Pérdidas [Kg]	941.6	H2O proceso [Lt]		H2O proceso [Lt]		H2O proceso [Lt]	
Pérdidas [%]	7.25	2127		4952		7363	

FECHA	Producción 600 g	H2O Dilución [Lt]	H2O Ajuste sólidos [Lt]	FECHA	Producción 600 g	H2O Dilución [Lt]	H2O Ajuste sólidos [Lt]
oct-23	7560	684	1237	oct-30	10080	912	1350
oct-24	2520	228	398	oct-31	7560	684	1005
oct-25	8820	798	1274				
oct-26	8820	798	1200				
oct-27	3780	342	510				
oct-28	0	0	0				
Reproceso	0	0	0	Reproceso	0	0	0
TOTAL	31500	2850	4619	TOTAL	17640	1596	2355

Pérdidas [Kg]	1844.6	H2O proceso [Lt]		Pérdidas [Kg]	1844.6	H2O proceso [Lt]	
Pérdidas [%]	5.86	7469		Pérdidas [%]	5.86	3951	

BALANCE GLOBAL DE CONSUMO DE AGUA

	Producción [Kg]	Consumo Agua [Lt]	H2O Dilución [Lt]	H2O Ajuste [Lt]
Octubre	107250	742000	9704	16158
Porcentaje			1.31	2.18

BALANCE GENERAL TEÓRICO DE CONSUMO DE AGUA LINEA CAÑAVERAL NOVIEMBRE DE 2000

FECHA	Producción 600 g	H2O Dilución [Lt]	H2O Ajuste sólidos [Lt]	FECHA	Producción 600 g	H2O Dilución [Lt]	H2O Ajuste sólidos [Lt]	FECHA	Producción 600 g	H2O Dilución [Lt]	H2O Ajuste sólidos [Lt]
oct-30	10080	912	1350	nov-07	10080	912	1348	nov-14	6300	570	818
oct-31	7560	684	1005	nov-08	10080	912	1326	nov-15	6300	570	830
nov-01	5040	456	791	nov-09	0	0	0	nov-16	0	0	0
nov-02	10080	912	1410	nov-10	11340	1026	1486	nov-17	3780	342	541
nov-03	5040	456	700	nov-11	0	0	0	nov-18	0	0	0
nov-04	0	0	0	nov-12	0	0	0	nov-19	0	0	0
Reproceso				Reproceso				Reproceso			
TOTAL	37800	3420	5256	TOTAL	31500	2850	4160	TOTAL	16380	1482	2189

Pérdidas [Kg]	2891	H2O proceso [Lt]		Pérdidas [Kg]	982.8	H2O proceso [Lt]		Pérdidas [Kg]	982.8	H2O proceso [Lt]	
Pérdidas [%]	7.65	8676		Pérdidas [%]	3.12	7010		Pérdidas [%]	3.12	3671	

FECHA	Producción 600 g	H2O Dilución [Lt]	H2O Ajuste sólidos [Lt]	FECHA	Producción 600 g	H2O Dilución [Lt]	H2O Ajuste sólidos [Lt]
nov-20	10080	912	1416	ene-22	1260	114	160
nov-21	0	0	0	ene-23	1890	171	250
nov-22	0	0	0	ene-24	2520	228	348
nov-23	630	57	85	ene-25	3780	342	461
nov-24	5040	456	802	ene-26	0	0	0
nov-25	2520	228	390	ene-27	0	0	0
Reproceso	650			Reproceso	0	0	0
TOTAL	18920	1653	2693	TOTAL	9450	855	1219

Pérdidas [Kg]	760.2	H2O proceso [Lt]		Pérdidas [Kg]	837.6	H2O proceso [Lt]	
Pérdidas [%]	4.02	4346		Pérdidas [%]	8.86	2074	

BALANCE GLOBAL DE CONSUMO DE AGUA

	Producción [Kg]	Consumo Agua [Lt]	H2O Dilución [Lt]	H2O Ajuste [Lt]
Noviembre	104600	684000	9405	14298
Porcentaje			1.38	2.09

A-16 Alimentos Cañaveral S.A

BALANCE GENERAL TEÓRICO DE CONSUMO DE AGUA LINEA CAÑAVERAL DICIEMBRE DE 2000

FECHA	Producción	H2O Dilución	H2O Ajuste	FECHA	Producción	H2O Dilución	H2O Ajuste	FECHA	Producción	H2O Dilución	H2O Ajuste
	600 g	[Lt]	sólidos [Lt]		600 g	[Lt]	sólidos [Lt]		600 g	[Lt]	sólidos [Lt]
dic-04	5040	456	465	dic-11	0	0	0	dic-18	8820	798	1178
dic-05	8820	798	1128	dic-12	7560	684	1072	dic-19	6300	570	840
dic-06	0	0	0	dic-13	2520	228	340	dic-20	2120	192	318
dic-07	6300	570	784	dic-14	6300	570	812	dic-21	8820	798	1180
dic-08	0	0	0	dic-15	0	0	0	dic-22	0	0	0
dic-09	0	0	0	dic-16	0	0	0	dic-23	0	0	0
Reproceso	779	0	0	Reproceso	0	0	0	Reproceso	649	0	0
TOTAL	20939	1824	2377	TOTAL	16380	1482	2224	TOTAL	26709	2358	3516

Pérdidas [Kg]	1053.4	H2O proceso [Lt]	Pérdidas [Kg]	999.8	H2O proceso [Lt]	Pérdidas [Kg]	1557.2	H2O proceso [Lt]
Pérdidas [%]	5.03	4201	Pérdidas [%]	6.10	3706	Pérdidas [%]	5.83	5874

FECHA	Producción	H2O Dilución	H2O Ajuste	FECHA	Producción	H2O Dilución	H2O Ajuste
	600 g	[Lt]	sólidos [Lt]		600 g	[Lt]	sólidos [Lt]
dic-26	6300	570	814	dic-01	5040	456	1226
dic-27	3780	342	486	dic-02	0	0	0
dic-28	0	0	0	Reproceso	779	70	0
dic-29	0	0	0	TOTAL	5819	526	1226
dic-30	0	0	0				
dic-31	0	0	0				
Reproceso	571	0	0				
TOTAL	10651	912	1300				

Pérdidas [Kg]	627	H2O proceso [Lt]	Pérdidas [Kg]	1263.6	H2O proceso [Lt]
Pérdidas [%]	5.89	2212	Pérdidas [%]	4.25	1752

BALANCE GLOBAL DE CONSUMO DE AGUA

	Producción	Consumo	H2O Dilución	H2O Ajuste
	[Kg]	Agua [Lt]	[Lt]	[Lt]
Diciembre	80498	596000	7102	10643
Porcentaje			1.19	1.79

BALANCE GLOBAL DE CONSUMO DE AGUA

	Producción	Consumo	H2O Dilución	H2O Ajuste
	[Kg]	Agua [Lt]	[Lt]	[Lt]
Enero	9450	305000	855	1219
Porcentaje			0.28	0.40

BALANCE GENERAL TEÓRICO DE CONSUMO DE AGUA LINEA CAÑAVERAL FEBRERO DE 2001

FECHA	Producción	H2O Dilución	H2O Ajuste	FECHA	Producción	H2O Dilución	H2O Ajuste	FECHA	Producción	H2O Dilución	H2O Ajuste
	600 g	[Lt]	sólidos [Lt]		600 g	[Lt]	sólidos [Lt]		600 g	[Lt]	sólidos [Lt]
feb-01	630	57	80	feb-05	2520	228	325	feb-12	3780	342	440
feb-02	1890	171	270	feb-06	3780	342	520	feb-13	3780	342	460
feb-03	1260	114	160	feb-07	3780	342	500	feb-14	3780	342	394
	0	0	0	feb-08	3780	342	465	feb-15	3780	342	338
	0	0	0	feb-09	3780	342	490	feb-16	5040	456	770
	0	0	0	feb-10	3780	342	488	feb-17	5040	456	668
Reproceso	98	0	0	Reproceso	581	0	0	feb-18	6300	570	810
TOTAL	3878	342	510	TOTAL	22001	1938	2788	Reproceso	958.5	0	0
								TOTAL	32458.5	2850	3880

Pérdidas [Kg]	159.6	H2O proceso [Lt]	Pérdidas [Kg]	1752.2	H2O proceso [Lt]	Pérdidas [Kg]	1680.1	H2O proceso [Lt]
Pérdidas [%]	4.12	852	Pérdidas [%]	7.96	4726	Pérdidas [%]	5.18	6730

FECHA	Producción	H2O Dilución	H2O Ajuste	FECHA	Producción	H2O Dilución	H2O Ajuste
	600 g	[Lt]	sólidos [Lt]		600 g	[Lt]	sólidos [Lt]
feb-19	6300	570	852	feb-26	7140	646	986
feb-20	5040	456	699	feb-27	3570	323	160
feb-21	5040	456	660	feb-28	5950	538.33	1138
feb-22	10080	912	1362				
feb-23	3780	342	475				
feb-24	0	0	0				
feb-25	0	0	0				
Reproceso	454	0	0	TOTAL	16660	1507.33	2284
TOTAL	30694	2736	4048				

Pérdidas [Kg]	1358.8	H2O proceso [Lt]	Pérdidas [Kg]		H2O proceso [Lt]
Pérdidas [%]	4.43	6784			3791

BALANCE GLOBAL DE CONSUMO DE AGUA

	Producción	Consumo	H2O Dilución	H2O Ajuste
	[Kg]	Agua [Lt]	[Lt]	[Lt]
Febrero	105691.5	629000	9373.33	13510
Porcentaje			1.49	2.15

A-17 Alimentos Cañaveral S.A

BALANCE GENERAL TEÓRICO DE CONSUMO DE AGUA LINEA CAÑAVERAL MARZO DE 2001

FECHA	Producción	H2O Dilución	H2O Ajuste	FECHA	Producción	Producción	H2O Dilución	H2O Ajuste	FECHA	Producción	H2O Dilución	H2O Ajuste
	600 g	[Lt]	sólidos [Lt]		600 g	1200 g	[Lt]	sólidos [Lt]		600 g	[Lt]	sólidos [Lt]
feb-26	7140	646	986	mar-05	3989	0	360.91	1278	mar-19	0	0	0
feb-27	3570	323	160	mar-06	6300	3571	893.09	1138	mar-20	6300	570	1058
feb-28	5950	538.33	1138	mar-07	6300	0	570	1166	mar-21	8820	798	1472
mar-01	1627	147.20	700	mar-08	1260	0	114	220	mar-22	5040	456	735
mar-02	0	0	0	mar-09	3780	0	342	684	mar-23	5040	456	856
mar-03	3326	300.92	560	mar-10	0	0	0	0	mar-24	0	0	0
mar-04	0	0	0	mar-11	0	0	0	0	mar-25	0	0	0
Reproceso	686	0	0	Reproceso	199	0	0	0	Reproceso	49		
TOTAL	22299	1955.46	3544	TOTAL	21828	3571	2280	4486	TOTAL	25249	2280	4121
Pérdidas [Kg]	436.4	H2O proceso [Lt]		Pérdidas [Kg]	442.4	H2O proceso [Lt]		Pérdidas [Kg]	1193.2	H2O proceso [Lt]		
Pérdidas [%]	1.96	5499		Pérdidas [%]	1.74	6766		Pérdidas [%]	4.73	6401		

FECHA	Producción	Producción	H2O Dilución	H2O Ajuste	FECHA	Producción	Producción	H2O Dilución	H2O Ajuste
	600 g	1200 g	[Lt]	sólidos [Lt]		600 g	1200 g	[Lt]	sólidos [Lt]
mar-12	0	10080	912	1232	mar-26	0	3720	336.57	606
mar-13	10080	0	912	2277	mar-27	4960	3720	785.33	1416
mar-14	0	0	0	0	mar-28	7440	0	673	1249
mar-15	10080	0	912	1796	mar-29	0	0	0	0
mar-16	10080	0	912	1786	mar-30	7440	0	673.14	1290
mar-17	3780	0	342	668	mar-31	7440	0	673.14	1268
mar-18	0	0	0	0	abr-01	6200	0	560.95	1028
Reproceso	489	0	0	0	Reproceso	38	0		
TOTAL	34509	10080	3990	7759	TOTAL	33518	7440	3702	6857
		H2O proceso [Lt]			Pérdidas [Kg]	987.2	Consumo H2O proceso [Lt]		
		14070			Pérdidas [%]	4.97	10559		

BALANCE GLOBAL DE CONSUMO DE AGUA

	Producción	Consumo	H2O Dilución	H2O Ajuste
	[Kg]	Agua [Lt]	[Lt]	[Lt]
MARZO	158494	297000	14208	26767
Porcentaje			4.78	9.01

BALANCE GENERAL TEÓRICO DE CONSUMO DE AGUA LINEA CAÑAVERAL ABRIL DE 2001

FECHA	Producción	Producción	H2O Dilución	H2O Ajuste	FECHA	Producción	H2O Dilución	H2O Ajuste	FECHA	Producción	H2O Dilución	H2O Ajuste
	600 g	1200 g	[Lt]	sólidos [Lt]		600 g	[Lt]	sólidos [Lt]		600 g	[Lt]	sólidos [Lt]
abr-01	6200	0	560.95	1028	abr-09	13640	1234.10	2036	abr-16	13640	1234.10	2288
abr-02	8680	0	785.33	1424	abr-10	7440	673.14	1222	abr-17	6200	560.95	1026
abr-03	4960	0	448.76	786	abr-11	0	0	0	abr-18	4960	449	838
abr-04	0	3720	336.57	635	abr-12	0	0	0	abr-19	7440	673	1228
abr-05	0	9920	897.52	1664	abr-13	0	0	0	abr-20	4960	449	792
abr-06	0	6200	560.95	1048	abr-14	0	0	0	abr-21	0	0	0
abr-07	0	0	0	0	abr-15	0	0.00	0	abr-22	0	0.00	0
Reproceso	2507				Reproceso	108	0.00	0	Reproceso	63	0.00	0
TOTAL	22347	19840	3590.10	6585	TOTAL	21188	1907.24	3258.00	TOTAL	37263	3365.71	6172
Pérdidas [Kg]	387.8	1882	H2O proceso [Lt]		Pérdidas [Kg]	0.2	H2O proceso [Lt]		Pérdidas [Kg]	325.87	H2O proceso [Lt]	
Pérdidas [%]	0.68		10175		Pérdidas [%]	0.00	3165		Pérdidas [%]	0.87	9538	

FECHA	Producción	H2O Dilución	H2O Ajuste	FECHA	Producción	H2O Dilución	H2O Ajuste
	600 g	[Lt]	sólidos [Lt]		600 g	[Lt]	sólidos [Lt]
abr-23	0	0	0				
abr-24	9920	897.52	1664				
abr-25	1240	112	190				
abr-26	5040	456	876				
abr-27	9920	898	1676				
abr-28	2480	224	390				
abr-29	0	0	0				
Reproceso	1562	0	0	Pérdidas [Kg]	474.4	H2O proceso [Lt]	
TOTAL	30162	2587.62	4796	Pérdidas [%]	1.57	7384	

BALANCE GLOBAL DE CONSUMO DE AGUA

	Producción	Consumo	H2O Dilución	H2O Ajuste
	[Kg]	Agua [Lt]	[Lt]	[Lt]
Abril	130800	684000	11451	16015
Porcentaje			1.67	2.34

ANEXO III

Relaciones de proceso, lavado y desinfección.

Balace rela de aguas Línea de producción Jugos

El presente Anexo muestra la forma en la que fué levantada la información de soporte necesaria para la formulación y resolución del Balance real de Aguas. Como punto de partida se tiene el seguimiento de la bitácora de producción, así como la medición directa de las variables que incurren en el balance real. La información recopilada se divide en relaciones durante producción y relaciones en operaciones de limpieza y desinfección. La información durante producción está reunida en:

- Medición de caudales de agua de servicio (lubricación y refrigeración) en los equipos de la línea de producción [H₂O / tiempo].
- Medición de tiempos y caudales de operación durante producción [Lt Jugo procesado / tiempo].
- Determinación de relaciones de proceso.

AIII - 1 Medición de caudales de agua de servicio

La medición de caudales de servicio se llevó a cabo mediante un método de descarga directa (Peso directo) según el cual la masa de flujo descargado en un periodo de tiempo, es pesada y convertida a caudal utilizando el peso específico

y la temperatura del fluido [5]. El peso se determinó en la báscula del cuarto de proceso y la temperatura con un termómetro de bulbo. El peso específico del fluido en estudio se determinó según la tabla 3-95 del manual del Ingeniero Químico [8].

Tablas de caudal de servicio.

Etapa: SELECCIÓN

Objeto del consumo: Enjuague de fruta fresca.

Control físico de caudal: Válvula de 1/4 de vuelta

Caudal de Selección

Ensayo	Peso [Kg]	Tiempo [min]	Válvula abierta a 45°		
			Temp [°C]	Densidad [Kg/m ³]	Caudal [Lt/h]
1	2.2	0' 59" 56	24	997.296	133.335
2	2.2	0' 59" 93	24	997.296	133.402
3	2.2	1' 00" 00	24.5	997.192	132.371
4	2.2	1' 00" 37	24	997.296	132.349
5	2.2	1' 00" 05	24.5	997.192	132.370
Caudal promedio					132.766

Etapa: EXTRACCIÓN

Objeto del consumo: Lubricación y refrigeración

Control físico de caudal: Válvula de 1/4 de vuelta

Caudal de Extracción

Ensayo	Peso [Kg]	Tiempo [min]	Válvula abierta a 45°		
			Temp [°C]	Densidad [Kg/m ³]	Caudal [Lt/h]
1	8.8	0' 30" 24	23	997.538	1050.20
2	8.8	0' 30" 15	23	997.538	1053.33
3	8.9	0' 30" 12	23	997.538	1066.37
4	8.8	0' 30" 02	23	997.538	1057.90
5	8.9	0' 30" 59	23	997.538	1049.98
Caudal promedio					1055.56

A-19 Alimentos Cañaveral S.A

Etapa: CLARIFICACIÓN

Objeto del consumo: Lubricación y arrastre del fluido de descarga

Control físico de caudal: Válvula de control

Caudal normal de funcionamiento (Lubricación)

Válvula abierta a 45°					
Ensayo	Peso [Kg]	Tiempo [min]	Temp [°C]	Densidad [Kg/m ³]	Caudal [Lt/h]
1	0.504	5' 00" 33	25	997.045	6.059
2	0.512	5' 00" 70	25	997.045	6.148
3	0.544	5' 00" 19	25	997.045	6.543
4	0.539	5' 00" 42	25	997.045	6.481
5	0.543	5' 00" 29	25	997.045	6.523
Caudal promedio					6.351

Etapa: CLARIFICACIÓN

Objeto del consumo: Lubricación y arrastre del fluido de descarga

Control físico de caudal: Válvula de control

Caudal durante descarga de sólidos (Objeto de la descarga periódica del equipo)

Válvula abierta a 45°					
Ensayo	Peso [Kg]	Tiempo [min]	Temp [°C]	Densidad [Kg/m ³]	Caudal [Lt/h]
1	2.302	1' 00" 12	39	992.594	2.315
2	3.301	1' 00" 31	39	992.594	2.306
3	1.884	1' 00" 36	39	992.594	1.887
4	1.892	1' 00" 30	39	992.594	1.897
5	2.267	1' 00" 37	39	992.594	2.270
Caudal promedio					2.135

Etapa: DESAIREACIÓN

Objeto del consumo: Refrigeración de la bomba de vacío

Control físico de caudal: Válvula de

Caudal de Desaireación

Válvula abierta a 45°					
Ensayo	Peso [Kg]	Tiempo [min]	Temp [°C]	Densidad [Kg/m ³]	Caudal [Lt/h]
1	6.4	0' 30" 33	25	997.045	761.895
2	6.4	0' 30" 45	25	997.045	758.892
3	6.4	0' 30" 33	24	997.296	761.703
4	6.5	0' 30" 07	25	997.045	780.490
5	6.5	0' 30" 29	25	997.045	774.821
Caudal promedio					767.561

Etapa: HOMOGENIZACIÓN

Objeto del consumo: Refrigeración y lubricación del equipo

Control físico de caudal: Válvula de 1/4 de vuelta.

Caudal de Homogenización

Válvula abierta a 45°					
Ensayo	Peso [Kg]	Tiempo [min]	Temp [°C]	Densidad [Kg/m ³]	Caudal [Lt/h]
1	5.0	1' 29" 98	28	996.233	200.80
2	5.1	1' 30" 44	28	996.233	203.77
3	5.1	1' 30" 23	28	996.233	204.25
4	5.1	1' 30" 28	28	996.233	204.14
5	5.1	1' 30" 93	28	996.233	202.68
Caudal promedio					203.13

Etapa: PASTEURIZACIÓN (MEZCLADOR)

Objeto del consumo: Fluido de servicio en el intercambiador de placas

Control físico de caudal: Válvulas de control

Caudal de servicio mezclador (Descarga 1)

Válvula abierta a 45°					
Ensayo	Peso [Kg]	Tiempo [min]	Temp [°C]	Densidad [Kg/m ³]	Caudal [Lt/h]
1	2.7	0' 57" 59	78	973.025	173.458
2	2.8	0' 59" 80	78	973.025	173.234
3	2.9	1' 00" 60	77	973.645	176.940
4	2.9	1' 01" 75	77	973.645	173.645
5	2.9	1' 00" 89	78	973.025	176.209
Caudal promedio					174.698

Etapa: PASTEURIZACIÓN (MEZCLADOR)

Objeto del consumo: Fluido de servicio en el intercambiador de placas

Control físico de caudal: Válvulas de control

Caudal de servicio mezclador (Descarga 2)

Válvula abierta a 45°					
Ensayo	Peso [Kg]	Tiempo [min]	Temp [°C]	Densidad [Kg/m ³]	Caudal [Lt/h]
1	0.9	2' 30" 10	25	977.045	21.649
2	1.0	2' 30" 42	25	977.045	24.164
3	1.0	2' 33" 10	25	977.045	23.583
4	1.0	2' 30" 49	25	977.045	23.992
5	1.0	2' 30" 05	24	977.296	24.057
Caudal promedio					23.489

AIII - 2 Caudales y tiempos de operación en línea de producción

La determinación de los caudales de operación obedece a un seguimiento de la bitácora de producción de la línea durante el mes de Julio de 2001 de donde es posible determinar

- Caudal de Extracción [Jugo exprimido / Tiempo de Extracción]
- % Sólidos Refinación [Kg sólidos Finisher / Kg Jugo Procesado]
- Tiempo de Pre calentamiento y enfriamiento de la línea [min]
- Caudal de Clarificación [Jugo Procesado / Tiempo de Clarificación]
- Caudal de Pasteurización [Jugo Procesado / Tiempo de Pasteurización]

Los caudales y tiempos de operación promedios para el mes en estudio se logran a partir de la bitácora (Tablas A3 - 1 y A3 - 2). *El caudal de extracción y el porcentaje de sólidos de refinación se resumen en:*

	Naranja	Limón
Caudal de extracción	280.18	96.0
% Sólidos de refinación	0.0353	0.125

El *tiempo de pre calentamiento* se halla a partir de la bitácora, mientras que el de *enfriamiento* es un dato promediado luego de diversas observaciones.

Tiempo de pre calentamiento:	20 min
Tiempo enfriamiento:	7 min

Las variables *caudal de Clarificación y Pasteurización* se reúnen para Jugos, refrescos y concentrados Azucarados tal como sigue:

Jugos y refrescos

	JC Naranja	R Mora	R mcuyá	P Naranja
Clarificación [Lt Jugo/min]	104	107	125	65
Pasteurización [Lt Jugo/h]	1209	1094	1244	1188

Concentrados Azucarados

	QS Naranja	QS Mora	QS mcuyá	QS Limón
Clarificación [Lt Jugo/ min]	84	45	-	-
Pasteurización [Lt Jugo/h]	980	738	-	684

AIII - 3 Determinación de relaciones de proceso

La determinación de las relaciones adicionales de proceso para la resolución del balance de Aguas, se dividen en:

relaciones de producción % de rechazo durante selección.

 % Extracción de Jugo

 % Sólidos extraídos a la tolva

 % de dilución de Agua y microingredientes

 % Sólidos de Clarificación

Relaciones de envasado Consumo de Agua por enjuague de envases.

 Consumo de Agua y agentes químicos por lavado adicional

TABLA A3 - 1. BITÁCORA DE PRODUCCIÓN LÍNEA DE JUGOS JULIO DE 2001
(Relación de tiempos de operación de Extracción por litro de jugo procesado)

Fruta procesada: Naranja Valenciana

Fecha	Fruta cargada [Kg]	Jugo Exprimido [Lt]	Jugo Exprimido [Kg]	Tiempo de operación			Sólidos finisher [Kg]	Tolva Res Sólidos [Kg]	Caudal de extracción [Lt Jugo / h]	Sólidos Refinación [Kg Sól/ Lt Jugo]
				T inic	T fin	T total [min]				
3-jul	7391	1280	1335	7:30	12:00	270	37		260.34	0.0289
				13:20	13:45	25				
4-jul	9466	1250	1304	8:20	12:50	270	34		277.78	0.0272
5-jul	5190	1500	1565	10:20	12:00	100	50		268.66	0.0333
				13:20	16:10	170				
				16:45	17:40	55				
9-jul		2700	2816	7:35	12:00	265	90		272.27	0.0333
				13:15	14:00	45				
				14:15	19:00	285				
10-jul	50	14.4	15	13:35	13:44	9	1.8	Limón	96	0.125
	4166	32.6	34	15:35	15:45	9	2	7300	217.3	0.061
11-jul		1000	1043	13:15	14:30	75	34		315.79	0.034
				14:45	16:40	115				
13-jul	4881	1050	1095	6:15	9:50	215	37	5280	293	0.0352
16-jul		1700	1773	6:30	11:20	290	57		333	0.0335
17-jul	4236							3145		
18-jul	4534	1500	1565	7:25	12:00	275	52		290	0.0347
				1:20	1:55	35				
19-jul		1470		8:25	11:00	155	50		339	0.034
				11:15	13:30	105				
23-jul	3898	680		13:05	15:40	155	25		263	0.0368
25-jul	4884									
26-jul		2150		6:25	12:00	335	63		274	0.0293
				13:15	15:30	135				
27-jul		1400		6:40	9:35	175	53		237	0.0379
				14:00	17:00	180				
28-jul	4149									
30-jul								4645		

TABLA A3 - 2. BITÁCORA DE PRODUCCIÓN LÍNEA DE JUGOS JULIO DE 2001
 (Relación de tiempos de operación de clarificación y pasteurización por litro de jugo procesado)

Fecha	PRECALENTAMIENTO			Producto Elaborado	Jugo procesado [Lt]	CLARIFICACIÓN			PASTEURIZACIÓN			Caudal Clarificación [Lt Jugo / min]	Caudal Pasteurización [Lt Jugo / h]	
	T inic	Tiempo de operación T fin	T total [min]			T inic	Tiempo de operación T fin	T total [min]	T inic	Tiempo de operación T fin	T total [min]			
I - Semana (3 - 6 de Julio)														
3-jul	9:30	9:50	20	JCN	600	9:13	9:19	6	10:25	11:00	35	100	1029	
				JCN	600	10:45	10:51	6	11:00	11:30	30	100	1200	
				JCN	600	11:25	11:31	6	11:30	12:00	30	100	1200	
4-jul	8:15	8:40	25	JCN	760	14:15	14:22	7	9:30	10:20	50	109	912	
				QSN	729	22:30	22:40	10	0:10	2:20	130	73	1052	
				QSN	821	0:15	0:27	12					68	
				QSN	730	1:30	1:42	12					61	
5-jul	14:30	14:55	25	JCN	600	12:16	12:22	6	15:20	16:10	50	100	1440	
				JCN	600	15:15	15:20	5					120	"
				JCN	600	16:01	16:06	5	16:10	16:40	30	120	1200	
				JCN	600	16:25	16:30	5	16:30	17:00	30	120	1200	
				JCN	600	17:58	18:04	6	18:50	19:30	40	100	900	
6-jul			20	R mora	978	16:00	16:08	8	16:35	18:20	105	122	894	
				R mora	587	17:00	17:06	6				98		
				R mcuyá	1015	10:00	10:13	13	10:50	11:40	50	78	1218	
II - Semana (9 - 13 de Julio)														
9-jul			20	JPN	300	9:05	9:10	5	9:20	9:35	15	60	1200	
				JPN	300	10:15	10:20	5	10:15	10:30	15	60	1200	
				JPN	300	11:25	11:30	5	11:35	11:50	15	60	1200	
				JPN	300	13:50	14:00	10	14:00	14:15	15	30	1200	
				JPN	300	15:25	15:30	5	15:30	15:45	15	60	1200	
				JPN	300	16:30	16:35	5	16:40	16:55	15	60	1200	
				JPN	300	17:10	17:15	5				60		
				JCN	400	18:30	18:40	10	19:00	20:00	60	40	1200	
10-jul	9:00	9:20	20	JCN	200	19:30	19:35	5	19:00	20:00		40		
				Fko mcyá	236	8:30	8:34	4	9:20	9:40	20	59	708	
		14:00	14:20	20	Fko mora	245	10:15	10:20	5	11:10	11:33	23	49	639
	Fko limón				243	14:40	14:44	4	15:15	15:35	20	61	729	
	Fko naran				236	16:40	16:45	5	17:05	17:25	20	47	708	
11-jul	14:30	14:50	20	QSN	547	15:05	15:09	4	15:50	17:45	115	137	949	
				QSN	545	16:05	16:09	4	16:15	17:45		136		
	16:10	16:30	20	QSN	728	16:55	17:00	5	17:10	17:45		146		
12-jul	9:30	9:50	20	Ensayos										
13-jul	7:20	7:40	20	JPN	450	8:00	8:05	5	8:10	8:30	20	90	1350	

A-23 Alimentos Cañaverl S.A

9:00	9:05	5	JPN	300	9:00	9:03	3	9:05	9:20	15	100	1200
9:40	10:00	20	JPN	300	10:10	10:13	3	10:15	10:30	15	100	1200
16:00	16:20	20	Rmcyá	691	15:10	15:15	5	16:40	17:15	35	138	1185

III - Semana (16 - 20 de Julio)

16-jul	9:00	9:20	20	JCN	900	8:40	8:50	10	9:35	10:15	40	90	1350
				JCN	600	10:20	10:24	0:00	10:25	10:50	25	150	1440
				JCN	600	10:20	10:25	5				120	
				JCN	600	10:50	11:00	10	11:15	11:40	25	60	1440
				JCN	600	12:00	12:10	10				60	
				QS Mora	720 Kg	17:00	17:20	20	17:30	18:00	30		
17-jul	9:00	9:20	20	R mora	957	10:25	10:33	8				120	
				R mora	765	11:50	11:57	7				109	
18-jul			20	JCN	600	8:45	8:50	5	9:10	9:40	30	120	1200
				JCN	600	9:45	9:50	5	10:10	10:40	30	120	1200
				JCN	600	10:50	10:55	5	11:00	11:30	30	120	1200
				JCN	600	11:45	11:50	5	11:50	12:20	30	120	1200
				JCN	600	14:15	14:20	5	14:30	15:00	30	120	1200
19-jul			20	JCN	600	9:30	9:35	5	10:50	11:20	30	120	1200
				JCN	600	10:50	10:55	5	11:20	12:30	70	120	1080
				JCN	660	12:00	12:05	5				132	
				QSN	547	14:00	14:05	5				109	
				QSN	547								

IV - Semana (23 - 27 de Julio)

23-jul	14:10	14:30	20	JCN	600	14:50	14:55	5	15:00	15:25	25	120	1440
				JCN	760	16:15	16:22	7	17:40	18:15	35	109	1302
24-jul	9:40	10:00	20	R mcyá	1109	11:45	11:52	7	12:25	13:15	50	158	1330
25-jul	9:00	9:20	20	R mora	971	9:10	9:20	10	9:30	11:00	90	97	1294
				R mora	971	9:10	9:20	10	9:30	11:00		97	
				QS mora	492	12:10	12:21	11	12:30	13:10	40	45	738
26-jul			20	JCN	1000	8:50	9:00	10	11:15	13:00	105	100	1085.7
				JCN	900	11:20	11:30	10	11:15	13:00		90	
				QSN	547	13:00	13:10	10				55	
				QSN	547	13:50	14:00	10				55	
				QSN	547	15:20	15:30	10				55	
				QSN	547	16:30	16:40	10				55	
27-jul			20	JPN	300	8:20	8:25	5	10:30	11:00	30	60	1200
				JPN	300	9:40	9:45	5	10:30	11:00		60	
				JPN	300	15:15	15:20	5	15:40	15:55	15	60	1200
				JPN	300	16:20	16:25	5	16:30	16:50	20	60	900
				JPN	200	17:15	17:20	5	17:30	17:40	10	40	1200

a) Porcentaje de rechazo y b) Porcentaje extracción de Jugo: Equivalentes al promedio mensual de fruta rechazada y exprimida durante un año (Jul 2000 - Jun 2001) .

		Jul-00	Ago-00	Sep-00	Oct-00	Nov-00	Dic-00
% Rechazo	Naranja	1.46	1.26	1.15	1.43	3.35	0.97
	Limón	14.61	5.28	0	0.93	3.77	0.97
% Extracción	Naranja	38.65	36.74	36.87	34.17	33.76	36.75
	Limón	29.24	30.47	29.06	25.56	28.15	28.33

		Ene-01	Feb-01	Mar-01	Abr-01	May-01	Jun-01
% Rechazo	Naranja	1.88	2.58	3.25	2.64	2.46	1.74
	Limón	6.29	11.85	8.53	10.76	1.00	8.58
% Extracción	Naranja	35.80	36.17	35.06	35.55	35.89	34.76
	Limón	25.88	28.44	28.07	28.41	30.68	30.34

	Naranja	Limón
% de Rechazo	2.014	6.048
% de Extracción	35.848	28.553

Porcentajes promedio de Rechazo y extracción.

c) Porcentaje de sólidos extraídos a la tolva: Determina la proporción de sólidos generados durante la extracción que son depositados finalmente en la tolva de extracción. El restante se convierte en parte del efluente residual.

Porcentaje sólidos extraídos a a la tolva: Naranja 95 %
Limón 98 %

(Determinado mediante ensayos por unidad de másica procesada)

d) Porcentaje de dilución de Agua y microingredientes: Los valores de los porcentajes de dilución de Agua y adición de microingredientes son dictados por el departamento de control de calidad y sus valores en peso son:

Jugos y refrescos

	JC Naranja	R Mora	R mcuyá	P Naranja
% peso dilución H ₂ O	44.23	78.30	80.03	0
% Peso Microingredie	6.96	11.59	9.5	0.25

Concentrados Azucarados

	QS Naranja	QS Mora	QS mcuyá	QS Limón
% peso dilución H ₂ O	0	0	0	0
% Peso Microingredie	43.65	48.67	55.98	67.01

e) Porcentaje de sólidos de clarificación: Los sólidos generados en la zona de clarificación se determinaron mediante experimentación directa y cumplen con la siguiente tabla de descargas:

Jugos y refrescos

	JC Naranja	R Mora	R mcuyá	P Naranja
Kg sólidos / Batch	8	8	8	8

Concentrados Azucarados

	QS Naranja	QS Mora	QS mcuyá	QS Limón
%Sólidos clarificación	12	12	12	12

f) Consumo de Agua por enjuague de envases: Los consumos aproximados de Agua por enjuague varían según la forma en que son embalados. Se deben dividir en enjuague de envases de Jugos y de concentrados azucarados.

Caudal promedio: 30 Lt / min

Envase	Embalaje	Jugo	
		Tiempo	Agua [Lt]
230 ml	Canastilla × 60	15 seg	7.5 Lt
1 Lt	Canastilla × 24	15 seg	7.5 Lt
2 Lt	Canastilla × 12	15 seg	7.5 Lt
4 Lt	Canastilla × 6	15 seg	7.5 Lt
8 Lt	Canastilla × 4	12 seg	6.0 Lt
20 Lt	Timbo	5 seg	2.5 Lt
55 Lt	Caneca	5 seg	2.5 Lt

Caudal promedio: 30 Lt / min

Envase	Embalaje	Concentrado	
		Tiempo	Agua [Lt]
1 Lt	Canastilla × 24	240 seg	96 Lt
2 Lt	Canastilla × 10	120 seg	48 Lt
4 Lt	Estiba × 56	300 min	112 Lt

g) Consumo de agua y agentes químicos por lavado de Timbos, canecas y canastillas: El lavado de timbos, canecas y canastillas cumple con una rutina de enjuague inicial, enjabonada y enjuague final. Los consumos atribuidos a esta etapa de lavado especial se componen además de un lavado

especial que se efectúa a los timbos para permitir su reutilización. La relación de estos consumos cumple con la siguiente tabla:

Tipo de lavado	H ₂ O por unidad lavada	Timbos	Canecas	Canastillas
Enjuague inicial	Agua [Lt]	2.75	2.75	2.75
Enjabonada	Agua [Lt]	8.25	22	9.17
Enjuague final	Agua [Lt]	2.75	2.75	2.75
Lavado interno	Agua [Lt]	21	---	---
	NaOH [g]	115	---	---
	Ac cítrico [g]	25.5	---	---
	NaClO [ml]	30	---	---
Total agua por unidad lavada [Lt]		34.75	27.5	14.67

ANEXO IV

Formulación y resolución del balance real de Aguas en la línea de Jugos

El presente Anexo contiene la metodología propuesta por Reklaitis [10] para la formulación y resolución del balance real de agua en la línea de Jugos, junto con información de soporte concerniente a:

- 1) Diagramas cualitativos y cuantitativos de proceso.
- 2) Formulación y algoritmo de solución de las ecuaciones de balance

1) DIAGRAMAS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO

El diagrama cualitativo de proceso se puede apreciar en la figura A 4-1, donde se especifican cada una de las variables en estudio. Acorde con el diagrama cualitativo se asignan las corrientes y composiciones de entrada y salida de cada etapa de producción generando así el diagrama cuantitativo (Figura A 4-2), a partir del cual se elabora la tabla de grados de libertad.

2) FORMULACIÓN Y RESOLUCIÓN DE LAS ECUACIONES DE BALANCE.

La presentación de las ecuaciones y algoritmos de solución para las ecuaciones de balance está dividida en tres bloques:

- Balance real de Aguas durante producción.
- Balance real de Agua de lavado.
- Balance real durante Pre y Post Producción

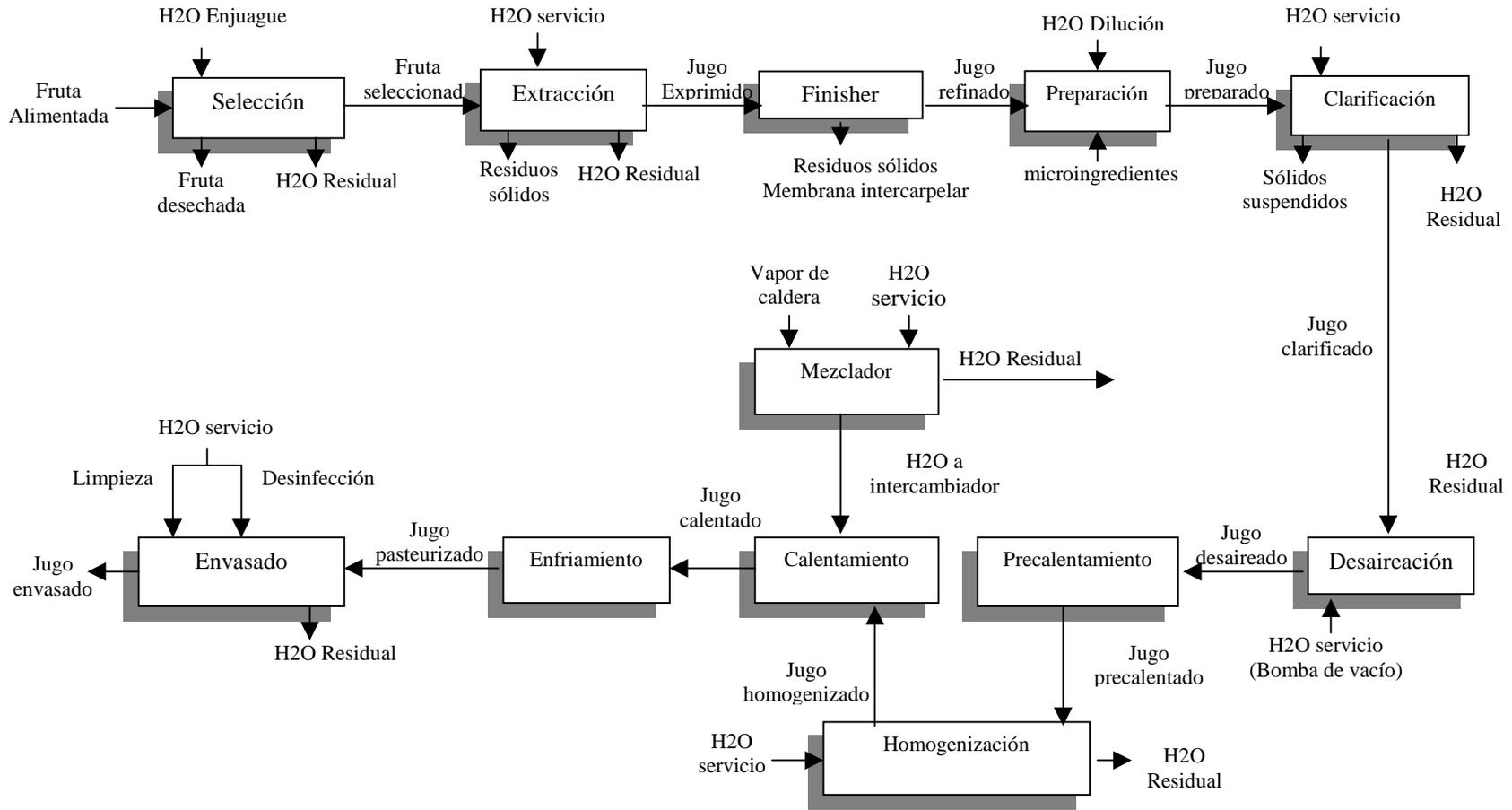
Para todas las etapas y operaciones consideradas, la formulación de los balances de materia parte de la ecuación general:

$$\text{Entrada} - \text{Salida} \pm \overset{0}{\nearrow} \text{Generación} \pm \overset{0}{\nearrow} \text{Transferencia} = \overset{0}{\nearrow} \text{Acumulación}$$

Consideraciones:

- a) El término de generación no aplica pues durante la transformación de materias primas en productos elaborados (Jugos) no existen reacciones químicas que alteren considerablemente las características del producto terminado.
- b) El término de transferencia no aplica puesto que las operaciones de producción no manejan fenómenos de transferencia de masa a los alrededores del sistema.
- c) El término de acumulación no aplica puesto que las salidas de todas las etapas cuentan con descarga directa.

DIAGRAMA CUALITATIVO (Figura A 4-1)

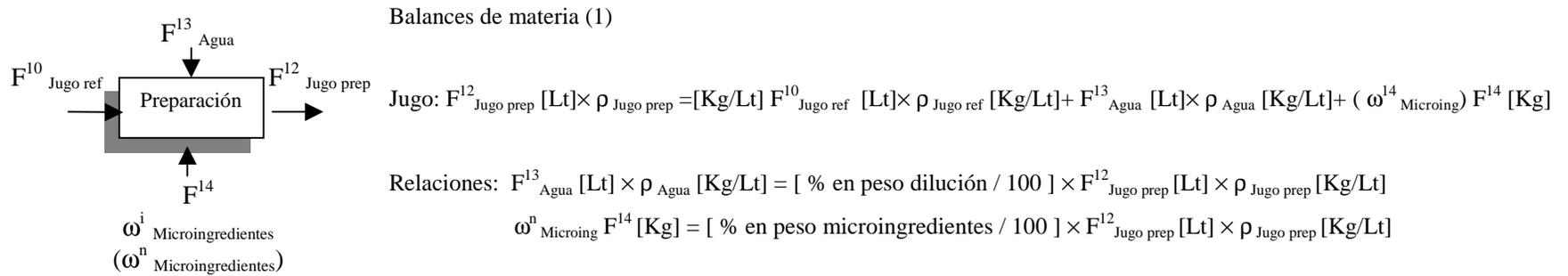


AIV - 1 BALANCE REAL DE AGUAS DURANTE PRODUCCIÓN

Una vez especificadas todas las relaciones de proceso analizadas en el anexo III, el algoritmo de solución del balance de Aguas puede ser aplicado a cualquier tipo de producto elaborado en la línea. Dicho algoritmo de solución está diseñado para tener como base de cálculo la cantidad en litros de Jugo a producir, para que en función de ésta se determinen todas las variables de proceso incluyendo los consumos de agua y la generación de efluentes líquidos residuales.

Al tomar como base de cálculo la cantidad de Jugo a producir ($F^{12}_{\text{Jugo preparado}}$), las unidades de preparación y clarificación quedan completamente especificadas (G de lib = 0 en tabla de grados de libertad), por lo que la solución del balance comienza por:

Balace de materia etapa de Preparación



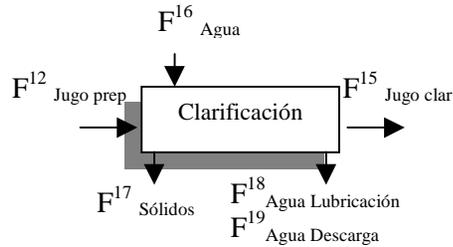
Reemplazando las relaciones en la ecuación de balance

$$F^{12}_{\text{Jugo prep}} \times \rho_{\text{Jugo prep}} = F^{10}_{\text{Jugo ref}} \times \rho_{\text{Jugo ref}} + [\% \text{ en peso Dilución} / 100] \times F^{12}_{\text{Jugo prep}} \times \rho_{\text{Jugo prep}} + [\% \text{ en peso microingredientes} / 100] \times F^{12}_{\text{Jugo prep}} \times \rho_{\text{Jugo prep}}$$

$$F^{10}_{\text{Jugo ref}} = \frac{\left[1 - \frac{\% \text{ en peso Dilución}}{100} - \frac{\% \text{ en peso microingredientes}}{100} \right] \times F^{12}_{\text{Jugo prep}} \times \rho_{\text{Jugo prep}}}{\rho_{\text{Jugo ref}}}$$

Como $F^{12}_{\text{Jugo prep}}$ se conoce el balance queda completamente especificado (1 ecuación y 1 incógnita)

Balance de materia etapa de Clarificación



Balances de materia (2)

Jugo: $F^{12}_{\text{Jugo prep}} [\text{Lt}] \times \rho_{\text{Jugo prep}} [\text{Kg/ Lt}] = F^{15}_{\text{Jugo clar}} [\text{Lt}] \times \rho_{\text{Jugo clar}} [\text{Kg/ Lt}] + F^{17}_{\text{Sólidos}} [\text{Kg}]$

Agua: $F^{16}_{\text{Agua}} [\text{Lt}] = F^{18}_{\text{Agua Lubricación}} [\text{Lt}] + F^{19}_{\text{Agua Descarga}} [\text{Lt}]$

Relaciones: $F^{17}_{\text{Sólidos}} [\text{Kg}] = [\text{Relación sólidos clarificación} [\text{Kg / Lt}]] \times F^{12}_{\text{Jugo prep}} [\text{Lt}]$
 $F^{19}_{\text{Agua Descarga}} [\text{Lt}] = 2 [\text{Descargas / Batche}] \times \text{Agua de descarga} [\text{Lt / Descarga}] \times \frac{F^{12}_{\text{Jugo prep}} [\text{Lt}]}{\text{Vol procesado} \times \text{Batche} [\text{Lt / Batche}]}$

$$F^{18}_{\text{Agua Lubricación}} [\text{Lt}] = \frac{\text{Caudal de servicio clarificadora} [\text{Lt / min}]}{\text{Caudal de clarificación} [\text{Lt / min}]} \times F^{12}_{\text{Jugo prep}} [\text{Lt}]$$

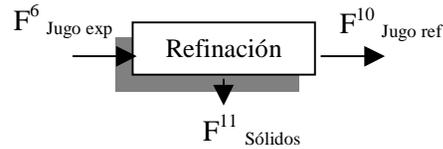
Como $F^{12}_{\text{Jugo prep}}$ se determinó como base de cálculo, los balances de Jugo y agua quedan completamente especificados (2 ecuaciones dos variables)

$$F^{12}_{\text{Jugo prep}} [\text{Lt}] \times \rho_{\text{Jugo clar}} [\text{Kg/ Lt}] = F^{15}_{\text{Jugo clar}} [\text{Lt}] \times \rho_{\text{Jugo clar}} [\text{Kg/ Lt}] + [\text{Rel residuos clarificación} [\text{Kg / Lt}]] \times F^{12}_{\text{Jugo prep}} [\text{Lt}]$$

$$F^{16}_{\text{Agua}} = \frac{\text{Agua de descarga} [\text{Lt}]}{\text{Batche}} + \frac{\text{Caudal de servicio clarificadora} [\text{Lt / min}]}{\text{Caudal de clarificación} [\text{Lt / min}]} \times F^{12}_{\text{Jugo prep}} [\text{Lt}]$$

Una vez resueltos los balances en las etapas de preparación y clarificación se especifican los valores correspondientes a las variables $F^{15}_{\text{Jugo clar}}$ y $F^{10}_{\text{Jugo ref}}$ por lo que la tabla de grados de libertad modifica los grados de libertad en las unidades de refinación y desaireación. De allí que el balance continúe su resolución por estas etapas:

Balance de materia etapa de Refinación



Balances de materia (1)

$$\text{Jugo: } F^6_{\text{Jugo exp}} [\text{Lt}] \times \rho_{\text{Jugo exp}} [\text{Kg/Lt}] = F^{10}_{\text{Jugo ref}} [\text{Lt}] \times \rho_{\text{Jugo ref}} [\text{Kg/Lt}] + F^{11}_{\text{Sólidos}} [\text{Kg}]$$

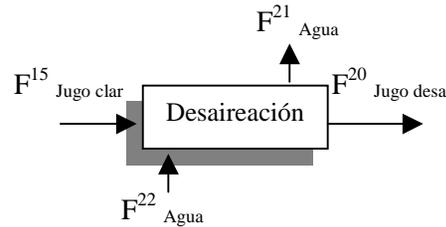
$$\text{Relaciones: } F^{11}_{\text{Sólidos}} [\text{Kg}] = [\text{Relación Sólidos Finisher} [\text{Kg/Lt}]] \times F^6_{\text{Jugo exp}} [\text{Lt}]$$

Como $F^{10}_{\text{Jugo ref}}$ se resolvió en la etapa de preparación, el balance de refinación se resuelve mediante la siguiente ecuación de balance:

$$F^6_{\text{Jugo exp}} \times \rho_{\text{Jugo exp}} = F^{10}_{\text{Jugo ref}} [\text{Lt}] \times \rho_{\text{Jugo ref}} [\text{Kg/Lt}] + [\text{Relación Sólidos Finisher} [\text{Kg/Lt}]] \times F^6_{\text{Jugo exp}} [\text{Lt}]$$

$$F^6_{\text{Jugo exp}} [\text{Lt}] = \frac{F^{10}_{\text{Jugo ref}} [\text{Lt}] \times \rho_{\text{Jugo ref}} [\text{Kg/Lt}]}{[\rho_{\text{Jugo exp}} [\text{Kg/Lt}] - [\text{Relación Sólidos finisher} [\text{Kg/Lt}]]]}$$

Balance de materia etapa de Desaireación



Balances de materia (2)

$$\text{Jugo: } F^{15}_{\text{Jugo clar}} [\text{Lt}] = F^{20}_{\text{Jugo desa}} [\text{Lt}]$$

$$\text{Agua: } F^{21}_{\text{Agua}} [\text{Lt}] = F^{22}_{\text{Agua}} [\text{Lt}]$$

$$\text{Relación: } F^{21}_{\text{Agua}} [\text{Lt}] = \frac{\text{Caudal de servicio Bomba de vacío} [\text{Lt/h}]}{\text{Caudal de pasteurización} [\text{Lt/h}]} \times F^{15}_{\text{Jugo clar}} [\text{Lt}]$$

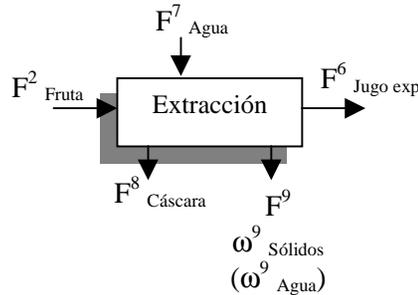
Una vez encontrado el valor de $F^{15}_{\text{Jugo clar}}$ en la etapa de clarificación, los balances de la desaireación cumplen con:

$$F^{15}_{\text{Jugo clar}} [\text{Lt}] = F^{20}_{\text{Jugo desa}} [\text{Lt}]$$

$$F^{22}_{\text{Agua}} [\text{Lt}] = \frac{\text{Caudal de servicio Bomba de vacío} [\text{Lt/h}]}{\text{Caudal de pasteurización} [\text{Lt/h}]} \times F^{15}_{\text{Jugo clar}} [\text{Lt}]$$

Al actualizar nuevamente la tabla de grados de libertad (Tras resolver $F^6_{\text{Jugo exp}}$ y $F^{20}_{\text{Jugo desa}}$) la unidad de Extracción y el conglomerado global de pasteurización quedan completamente especificados. La solución de estos balances está dada por:

Balance de materia etapa de Extracción



Balances de materia (2)

$$\text{Jugo: } F^2_{\text{Fruta}} [\text{Kg}] = F^6_{\text{Jugo exp}} [\text{Lt}] \times \rho_{\text{Jugo exp}} [\text{Kg/Lt}] + F^8_{\text{Cáscara}} [\text{Kg}] + \omega^9_{\text{Sólidos}} F^9 [\text{Kg}]$$

$$\text{Agua: } F^7_{\text{Agua}} [\text{Lt}] \times \rho_{\text{Agua}} [\text{Kg/Lt}] = (1 - \omega^9_{\text{Sólidos}}) F^9 [\text{Kg}]$$

$$\text{Relaciones: } F^6_{\text{Jugo exp}} [\text{Lt}] \times \rho_{\text{Jugo exp}} [\text{Kg/Lt}] = [\text{Porcentaje de extracción} / 100] \times F^2_{\text{Fruta}} [\text{Kg}]$$

$$F^8_{\text{Cáscara}} [\text{Kg}] = [\text{Porcentaje de remoción} / 100] \times [F^2_{\text{Fruta}} - F^6_{\text{Jugo exp}}] [\text{Kg}]$$

$$F^7_{\text{Agua}} = \frac{\text{Caudal de servicio}}{\text{Caudal de Extracción}} \times F^6_{\text{Jugo exp}}$$

Una vez conocido el valor para $F^6_{\text{Jugo exp}}$, las relaciones son reemplazadas en los balances de extracción tal como sigue:

$$\begin{aligned} \text{Balance de Jugo} \quad & \frac{F^6_{\text{Jugo exp}} [\text{Lt}] \times \rho_{\text{Jugo exp}}}{\left[\frac{\text{Rend de extrac} [\text{Lt/Kg}]}{100} \right]} = F^6_{\text{Jugo exp}} [\text{Lt}] \times \rho_{\text{Jugo exp}} [\text{Kg/Lt}] + \left[\frac{\% \text{ de remoción}}{100} \right] \times \dots \\ & \dots \times \left[\frac{F^6_{\text{Jugo exp}} [\text{Lt}] \times \rho_{\text{Jugo exp}} [\text{Kg/Lt}]}{\left[\frac{\text{Rend de extrac} [\text{Lt/Kg}]}{100} \right]} - F^6_{\text{Jugo exp}} [\text{Lt}] \times \rho_{\text{Jugo exp}} [\text{Kg/Lt}] \right] + \omega^9_{\text{Sólidos}} F^9 [\text{Kg}] \end{aligned}$$

$$\text{Balance de Agua} \quad (1 - \omega^9_{\text{Sólidos}}) \times F^9 [\text{Kg}] = F^7_{\text{Agua}} [\text{Lt}] \times \rho_{\text{Agua}} [\text{Kg/Lt}] = \frac{\text{Caudal de servicio} [\text{Lt/h}]}{\text{Caudal de Extracción} [\text{Lt/h}]} \times F^6_{\text{Jugo exp}} [\text{Lt}] \times \rho_{\text{Jugo exp}} [\text{Kg/Lt}]$$

Despejando las ecuaciones de balance en función de las variables conocidas:

Del balance de Jugo :

$$F^6_{\text{Jugo expr}} [\text{ Lt }] \times \rho_{\text{Jugo expr 1}} [\text{ Kg / Lt }] \times \left[\frac{1}{\text{Rend de Extrac}} - 1 \right] = F^6_{\text{Jugo expr}} [\text{ Lt }] \times \rho_{\text{Jugo expr 1}} [\text{ Kg / Lt }] \times \left[\frac{1}{\text{Rend de Extrac}} - 1 \right] \times \left[\frac{\% \text{ de remoción}}{100} \right] + \omega^9_{\text{Sólidos}} F^9 [\text{ Kg }]$$

$$\omega^9_{\text{Sólidos}} F^9 [\text{ Kg }] = \left[\frac{1}{\text{Rend de Extrac}} - 1 \right] \times \left[1 - \frac{\% \text{ de remoción}}{100} \right] \times F^6_{\text{Jugo expr}} [\text{ Lt }] \times \rho_{\text{Jugo expr 1}} [\text{ Kg / Lt }]$$

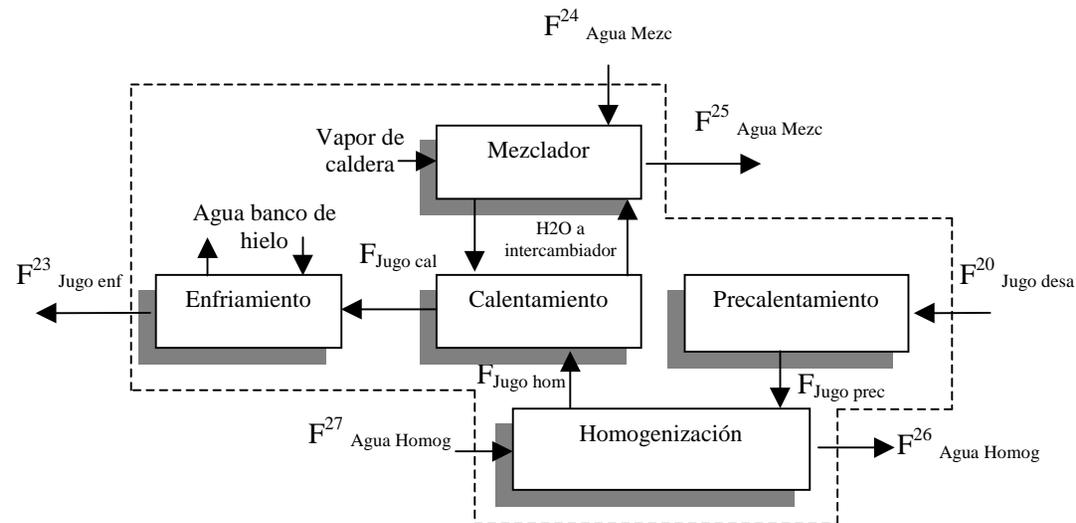
Del balance de Agua

$$F^9 [\text{ Kg }] = \omega^9_{\text{Sólidos}} \times F^9 [\text{ Kg }] + \frac{\text{Caudal de servicio extractora} [\text{ Lt / h }]}{\text{Caudal de Extracción} [\text{ Lt / h }]} \times F^6_{\text{Jugo expr}} [\text{ Lt }] \times \rho_{\text{Jugo exp}} [\text{ Kg / Lt }]$$

los valores de F^9 y $\omega^9_{\text{sólidos}}$ se obtienen de las ecuaciones de balance (sistema de ecuaciones de 2 incógnitas por 2 ecuaciones), mientras que para las demás variables se despejan directamente de las relaciones y las variables ya especificadas.

Balance global de pasteurización.

El conglomerado global de pasteurización está compuesto por la unidad de Homogenización y el mezclador



Los balances de materia (3) se describen según

Jugo: $F^{20}_{\text{Jugo desa}} [\text{Lt}] = F^{23}_{\text{Jugo enf}} [\text{Lt}]$

Agua mezclador: $F^{24}_{\text{Agua Mezclador}} [\text{Lt}] = F^{25}_{\text{Agua Mezc}} (1) + (2)$

Agua Homogenizador: $F^{27}_{\text{Agua Homog}} [\text{Lt}] = F^{26}_{\text{Agua Homog}} [\text{Lt}]$

Relaciones $F^{25}_{\text{Agua Mezc}} (1) = \frac{\text{Caudal de servicio Mez (1)} [\text{Lt/h}]}{\text{Caudal de Pasteurización} [\text{Lt/h}]} \times F^{20}_{\text{Jugo desa}} [\text{Lt}]$

$F^{25}_{\text{Agua Mezc}} (2) = \frac{\text{Caudal de servicio Mez (2)} [\text{Lt/h}]}{\text{Caudal de Pasteurización} [\text{Lt/h}]} \times F^{20}_{\text{Jugo desa}} [\text{Lt}]$

$F^{27}_{\text{Agua Mezc}} = \frac{\text{Caudal de servicio Homog} [\text{Lt/h}]}{\text{Caudal de Pasteurización} [\text{Lt/h}]} \times F^{20}_{\text{Jugo desa}} [\text{Lt}]$

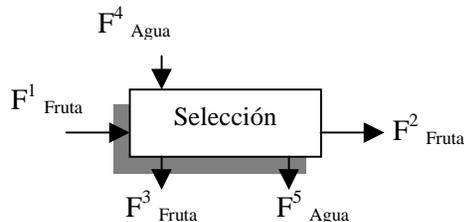
Resolviendo cada uno de los tres balances expuestos:

Jugo $F^{20}_{\text{Jugodesa}} [\text{Lt}] = F^{23}_{\text{Jugoenf}} [\text{Lt}]$

Agua Mezclador $F^{24}_{\text{Agua Mezclador}} [\text{Lt}] = \left[\frac{\text{Caudal de servicio Mez (1)} [\text{Lt/h}]}{\text{Caudal de Pasteurización} [\text{Lt/h}]} + \frac{\text{Caudal de servicio Mez (2)} [\text{Lt/h}]}{\text{Caudal de Pasteurización} [\text{Lt/h}]} \right] \times F^{20}_{\text{Jugo desa}} [\text{Lt}]$

Agua Homogenizador $F^{27}_{\text{Agua Homog}} = \frac{\text{Caudal de servicio Homog} [\text{Lt/h}]}{\text{Caudal de Pasteurización} [\text{Lt/h}]} \times F^{20}_{\text{Jugo desa}} [\text{Lt}]$

Balance real etapa de Selección



Balances de materia (2)

Fruta: $F^1_{\text{Fruta}} [\text{Kg}] = F^2_{\text{Fruta}} [\text{Kg}] + F^3_{\text{Fruta}} [\text{Kg}]$

Agua: $F^4_{\text{Agua}} [\text{Lt}] = F^5_{\text{Agua}} [\text{Lt}]$

Relaciones: $F^3_{\text{Fruta}} [\text{Kg}] = [\text{Porcentaje de Rechazo}] \times F^1_{\text{Fruta}} [\text{Kg}]$

$F^4_{\text{Agua}} [\text{Lt}] = \frac{\text{Caudal de servicio Selección}}{\text{Caudal de Extracción}} \times F^6_{\text{Jugo expr}} [\text{Lt}]$

Los balances quedan completamente especificados pues se conocen los valores de F^2_{Fruta} y $F^6_{Jugo\ exp}$

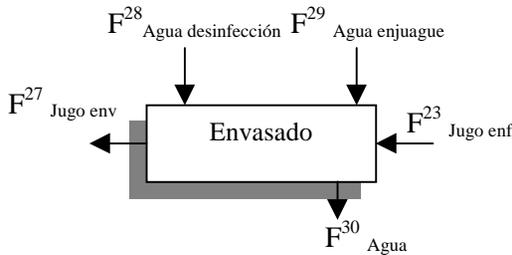
Fruta
$$F^1_{Fruta} [Kg] = F^2_{Fruta} [Kg] + [\text{Porcentaje de Rechazo}] \times F^1_{Fruta} [Kg]$$

Agua
$$F^4_{Agua} [Lt] = \frac{\text{Caudal de servicio Selección} [Lt / h]}{\text{Caudal de Extracción} [Lt / h]} \times F^6_{Jugo\ exp} [Lt]$$

Por último se presenta la etapa de envasado, en la cual se tiene interés por determinar el consumo de agua por enjuague de envases. Como determinación adicional se tiene el número de canastillas utilizadas para embalar el producto, puesto que serán el punto de partida para la determinación posterior de los lavados adicionales.

Balance de materia durante envasado.

Balances de materia



Jugo:
$$F^{23}_{Jugo\ enf} [Lt] = F^{27}_{Jugo\ env} [Lt]$$

Agua:
$$F^{30}_{Agua} [Lt] = F^{28}_{Agua\ desinfección} [Lt] + F^{29}_{Agua\ Enjuague} [Lt]$$

Relaciones
$$F^{28}_{Agua\ desinfección} [Lt] = \frac{\text{Agua desinfección} [Lt]}{F^{27}_{Jugo\ env} [Lt]}$$

$$F^{29}_{Agua\ enjuague} [Lt] = \frac{\text{Agua Enjuague} [Lt]}{\text{Tipo de envase}} \times \text{Número de envases}$$

Relaciones adicionales

$$\text{Número de envases} = \frac{F^{27}_{Jugo\ Envasado}}{\text{Volumen del envase}}$$

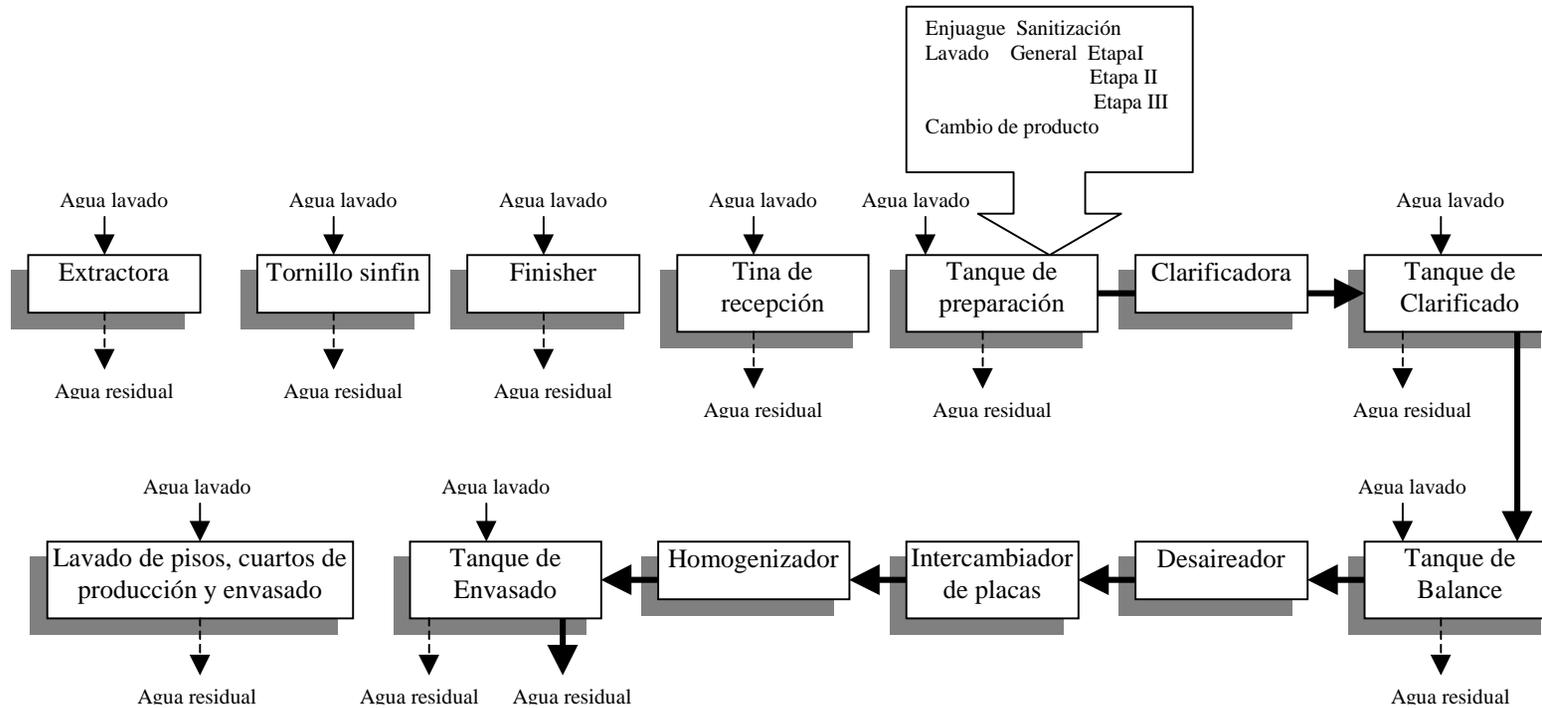
(No se cuentan dentro del análisis

de grados de libertad)

$$\text{Número de canastillas} = \frac{\text{Número de envases}}{\text{Envases} \times \text{Canastilla}}$$

AIV - 2 BALANCE REAL DE AGUAS DE LAVADO

La determinación de los balances reales de agua de lavado y desinfección se efectúa a partir del siguiente diagrama de flujo:



En donde se identifican dos tipos generales de lavados

a) Lavado de recirculación en línea (General de línea, Enjuague de sanitización y cambio de producto): Para estos tres tipos de lavado, el seguimiento del balance real es función de la tabla de lavados de línea, en la cual las cantidades de Agua y agentes químicos cumplen con unas proporciones definidas por el departamento de control de calidad. Partiendo de las especificaciones consideradas el balance cumple con:

El balance general se describe mediante la ecuación

$$H_2O_{Residual} [Kg] = H_2O_{Lavado} [Lt] \times \rho_{Agua} [Kg/Lt] + Ag\ Químico [Kg]$$

Las relaciones entre los agentes químicos y el agua a cargar son función de la concentración en peso, por lo tanto:

$$\% \text{ Peso} = \frac{Aq\ Químico [Kg]}{H_2O_{Lavado} [Lt] \times \rho_{Agua} [Kg/Lt] + Ag\ Químico [Kg]} \times 100 \quad \text{Despejando} \quad Ag\ Químico [Kg] = \frac{[\% \text{ Peso}] \times H_2O_{Lavado} [Lt] \times \rho_{Agua} [Kg/Lt]}{[100 - \% \text{ Peso}]}$$

El balance queda entonces en función del porcentaje en peso del agente químico y del agua a emplear para el lavado, por lo que las tablas de relaciones deben especificarse acorde con:

Lavado en línea	Agente Químico		Agua
Sanitización	Timsen	% Peso	Volumen [Lt]
	Sln ácida HclO	% Peso	Volumen [Lt]
General Etapa I - Limpieza	NaOH	% Peso	Volumen [Lt]
	AcCítrico	% Peso	Volumen [Lt]
	Timsen	% Peso	Volumen [Lt]
Etapa II - Neutralización	Sln ácida HclO	% Peso	Volumen [Lt]
Etapa III - Desinfección	---	---	Volumen [Lt]
Cambio de producto	---	---	Volumen [Lt]

b) Lavado convencional de cuartos y equipos línea de jugos: La información referente a las variables de operación para este lavado se tomaron de observaciones y mediciones (periódicas) directas sobre las actividades cotidianas de lavado, de allí que el diagrama de consumo de agua durante lavado convencional reúna los tiempos y caudales promedio de lavado para cada uno de los equipos de la línea de proceso. El balance de agua se describe como:

$$H_2O_{Residual} [Kg] = H_2O_{Lavado} [Lt] \times \rho_{Agua} [Kg/Lt] + Ag\ contam [Kg]$$

Los agentes contaminantes varían según la unidad lavada, y se componen principalmente por sólidos sedimentables (semillas, membranas, restos de cáscaras) y por sólidos disueltos (Jugos y concentrados azucarados remanentes en la línea). La determinación de sus composiciones se determina dentro de la producción global mediante los estudios de caracterización de las aguas residuales. De lo anterior, la determinación del agua residual, ha de seguir un balance en el cual el agua residual es igual a la de lavado, la cual se calcula siguiendo la relación:

$$H_2O_{\text{Lavado convencional}} = \text{Caudal} \times \text{Tiempo de lavado}$$

c) Consumo de Agua por otros lavados en línea de jugos: Los consumos atribuidos a otros lavados son los efectuados a timbos (20 Lt) y canecas (55 Lt) en los que se reenvasan los productos y a las canastillas en las que se embala la producción envasada. Las variables medidas para esta determinación de consumo y generación de ARI se reúnen en: Caudal promedio de lavado, tiempos promedio de Enjuague (Inicial y final), tiempo promedio de Enjabonada, volumen de Agua por lavado especial (Lavado interno de desinfección exclusivo de timbos) y relación de agentes químicos.

De donde los balances de consumo y vertimiento cumplen con:

$$H_2O_{\text{Residual}} [\text{Kg}] = H_2O_{\text{Lavado}} [\text{Lt}] \times \rho_{\text{Agua}} [\text{Kg/Lt}] + \text{Ag Químico} [\text{Kg}]$$

Y presentan las siguientes relaciones por cada unidad lavada:

$$H_2O_{\text{Lavado}} [\text{Lt}] = \text{Caudal}_{\text{Prom}} [\text{Lt} / \text{min}] \times (t_{\text{Enjuague Inic}} + t_{\text{Enjuague Fin}} + t_{\text{Enjabonada}}) [\text{min}] + H_2O_{\text{Lavado Especial}} [\text{Lt}]$$

$$\text{Ag Químico} [\text{Kg}] = [\text{Detergente} [\text{g}] + \text{HClO} [\text{g}] + \text{NaOH} [\text{g}] + \text{Ac cítrico} [\text{g}]] / 1000$$

El balance queda completamente especificado al determinar:

	Consumo de Agua				Consumo de agentes químicos			
	Enjuague inicial	Enjabonada	Enjuague final	Caudal de lavado	Detergente	HClO	Ac Cítrico	NaOH
Timbos	Tiempo [seg]	Tiempo [seg]	Tiempo [seg]	[Lt/seg]	[g / unidad]	[g / unidad]	[g / unidad]	[g / unidad]
Canecas	Tiempo [seg]	Tiempo [seg]	Tiempo [seg]	[Lt/seg]	[g / unidad]	[g / unidad]	---	---
Canastillas	Tiempo [seg]	Tiempo [seg]	Tiempo [seg]	[Lt/seg]	[g / unidad]	[g / unidad]	---	---

AIV - 3 BALANCE REAL DE AGUAS EN OPERACIONES DE PRECALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO DE LÍNEA

El acondicionamiento de la línea antes y después de la etapa de pasteurización presenta un consumo de Agua constante debido a: Fluido de servicio del Pasteurizador y el Homogenizador, Fluido en recirculación dentro de la línea. El consumo se calcula luego de determinar el tiempo de precalentamiento, tiempo de enfriamiento, Agua alimentada a la línea para la recirculación y los caudales de servicio de los equipos implicados.

Precalentamiento: Las ecuaciones de balance que modelan la operación se reúnen en:

Consumo de Agua de servicio por equipo

$$H_2O_{Homog} [Lt] = Caudal_{Serv Homog} [Lt / h] \times Tiempo_{Precalenta} [h]$$

$$H_2O_{Mezc} [Lt] = Caudal_{Servi Mezcl} [Lt / h] \times Tiempo_{Precalenta} [h]$$

Consumo Global durante precalentamiento

$$H_2O_{Precalentamiento} [Lt] = H_2O_{Servicio} [Lt] + H_2O_{Recirculación} [Lt]$$

Enfriamiento: Las ecuaciones de balance que modelan la operación se reúnen en:

Consumo de Agua de servicio por equipo

$$H_2O_{Homog} [Lt] = Caudal_{Serv Homog} \times Tiempo_{Precalenta} [h]$$

$$H_2O_{Mezc} [Lt] = Caudal_{Servi Mezcl} [Lt / h] \times Tiempo_{Precalenta} [h]$$

Consumo Global durante precalentamiento

$$H_2O_{Precalentamiento} [Lt] = H_2O_{Servicio} [Lt] + H_2O_{Recirculación} [Lt]$$

Por lo que el balance queda completamente especificado al reunir el volumen de agua de recirculación y los tiempos de operación (anexo II)

ANEXO V

Relaciones de proceso, lavado y desinfección. Balance real de aguas Línea de producción miel semiprocada y concentrado Cañaveral

El Anexo V muestra detalladamente la forma en la que fué levantada la información de soporte para la formulación y resolución del Balance real de aguas en la línea de concentrado Cañaveral. Se divide diversas determinaciones (Relaciones durante producción, operaciones de lavado y desinfección) que satisfacen las relaciones propuestas por los balances de materia:

AV - 1- Relaciones durante producción

Las relaciones de proceso se dividen en: Relación de microingredientes, relación de otros ingredientes, pérdidas por evaporación y relación de agua por ajuste y dilución. Todas las relaciones consideradas corresponden a valores formulados que representan las cantidades de entrada o salida que deben ser manejadas en la producción de miel semiprocada y concentrado Cañaveral. La consideración como variables de proceso se limita a la etapa de cocción.

	a) miel semiprocada	b) Concentrado Cañaveral
Rel microingredientes [% en Peso]	23	---
Rel microingredientes [Kg / Kg _{Prod Elab}]	---	0.0453
Rel otros ingredientes [Kg / Kg _{Miel virgen}]	---	0.3486
Rel H ₂ O Ajuste [Kg / Kg _{Prod Elab}]	---	0.0612
Dilución [Kg / Kg _{Prod Elab}]	---	0.1607
Pérdidas por evaporación [% en Peso]	12	12

AV - 2 Relaciones en operaciones de limpieza y desinfección

Las operaciones de limpieza y desinfección en la línea de concentrado Cañaveral están divididas en lavados convencionales y lavados en línea.

AV-2.1 Determinación de las Variables consideradas en lavado convencional Las variables del lavado convencional hacen referencia a: volumen de agua empleada en el lavado, sólidos solubles (Azúcares compuestos por Sacarosa y sus respectivos monosacáridos: glucosa y fructosa) y sólidos sedimentables producto de las operaciones de producción a la que es sometida la miel virgen. La determinación de dichas variables cumple con la siguiente metodología:

AV-2.1.1 Agua de lavado: En el lavado interno de equipos y tuberías, el volumen agua empleada fué evaluado mediante las regletas de medición de volumen de cada equipo. En aquellos en los que no fué posible este tipo de determinación, se midieron tiempos y caudales empleados de lavado.

AV-2.1.2 Sólidos solubles: Debido a que las operaciones de lavado convencional se limitan a una remoción con agua del producto remanente en

paredes y tuberías (Mezcla de azúcares solubles), la determinación de los sólidos solubles se efectuó al medir las relaciones entre porcentajes de sacarosa contra índices de refracción (°Brix) en el refractómetro del laboratorio de control de calidad. Las mediciones se efectuaron a 20°C en cada uno de los efluentes considerados en el balance real, por lo cual no fue necesario su corrección por temperatura.

AV-1.2.3 Sólidos sedimentables: La determinación de los sólidos sedimentables se logra mediante la lectura directa del volumen de sólidos sedimentados, por gravedad, durante una hora. El instrumento empleado fué un tubo de ensayo graduado y las unidades:

[ml sol sedimentables / Lt agua residual - hora].

Los sólidos sedimentables cumplen con objetivos cantitativaos acerca de las posibles concentraciones en el efluente. Para mayor representativad se recomienda utilizar el cono de Imhoff.

AV-1.2.4 Variables de Lavado convencional en cuarto de proceso:

El lavado convencional hace énfasis en la determinación de:

- Volúmenes de agua de lavado.
- Grados Brix del efluente.
- Sólidos sedimentables.

La descripción de estas características se expresa para todos los equipos considerados en el bloque, los cuales corresponde a:

a) Marmitas de Cocción: En las marmitas de cocción se llevan a cabo dos tipos de lavado convencional: entre batches y una vez terminadas la producción:

Para un volumen de 30 Lt de agua en cada lavado, las propiedades del efluente se resumen en:

Ensayo		Miel semiprocada		Concentrado Cañaveral	
		Solubles [° Brix]	Sedimentables [ml / Lt-h]	Solubles [° Brix]	Sedimentables [ml / Lt-h]
1	Marmita 1	5.8	15	6.5	< 1
1	Marmita 2	3.2	15	4.0	< 1
2	Marmita 1	2.8	50	5.1	< 1
2	Marmita 2	3.0	50	3.9	< 1
3	Marmita 1	3.2	25	4.6	< 1
3	Marmita 2	2.4	25	4.0	< 1
4	Marmita 1	5.0	10	4.9	< 1
4	Marmita 2	4.0	10	3.8	< 1

Las variación de las propiedades medidas para cada ensayo obedece a la eventual diferencia entre materias primas utilizadas y a la diferencia de temperatura en la superficie de las marmitas en el momento del lavado. La diferencia de temperatura se debe diversas causas entre las cuales se pueden citar:

- El sistema de bombeo del producto terminado solo da abasto para evacuar una marmita al tiempo, por lo cual se presentan enfriamientos desiguales dependiendo de cual permanece llena durante mayor tiempo.
- Una vez enviado el último batche al tanque de enfriamiento, el sistema de bombeo permanece succionando aire para arrastrar completamente el producto remanente en las líneas.

Para objetos del balance se ha de trabajar con los promedios aritméticos entre las dos marmitas:

	Solubles [° Brix]	Sedimentables[ml / Lt-h]
Miel semiprocada	3.7	33.3
Concentrado Cañaveral	4.6	< 1

b) Sistemas de enfriamiento: La determinación de sólidos en sistemas de enfriamiento es similar a las marmitas. Los sistemas de enfriamiento son sometidos a dos enjuagues convencionales, por lo cual:

Volumen de lavado: 250 Lt

Ensayo	Sistemas de enfriamiento	Miel semiprocada		Concentrado Cañaveral	
		Solubles [° Brix]	Sedimentables [ml / Lt-h]	Solubles [° Brix]	Sedimentables [ml / Lt-h]
1	Enjuague I	7.6	6	9.9	< 1
1	Enjuague II	1.6	6	2.0	< 1
2	Enjuague I	12.5	12	6.3	< 1
2	Enjuague II	3.9	12	1.6	< 1
3	Enjuague I	6.0	15	19.0	< 1
3	Enjuague II	1.8	15	5.4	< 1

4	Enjuague I	8.4	7	11.2	< 1
4	Enjuague II	2.3	7	4.8	< 1

Para objetos del balance se ha de trabajar con los promedios aritméticos de los dos enjuagues al sistema de enfriamiento:

		Sólidos solubles [° Brix]	Sólidos sedimentables [ml / Lt - h]
Miel semiprocada	Etapa I	5.5	10
	Etapa II	1.2	10
Concentrado Cañaveral	Etapa I	11.6	< 1
	Etapa II	3.45	< 1

c) Tanque de miel semiprocada: El consumo de agua en estos lavados es altamente variables (Según el operario), razón por la cual las principales características afluentes y efluentes se limitan a una aproximación dada por observación y mediciones en planta:

	Agua de lavado [Lt]	% Solubles [°Brix]	Sol Sedimentables [ml / Lt - h]
Enjuague I	70	8.5	7
Enjuague II	50	---	---

El segundo enjuague en el tanque de miel semiprocada tiene por objeto la remoción de detergente industrial, razón por la cual no se realizó la determinación de sólidos.

AV-1.2.5 Variables de Lavado convencional en cuarto de envasado: Las variables a estudiar en el lavado convencional de equipos en el cuarto de envasado cumplen con la tabla:

	Consumo [Lt / operación]	Solubles [° Brix]	Sedimentables [ml / Lt-h]
Tanque envasado	25	6	< 1
Cuarto de envasado	150	---	---

El consumo del cuarto de envasado representa el valor aproximado de agua de lavado exterior de equipos, pisos, paredes y banda transportadora entre otros. La concentración de sólidos en el lavado de cuarto de envasado no fué calculada, puesto que:

- Su objetivo principal es el de diluir los demás efluentes generados en el cuarto de envasado (Lavados convencionales, arrastre de producto y posibles derrames)
- Las cantidades de sólidos en paredes, pisos, etc. son despreciables

AV-1.2.6 Variables de lavado convencional en zona de almacenamiento:

El lavado convencional en los tanques de almacenamiento de materia prima se efectúa mediante un enjuague de miel remanente, seguido de un lavado con detergente e hipoclorito y de una aspersion de agentes desinfectantes. Las variables a considerar reúnen los consumos de agua y remoción de sólidos solubles en cada enjuague:

Lavado de tanques de almacenamiento de miel virgen

	Consumo [Lt/operación]	Solubles [° Brix]
Enjuague inicial	120	25
Enjuague final	100	---

La concentración de sólidos en el enjuague final no fué calculada, puesto que tiene por objeto remover la solución, de detergente e hipoclorito, utilizada para el lavado interior de las superficies del tanque.

AV-2.2 Determinación de las Variables consideradas en lavado de recirculación en línea:

Las variables de los lavados de recirculación en línea tienen una variación particular dependiendo de los bloques (proceso, envasado y almacenamiento) y de los tipos de lavado considerados (sanitización, cambio de producción y arrastre de producto).

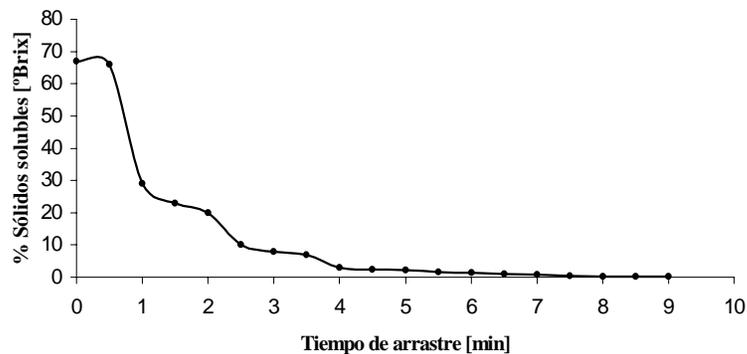
- Las variables estudiadas en los lavados de sanitización y cambio de producto en cuartos de producción y envasado (Bloques I y II) se limitan a: consumos de agua de lavado y concentración de agentes contaminantes. Las formulaciones para estos lavados se describen en las páginas 3- a 3- del capítulo 3 (Balance real de aguas).
- Para los lavados de arrastre de producto y los de recirculación en línea en zona de almacenamiento (Bloque III), las variables estudiadas involucran consumos de agua y concentraciones de sólidos solubles. El comportamiento de los efluentes en este caso se puede describir de acuerdo con:

AV-2.2.1 Variables de lavado de arrastre de producto terminado: El arrastre de producto tiene la particularidad de generar un efluente de concentración variable según el tiempo de descarga. Esta lavado comienza con la carga de agua a alta temperatura en las marmitas, la cual es bombeada a través de la línea hasta el tanque de producto terminado. El flujo constate de agua de arrastre asegura un efluente inicial con un alto contenido de sólidos, seguido de una dilución de producto cuya concentración disminuye en función del tiempo y la cantidad de agua cargada. El comportamiento de este arrastre se describe mediante:

Agua de arrastre: 800 Lt

Tiempo [min]	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
^a Brix	67	66	29	23	20	10	8	7	3	2.4	2.1

Tiempo [min]	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0
^a Brix	1.6	1.4	1.0	0.8	0.4	0.1	0.1	0.1



La cantidad de producto recuperado varía considerablemente, puesto que el criterio empleado por el supervisor es el de contextura y cuerpo del producto en efluente (No se miden concentraciones). A partir de las observaciones en planta, la concentración promedio de producto recuperado se acerca a los 53 °Brix, y los volúmenes de recuperación a los 50 Lt.

Partiendo de la consideración anterior, las características aproximadas para el efluente del arrastre de producto terminado cumplen con:

Agua residual Arrastre de producto: 750 Lt
 % Sólidos solubles: 5.4 °Brix

AV-2.2.2 Variables de lavado de recirculación en línea para enjuague preliminar en cuarto de envasado: El producto remanente en las tuberías y boquillas de la máquina envasadora es arrastrado por agua caliente mediante un procedimiento similar al descrito anteriormente. La carga de agua se efectúa en el tanque de envasado, para luego poner en funcionamiento la máquina de tal forma que se genera un efluente de las siguientes características:

Agua de arrastre: 60 Lt

Tiempo [min]	0	1	2	3	4
^a Brix	63	8	0.4	0.2	0.1

Este efluente no es sometido a recolección para reproceso, por lo cual, sus características promedio cumplen con: 60 Lt (17.9 °Brix)

AV-2.2.3 Variables de lavado de recirculación en línea para zona de almacenamiento de miel virgen (Bloque III): Cada vez que son desocupados todos los tanques de almacenamiento de miel virgen, se efectúa un lavado en recirculación de líneas, tanques, filtros y sistemas de bombeo. Este lavado no tiene una regularidad definida, sin embargo debe realizarse al menos una vez por mes. Cumple con una rutina de cuatro enjuagues (desprendimiento de sólidos adheridos) y una posterior desinfección. La recuperación de materia prima no está definida, por lo cual el estudio se limita a una descripción de los efluentes y concentraciones de cada etapa:

Tanques de almacenamiento de miel virgen

	Volumen [Lt]	Solubles [°Brix]	Agentes Químicos
Enjuague I	500	40	---
Enjuague II	500	30	---
Enjuague III	500	15	---
Enjuague IV	500	5	---
Desinfección	500	---	Timsen 0.5 Kg

ANEXO VI

Formulación y resolución del balance real de Aguas Línea de rproducción Cañaveral

El presente Anexo contiene la metodología correspondiente a la formulación y resolución del balance real de agua en la línea de concentrado Cañaveral, dividida en: Diagramas de flujo y algoritmos de solución.

1) DIAGRAMAS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO

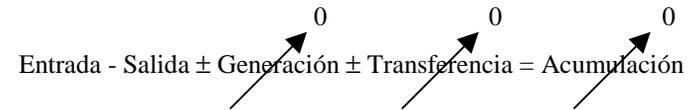
Los diagramas propuestos por el Anexo describen las variables involucradas en las actividades normales de producción, lavado y desinfección. Se presentan cualitativamente para ambas líneas (Figuras A VI-1 y A VI-3) y cuantitativamente de manera exclusiva para la línea de Jugos (Fig A VI-2).

2) FORMULACIÓN Y RESOLUCIÓN DE LAS ECUACIONES DE BALANCE.

La presentación de las ecuaciones y algoritmos de solución para las ecuaciones de balance está dividida en dos bloques:

- Balance real de Aguas durante producción.
- Balance real de Agua de lavado.

Para todas las etapas y operaciones la formulación de los balances de materia parten de la ecuación general:

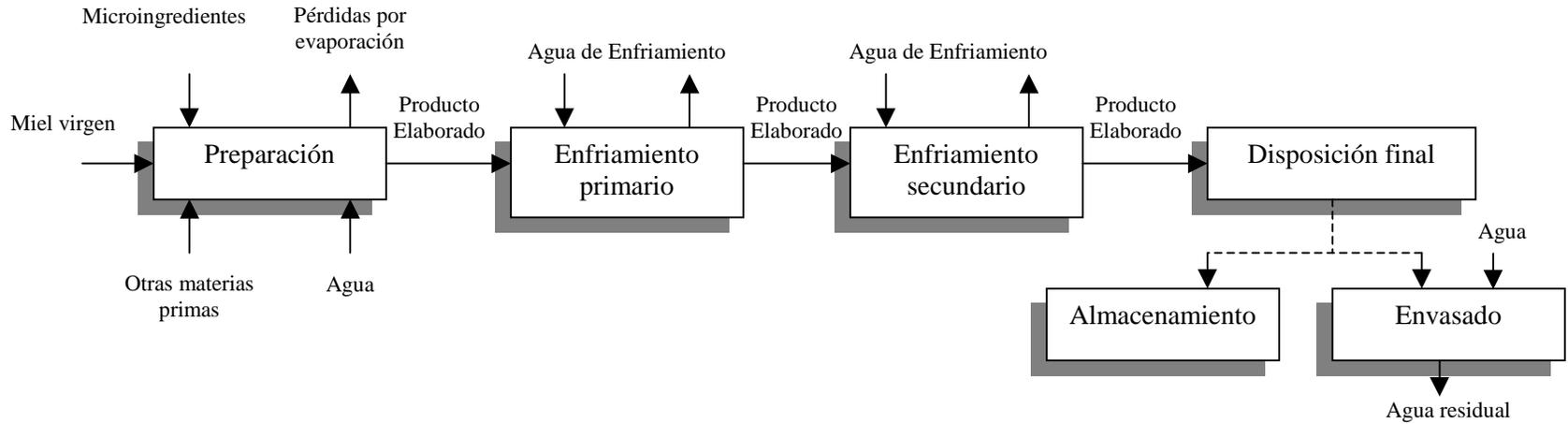
$$\text{Entrada} - \text{Salida} \pm \text{Generación} \pm \text{Transferencia} = \text{Acumulación}$$


Consideraciones:

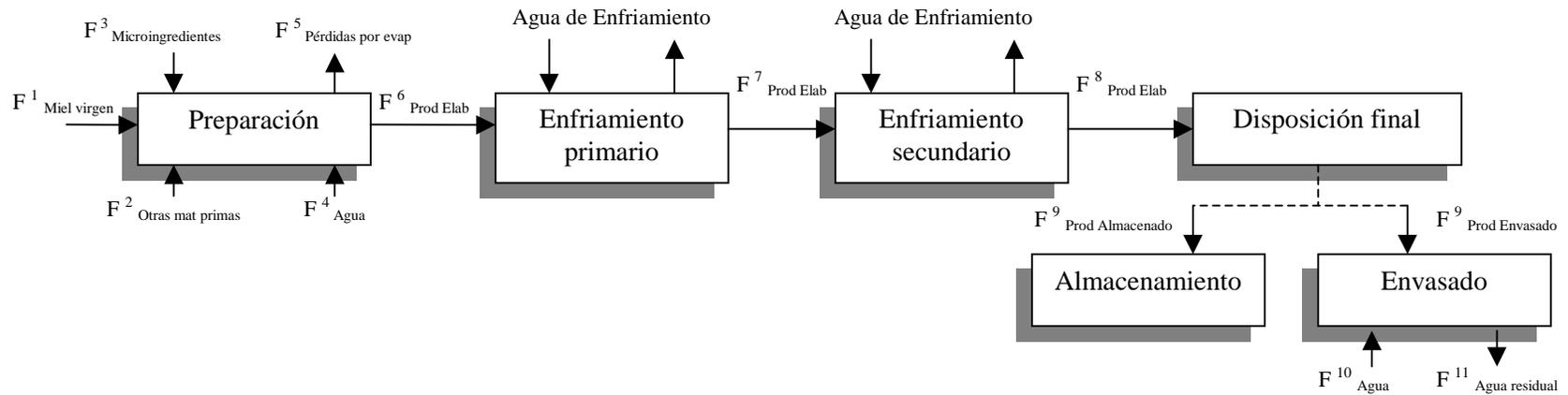
- a) El término de generación no aplica pues durante la transformación de materias primas en productos elaborados (miel semiprocesada- concentrado Cañaveral) no existen reacciones químicas que alteren considerablemente las características del producto terminado.
- b) El término de transferencia no aplica puesto que las operaciones de producción no manejan fenómenos de transferencia de masa a los alrededores del sistema.
- c) El término de acumulación no aplica puesto que las salidas de todas las etapas cuentan con descarga directa.

AVI - 1 BALANCE REAL DE AGUAS DURANTE PRODUCCIÓN DE CONCENTRADO CAÑAVERAL

a) Diagrama cualitativo



b) Diagrama cuantitativo

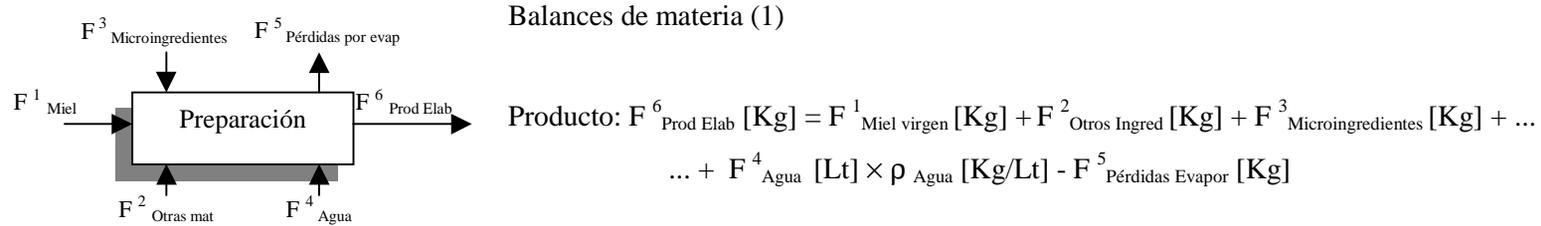


c) **Tabla de grados de libertad**

	Preparación		EnfriPrimario		Enfri secundario		Disposición final	
	1	6	1	2	1	2	1	4
NVI								
NBMI	1		1		1			2
NFC								
NCC								
NCC	4							1
	<hr/>		<hr/>		<hr/>		<hr/>	
		1		1		1		1

Teniendo como base de cálculo la cantidad de producto terminado, las ecuaciones de balance en cada una de las etapas se describen según:

Balance de materia etapa de Preparación:



a) Relaciones producción de miel semiprocada

$$F^2_{\text{Otros Ingred}} [\text{Kg}] = F^4_{\text{Agua}} [\text{Kg}] = 0$$

$$F^3_{\text{Microingredientes}} [\text{Kg}] = [\text{Rel microing}] \times F^6_{\text{Prod Elab}} [\text{Kg}]$$

$$F^5_{\text{Pérdidas Evapor}} [\text{Kg}] = [\text{Pérdidas por evap}] \times [F^1_{\text{Miel Virgen}} + F^2_{\text{Otras mat primas}}]$$

b) Relaciones producción de concentrado Cañaveral

$$F^2_{\text{Otros Ingred}} [\text{Kg}] = [\text{Rel otros ing}] \times F^1_{\text{Miel Virgen}} [\text{Kg}]$$

$$F^3_{\text{Microingredientes}} [\text{Kg}] = [\text{Rel microing}] \times F^6_{\text{Prod Elab}} [\text{Kg}]$$

$$F^4_{\text{Agua}} [\text{Lt}] = [\text{Rel H}_2\text{O ajuste y dilución}] \times F^6_{\text{Prod Elab}} [\text{Kg}]$$

$$F^5_{\text{Pérdidas Evapor}} [\text{Kg}] = [\text{Pérdidas por evap}] \times F^6_{\text{Prod Elab}} [\text{Kg}]$$

Reemplazando las relaciones en la ecuación de balance

a) Producción de miel de mezcla

$$F^6_{\text{Prod Elab}} [\text{Kg}] = F^1_{\text{Miel virgen}} [\text{Kg}] + 0 + [\text{Rel microing}] \times F^6_{\text{Prod Elab}} [\text{Kg}] + 0 - [\text{Pérdidas por evap} / 100] \times [F^1_{\text{Miel Virgen}} + 0] [\text{Kg}]$$

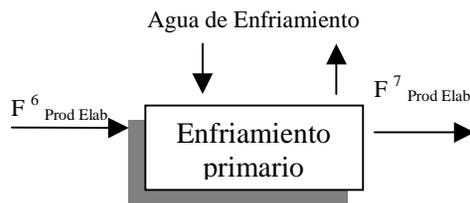
$$F^1_{\text{Miel virgen}} [\text{Kg}] = [1 - \text{Rel microing}] \times F^6_{\text{Prod Elab}} [\text{Kg}] / [1 - \text{Pérdidas por evap} / 100]$$

b) Producción de concentrado Cañaveral

$$F^6_{\text{Prod Elab}} [\text{Kg}] = F^1_{\text{Miel virgen}} [\text{Kg}] + [\text{Rel otros ing}] \times F^1_{\text{Miel virgen}} [\text{Kg}] + [\text{Rel microing}] \times F^6_{\text{Prod Elab}} [\text{Kg}] + [[\text{Rel H}_2\text{O dilución y ajuste}] - \dots \\ \dots - [\text{Pérdidas por evap} / 100] \times F^6_{\text{Prod Elab}}$$

$$F^1_{\text{Miel virgen}} = \frac{\left[1 - \text{Rel microing} - \text{Rel H}_2\text{O dilución y ajuste} + \frac{\text{Pérdidas por evap}}{100} \right] \times F^6_{\text{Pr od elab}}}{[1 + \text{Rel otros ing}]}$$

Balance de materia operaciones unitarias de enfriamiento:



Balances de materia (2)

Enfriamiento primario (Intercambiador de calor):

$$F^6_{\text{Prod Elab}} = F^7_{\text{Prod Elab}}$$

Enfriamiento secundario (Tanque de enfriamiento):

$$F^7_{\text{Prod Elab}} = F^8_{\text{Prod Elab}}$$

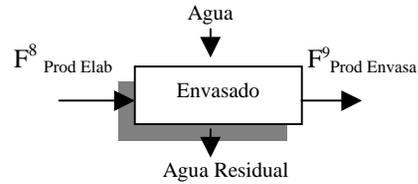
Balance de materia operaciones de disposición final



Balances de materia (1)

Almacenamiento:

$$F^8_{\text{Prod Elab}} = F^9_{\text{Prod Almac}}$$



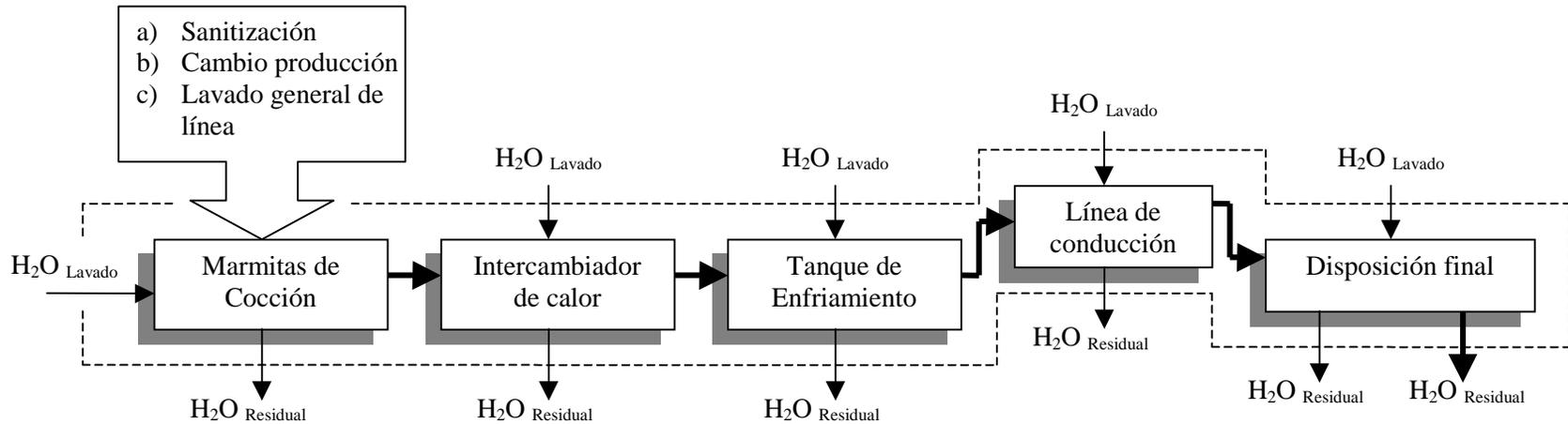
Envasado:

$$F^8_{\text{Prod Elab}} = F^9_{\text{Prod Envasado}}$$

Nota: El consumo de agua y la generación de agua residual no presentan ningún tipo de relación que permita incluirlos dentro de una ecuación de balance, pues se realizan eventualmente y con muy pequeñas cantidades de agua.

AVI - 2 BALANCE DE MATERIA EN OPERACIONES DE LAVADO Y DESINFECCIÓN

a) Diagrama de flujo cualitativo



b) Balance en operaciones de lavado de recirculación en línea (Sanitización, cambio de producción y lavado general de línea)

Balance de lavado de recirculación en línea presenta adiciones definidas de agua y agentes químicos, puede ser descrito mediante:

$$F^{IN}_{Agua} [Lt] \times \rho_{Agua} [Kg/Lt] + F^{IN}_{Ag\ Químico} [Kg] = F^{OUT}_{Agua} [Lt] \times \rho_{Agua} [Kg/Lt] + F^{OUT}_{Ag\ Químico} [Kg]$$

Relaciones:

$$F^{IN}_{Ag\ Químico} [Kg] = [Conc\ agente] \times F^{IN}_{Agua} [Lt]$$

$$F^{IN}_{Ag\ Químico} [Kg] = F^{OUT}_{Ag\ Químico} [Kg]$$

$$F^{IN}_{Agua} [Lt] = F^{OUT}_{Agua} [Lt]$$

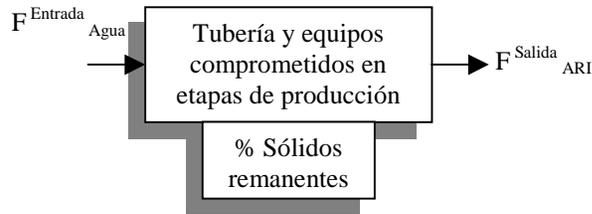
Tabla de especificación de relaciones: para realizar el balance de materia, se deben reunir las concentraciones y volúmenes de agentes químicos propuestos en la siguiente tabla:

Operaciones de lavado y desinfección		Enjuague preliminar	I Etapa Limpieza	II Etapa Neutralización	III Etapa Desinfección	Enjuague final
I – Sanitización	Agua de lavado	Volumen	---	---	Volumen	Volumen
	Agente Químico	---	---	---	Timsen	---
II – Cambio de producción						
Miel semiprocada – Cañaveral	Agua de lavado	Volumen	---	---	---	Volumen
	Agente Químico	---	---	---	---	---
Cañaveral - miel semiprocada	Agua de lavado	Volumen	Volumen	Volumen	Volumen	Volumen
	Agente Químico	---	NaOH	---	Timsen	---
III – Lavado general de línea		Aplica de igual forma que cambio de producción Cañaveral – Miel semiprocada				

Balance en operaciones de lavado convencional de líneas y equipos.

Los balances de materia en operaciones de lavado convencional obedecen a ecuaciones comunes a todos los equipos, teniendo como afluente agua de lavado y como efluente agua residual con un contenido variable de sólidos solubles atribuidos al producto remanente en tuberías y equipos.

Se resuelve teniendo como punto de partida las siguiente ecuaciones y relaciones de balance:



Balances:

$$F^{Salida}_{ARI} [Kg] = F^{Entrada}_{Agua} [Lt] \times \rho_{Agua} [Kg/Lt] + F_{Sólidos\ remanentes} [Kg]$$

Relaciones:

$$F_{Sólidos\ remanentes} [Kg] = [Grados\ Brix] / 100 \times F^{Entrada}_{Agua} [Lt] \times \rho_{Agua} [Kg/Lt]$$

Las relaciones se limitan entonces a la determinación del porcentaje de sólidos solubles expresada en grados Brix para cada uno de los equipos involucrados en el lavado convencional (Marmitas de Cocción, intercambiador de calor, tanque de enfriamiento)

ANEXO VII

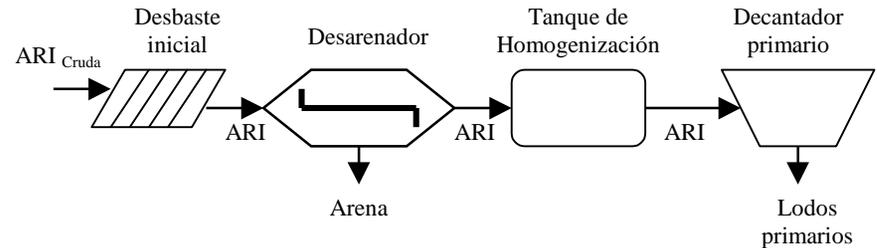
Memorias de cálculo del dimensionamiento de La planta de tratamiento de aguas residuales

Las memorias de cálculo contenidas en este anexo muestran el algoritmo de solución para el dimensionamiento del sistemas de tratamiento aerobio de lodos activados. El algoritmo reúne las consideraciones necesarias para el dimensionamiento de las unidades de tratamiento primario y secundario:

- Desbaste inicial (Reja de finos y gruesos)
- Desarenador de flujo horizontal
- Tanque de homogenización
- Decantador primario
- Reactor biológico
- Decantador secundario

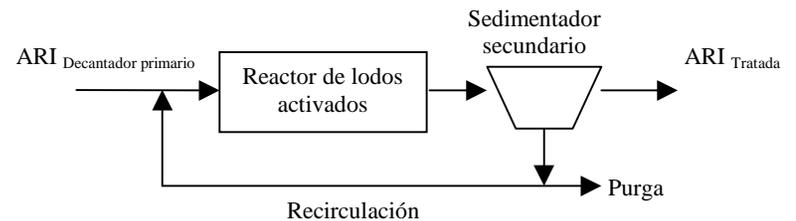
Los sistemas de tratamiento primario y secundario pueden ser ilustrados a partir de los siguientes diagramas de flujo.

TRATAMIENTO PRIMARIO (Sistemas aerobio y anaerobio)



TRATAMIENTO SECUNDARIO

- **Reactor de lodos activados**



El dimensionamiento de las unidades de tratamiento de aguas residuales tiene como punto de partida una caracterización representativa que reúna, propiedades fisicoquímicas de interés sanitario, así como caudales de generación de aguas residuales. Los caudales empleados para el dimensionamiento e ingeniería de detalle del sistema de tratamiento se reúnen en:

Caudal	Descripción	Determinación
Caudal medio diario:	Es el medio de los caudales medios de 24 horas, durante un año	Capacidad de la planta, costos de bombeo, lodos, etc
Caudal máximo diario:	Es el máximo de los caudales medios de 24 horas, durante un año	Tiempos de retención en tanques de igualación
Caudal mínimo diario:	Es el mínimo de los caudales medios de 24 horas, durante un año	Evitar puntos de sedimentación por bajo flujo
Caudal máximo horario:	Es el caudal máximo ocurrido en 24 horas, basado en datos de un año	Diseño de tuberías, bombas, tanques de sedimentación

Consideraciones:

- Los caudales medios se determinan mediante un muestreo de AR, los periodos de tiempo en la toma de datos varían dependiendo la jornada de producción.
- Para el caso en el que las descargas residuales son regulares o demasiado conocidas por la empresa, los caudales diarios pueden ser calculados a partir de bases de datos menores a un año.
- Cuando las descargas residuales no son efectuadas en periodos de 24 horas, los cálculos pueden considerar como punto de partida el caudal medio horario.

AVII-1) DIMENSIONAMIENTO DE LAS UNIDADES DESBASTE INICIAL (Reja de finos y gruesos)

Las unidades de desbaste inicial se sitúan dentro del canal que conduce el agua residual desde su captación hasta la planta de tratamiento. Se debe ubicar primero de la reja de gruesos, seguida de la reja de finos (Unidad que limita el diseño).

AVII-1.1 REJA DE FINOS

Conocidos los valores de Caudal medio [Q med]
 Caudal máximo [Q máx]

Criterios a especificar: (Los parámetros de diseño propuestos hacen referencia a sistemas de tratamiento de ARD)

a) Vel máxima a través de la reja a caudal máximo ($V_{m\acute{a}x}$)	$V_{m\acute{a}x} < 1.4$ m/ seg	d) Separación entre barrotes de la reja (sep)	1 - 2 cm
b) Vel media a través de la reja a caudal medio (V_{med})	$0.6 < V_{med} < 1$ m/ seg	e) Porcentaje de colmatación de la reja (% colm)	30 - 50 %
c) Espesor de barrotes dispuestos en la reja (esp)	0.6 - 1.5 cm	f) Relación entre ancho (w) y alto del canal (h)	$w \cong h$

El primer cálculo consiste en la determinación del Area libre de flujo para caudales medio y máximo mediante:

$$A_{Libre} \mid_{Q_{med}} = \frac{\text{Caudal medio [Q med]}}{\text{Velocidad a Q med [V med]}} \quad (\text{Ec A7.1}) \quad A_{Libre} \mid_{Q_{m\acute{a}x}} = \frac{\text{Caudal máximo [Q máx]}}{\text{Velocidad a Q máx [V máx]}} \quad (\text{Ec A7.2})$$

Se escoge el Area libre de flujo de menor tamaño (por economía) siempre y cuando la velocidad a través de la reja a Q medio (Ec 7.3) esté dentro de parámetros. Una vez seleccionada el Area libre de flujo, se debe efectuar una corrección por colmatación (Ec 7.4).

$$Vel_{\text{a través de la reja}} \mid_{Q_{med}} = \frac{\text{Caudal medio [Q med]}}{A_{Libre} \text{ seleccionada}} \quad (\text{Ec A 7.3}) \quad A_{Libre} \text{ colmatada} = \frac{A_{Libre} \text{ seleccionada}}{\left[1 - \frac{\% \text{ Colmatación}}{100} \right]} \quad (\text{Ec A7.4})$$

Con el valor real del Area libre de flujo (Reja colmatada), se prosigue a determinar las dimensiones del canal, de tal forma que contenga el Area libre colmatada junto con los criterios de espesor y espaciamento de los barrotes. Para una altura (h) supuesta, la longitud libre de flujo, el número de espacios libres y de barrotes, se calculan a partir de:

$$\text{Longitud}_{Libre \text{ de flujo}} = \frac{A_{Libre} \text{ real}}{h_{Supuesta}} \quad (\text{Ec A7.5}) \quad \text{De donde, el número de espacios libres y el número de barrotes se calculan mediante}$$

$$\text{Número de espacios libres} = \frac{\text{Longitud}_{Libre \text{ de flujo}}}{\text{Separación entre barrotes}} \quad (\text{Ec A7.6}) \quad \text{Número de barrotes} = \frac{\text{Longitud}_{Libre \text{ de flujo}}}{\text{Separación entre barrotes}} - 1 \quad (\text{Ec A7.7})$$

El valor del ancho de canal (w) reúne los espacios libres de flujo y la longitud ocupada por los barrotes:

$$\text{Ancho de canal} = \text{Longitud libre de flujo} + (\text{Número de barrotes}) \times \text{espesor de barrotes} \quad (\text{Ec A7.8})$$

Atendiendo a los criterios de diseño, el dimensionamiento culmina cuando el valor de ancho de canal (w) sea aproximadamente igual a la altura del nivel de agua residual supuesta (h) . Se debe considerar además el tamaño del borde libre.

AVII-1.2 REJA DE GRUESOS

Criterios a especificar: a) Separación entre barrotes en la reja (Sep) 4 - 8 cm
b) Espesor de barrotes dispuestos en la reja (esp) 0.5 - 1.6 cm

El ancho de canal (w) se encuentra fijado por la reja de finos, por lo cual, los cálculos para la reja de gruesos se limitan a la distribución de los barrotes en el canal:

$$\text{Ancho de canal} = (\text{Número de espacios libres}) \times \text{separación entre barrotes} + (\text{Número de espacios libres}) \times \text{espesor de barrotes} \quad (\text{Ec A7.9})$$

Despejando:

$$\text{Número de espacios libres} = \frac{\text{Ancho de canal} + \text{Espesor de barrotes}}{\text{Separación entre barrotes} + \text{Espesor de barrotes}} \quad (\text{Ec A7.10})$$

La distribución de espacios libres se efectúa de tal manera que se presente la mayor uniformidad posible hacia el centro del canal.

AVII-2) DIMENSIONAMIENTO DEL DESARENADOR DE FLUJO HORIZONTAL

Conocidos los valores de: Caudal medio [Q med], Caudal máximo [Q máx] y Caudal mínimo [Q mín]

Criterios a especificar:

- a) Velocidad de flujo horizontal (V_x) 0.3 m / seg b) Velocidad de sedimentación (V_y) 1.12 m / min c) Pérdidas de carga % aguas abajo

El primer cálculo consiste en determinar la longitud y profundidad del área perpendicular de flujo a caudal máximo, para lo cual, suponiendo un ancho de canal w

$Q_{m\acute{a}x} = A_{Flujo} \times Vel_{Flujo\ horizontal}$ Ec A7.11 Como el área de flujo $A_{Flujo} = w_{Canal} \times profundidad$, entonces $Profundidad = Q_{m\acute{a}x} / (w_{Canal} \times Vel_{Flujo\ horizontal})$

Para la profundidad calculada, se determina el tiempo teórico de retención y la longitud del desarenador:

$tiempo_{retenci\acute{o}n} = (profundidad / Velocidad\ de\ sedimentaci\acute{o}n)$. Ec A7.12

$Longitud_{Desarenador} = tiempo_{retenci\acute{o}n} \times Vel_{Flujo\ horizontal}$ Ec A7.13

AVII-3) DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE HOMOGENIZACIÓN

El punto de partida radica en una tabla de datos referente al comportamiento típico del caudal durante una jornada de producción, el dimensionamiento se efectúa mediante la interpretación gráfica de una serie de tablas comprendidas por:

Tabla AVII-1. Comportamiento de caudal en función del tiempo: Se realiza llevando a cabo la medición de caudal en el agua residual a tratar.

Tiempo [h]	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	t_9	...	t_n
Caudal [Lt/seg]	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	Q_6	Q_7	Q_8	Q_9	...	Q_n

Continuando con el algoritmo, se debe efectuar un análisis de volumen acumulado en función del tiempo (Tabla AVII 2).

Tabla AVII-2. Volumen acumulado durante vertimiento: Con base en los datos de la tabla AVII-1 se calcula el volumen acumulado en el tanque (Area bajo la curva Q vs t) mediante la solución numérica (método de los trapecios) de la integral de $\int Q dt$. La relación del volumen acumulado de agua residual en cada tiempo se puede agrupar en una tabla de las siguientes características:

Tiempo [h]	t_1	t_2	...	T_n
$V_{\text{Intervalo de tiempo [Lt]}}$	$V_1 = \frac{t_1 \times (Q_1 + Q_2)}{2}$	$V_2 = \frac{(t_2 - t_1) \times (Q_1 + Q_2)}{2}$...	$V_n = \frac{(t_n - t_{n-1}) \times (Q_{n-1} + Q_n)}{2}$
$V_{\text{Acumulado [Lt]}}$	V_1	$V_1 + V_2$...	$V_1 + V_2 + V_n$

El nivel del tanque en un tiempo t se calcula a partir del volumen acumulado (Tabla AVII-2) y de la cantidad de agua que ha salido.

Tabla AVII-3. Nivel de agua residual en el tanque: El nivel de agua residual en el tanque de homogenización obedece a un balance que considera como variables adicionales, el caudal promedio de salida para el cual se efectúa el diseño y el contenido mínimo de agua que debe permanecer en el tanque. El balance cumple con la siguiente ecuación:

$$(\text{Contenido de ARI})_{\text{Tanque}} = (\text{Volumen actual de ARI})_{\text{Tanque}} - (\text{Volumen de ARI que ha salido})_{\text{Tanque}} + (\text{Volumen de ARI que ha llegado})_{\text{Tanque}} \quad (\text{Ec A 7.14})$$

El contenido de ARI en el tanque es función del volumen actual (t=t) y del volumen afluente y efluente en un intervalo de tiempo (t = t+1). Si se tabulan las variables involucradas en la ecuación, se puede generar una base de datos del contenido de ARI en el tanque durante toda la jornada de producción.

Tiempo [h]	Volumen de ARI que ha salido	Volumen de ARI que ha llegado	Diferencia	Contenido actual en el tanque
t_1	$Q_{\text{prom}} \times t_1$	$V_{\text{Acumulado a } t_1}$	$(Q_{\text{prom}} \times t_1) - (V_{\text{Acum a } t_1})$	$V_{\text{mínimo}} - V_{\text{que ha salido}} + V_{\text{que ha llegado}}$
t_2	$Q_{\text{prom}} \times t_2$	$V_{\text{Acumulado a } t_2}$	$(Q_{\text{prom}} \times t_1) - (V_{\text{Acum a } t_2})$	$V_{\text{actual a } t_1} - V_{\text{que ha salido}} + V_{\text{que ha llegado}}$
.				
t_n	$Q_{\text{prom}} \times t_n$	$V_{\text{Acumulado a } t_n}$	$(Q_{\text{prom}} \times t_1) - (V_{\text{Acum a } t_n})$	$V_{\text{actual a } t_{n-1}} - V_{\text{que ha salido}} + V_{\text{que ha llegado}}$

Al graficar el tiempo vs el contenido en el tanque, se encuentra un máximo en la función (Volumen máximo). El volumen del tanque de homogenización es igual a la suma del volumen máximo de la función y del volumen mínimo que debe permanecer en el tanque.

AVII-4) DIMENSIONAMIENTO DEL DECANTADOR PRIMARIO

Conocidos los valores de Caudal medio [Q med]

Caudal máximo [Q máx]

Criterios a especificar: (Los parámetros de diseño propuestos hacen referencia a sistemas de tratamiento de ARD)

- | | | | |
|---|--|---|------------------------------|
| a) Velocidad crítica de sedimentación a Q med (Vsc a Q _{med}) | Vsc < 31.2 m ³ / m ² día | d) Carga sobre vertedero a Q máx (CV a Q _{máx}) | CV < 10 m ³ / m h |
| b) Velocidad crítica de sedimentación a Q máx (Vsc a Q _{máx}) | Vsc < 60 m ³ / m ² día | e) Tiempo de residencia hidráulico (θ _H) | 2 - 2.5 - 3 h |
| c) Carga sobre vertedero a Q medio (CV a Q _{med}) | CV < 10 m ³ / m h | f) % de remoción para θ _H empleado | 55 - 60 - 65 % |

El primer cálculo obedece a la determinación del Area transversal de flujo a caudales medio (Ec A7.15) y máximo (Ec A7.16)

$$A_{\text{Transversal}} \mid_{Q_{\text{med}}} = \frac{\text{Caudal medio [Q med]}}{\text{Velocidad crítica de sedimentación a Q medio [Vsc a Q med]}}$$

$$A_{\text{Transversal}} \mid_{Q_{\text{máx}}} = \frac{\text{Caudal máximo [Q máx]}}{\text{Velocidad crítica de sedimentación a Q máximo [V máx]}}$$

Se debe escoger el Area de mayor tamaño (por seguridad).

Una vez seleccionada el Area transversal se prosigue a especificar las dimensiones geométricas del decantador. Para un decantador circular se debe calcular: la longitud característica (diámetro) y la altura del nivel de agua (h); los cual deben cumplir con los criterios de carga sobre vertedero y tiempo de residencia respectivamente. Las ecuaciones y comprobaciones se describen según:

$$\text{Diámetro} = \left(\frac{4 \times \text{Area seleccionada}}{\pi} \right)^{1/2} \quad (\text{Ec A7.17})$$

El diámetro del decantador debe cumplir con el criterio de carga sobre vertedero

$$\text{CV} \mid_{Q_{\text{med}}} = \frac{\text{Caudal medio [Q med]}}{\text{Número de decantadores}} \times \frac{1}{\text{Diámetro} \times \pi}$$

$$\text{CV} \mid_{Q_{\text{máx}}} = \frac{\text{Caudal máximo [Q máx]}}{\text{Número de decantadores}} \times \frac{1}{\text{Diámetro} \times \pi}$$

$$\text{Altura (h)} = \frac{\theta_H \times \text{Caudal medio [Q med]}}{\text{Número de decantadores} \times \text{Area seleccionada}} \quad (\text{Ec A7.18})$$

La altura del decantador debe cumplir con el criterio de tiempo de residencia a caudal máximo $\theta_H \mid_{Q_{\text{máx}}} \geq 1 \text{ h}$

$$\theta_H \mid_{Q_{\text{máx}}} = \frac{\text{Area seleccionada} \times \text{Altura [h]}}{\text{Caudal máximo [Q máx]}}$$

AVII-4.1 Remoción de contaminantes: En la unidad de decantación primaria existe una remoción de contaminantes atribuida a la sedimentación de partículas sólidas suspendidas, las cuales forman parte de las variables de caracterización del efluente ($\text{DBO}_{\text{Total}}$, $\text{DQO}_{\text{Total}}$ y SS totales entre otros).

El porcentaje de remoción es función del tiempo de residencia hidráulico, de allí que las condiciones de salida se calculen a partir de la ecuación A7.18:

$$(\text{Variable de caracterización})_{\text{Total a la Salida}} = \left[(\text{Variable de caracterización})_{\text{Suspendida entrada}} \times \left(1 - \frac{\% \text{ de remoción} \mid_{a \theta_H}}{100} \right) \right] + (\text{Variable de caracterización})_{\text{Sólida le entrada}}$$

Donde la variable de caracterización puede ser: DBO, DQO, ST, N (Nitrógeno), P (Fósforo).

AVII-4.2 Producción de lodos: Es muy importante calcular la relación de sólidos producidos durante la decantación primaria, su estimación obedece al siguiente grupo de ecuaciones:

$$(\text{Sólidos suspendidos})_{\text{En la purga}} = [(\text{Sólidos suspendidos})_{\text{Entrada}} - (\text{Sólidos suspendidos})_{\text{Salida}}] \times \text{Caudal medio [Q med]} \quad (\text{Ec A7.19})$$

Para una concentración típica de lodos primarios (50 Kg SS / m³ en ARD), el caudal de lodos se calcula según

$$\text{Caudal de lodos } Q_{\text{Lodos}} \left[\text{m}^3 / \text{d} \right] = \frac{(\text{Sólidos suspendidos})_{\text{En la purga}} \left[\text{Kg SS} / \text{d} \right]}{\text{Concentración típica de lodos} \left[\text{Kg SS} / \text{m}^3 \right]} \quad (\text{Ec A7.20})$$

AVII-5) DIMENSIONAMIENTO DEL REACTOR BIOLÓGICO

Para el dimensionamiento del reactor biológico es necesario especificar un modelo cinético del comportamiento de las reacciones llevadas a cabo y de un algoritmo de cálculo que discrimine las operaciones de dimensionamiento y comprobación del sistema de reacción y decantación secundaria.

AVII-5.1) MODELO CINÉTICO DE MONOD

Gran parte de las ecuaciones del algoritmo de cálculo para el dimensionamiento del reactor biológico se basan en la cinética de reacción, razón por la cual es prudente escoger un modelo cinético que represente las relaciones de consumo de sustrato y comportamiento de microorganismos en el tratamiento considerado. Para el caso particular del presente algoritmo se han de tomar los parámetros cinéticos ofrecidos por el modelo de Monod [5,7,9,12], según el cual es necesario definir: La tasa de crecimiento máximo ($\mu_{\text{máx}}$), la relación de crecimiento de microorganismos en el reactor vs el consumo de sustrato (Y), La DBO atribuida a los microorganismos presentes en el reactor (K), y la razón de decaimiento (muerte) de microorganismos (Kd). Como parámetros adicionales se deben considerar las relaciones de consumo de oxígeno para el caso de tratamientos aerobios.

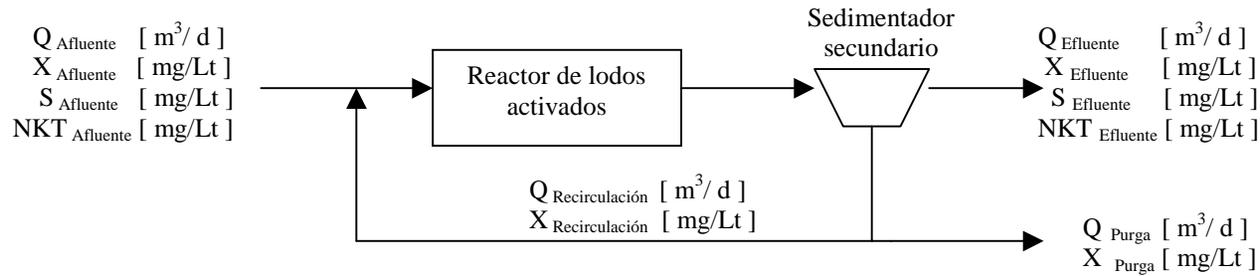
AVII-5.2) ALGORITMO DE CÁLCULO

El algoritmo de cálculo muestra la forma en la cual se especifican el volumen y remoción de contaminantes en el reactor biológico. Los cálculos a seguir están divididos en: Volumen del reactor, Balances de sustrato (DBO y NKT solubles), Comportamiento de microorganismos heterótrofos y autótrofos, Balance total de

microorganismos, Balance de lodos, Condiciones totales en el afluente y Cálculo de corrientes de purga y recirculación. Las consideraciones efectuadas en el presente Anexo muestran el algoritmo de solución para un tratamiento aerobio de lodos activados

AVII-5.2.1) REACTOR DE LODOS ACTIVADOS CON AIREACIÓN EXTENDIDA

El sistema de reacción de lodos activados cumple con el diagrama de flujo mostrado en la figura



El orden de cálculos y los criterios de diseño de la unidad de reacción se proponen a continuación:

Valores medios de parámetros de lodos activados (Los parámetros de diseño propuestos hacen referencia a sistemas de tratamiento de ARD)

	Tiempo residencia celular θ_C [días]	Carga orgánica másica C_m [Kg DBO ₅ / Kg SSV día]	Carga orgánica volumétrica COV [Kg DBO ₅ / m ³ día]	Concentración de microorganismos X_T [Kg SST / m ³]	Tiempo de residencia hidráulico θ_H [horas]	Recirculación R
Aireación extendida	20 - 30	0.05 - 0.15	0.1-0.4	3 - 6	18 - 36	0.75 - 1.50
Alta carga	5 - 10	0.4-1.5	1.6	4 - 10	0.5 - 2	1.0 - 5.0

Valores medios de parámetros cinéticos para tratamientos aerobios

Microorganismos heterótrofos				Microorganismos autótrofos			
$\mu_{Máx S}$ [días ⁻¹]	Y_S [g cél / g DBO]	K_S [mg DBO/ Lt]	Kd_S [días ⁻¹]	$\mu_{Máx N}$ [días ⁻¹]	Y_N [g cél/g N-NH ₄ ⁺]	K_N [mg N-NH ₄ ⁺ /Lt]	Kd_N [días ⁻¹]
$4 \times 1.02^{T-20} \times \frac{OD}{0.2+OD}$	0.5 - 0.6	$60 \times 0.98^{T-20}$	$0.062 \times (\theta_C + 1)^{0.15} \times 1.04^{T-2}$	$0.507 \times 1.103^{T-20} \times \frac{OD}{1.3+OD}$	0.2	$2 \times 10^{(0.051T-1.158)}$	0.05

a) Cálculo del volumen del reactor: El volumen de los reactores aerobios de lodos activados se calcula bajo el criterio de la carga másica (Cm) admisible dentro del reactor, la cual relaciona la DBO de entrada al reactor con la cantidad de sólidos suspendidos dentro del reactor mediante:

$$C_m = \frac{Q_{Afluente} \times DBO_{Afluente}}{V \times X_T} \left[\frac{Kg DBO}{Kg SST} \right] \quad (Ec A7.21) \quad \text{De donde el volumen es} \quad V = \frac{Q_{Afluente} \times DBO_{Afluente}}{C_m \times X_T} \left[m^3 \right] \quad (Ec A7.22)$$

Para resolver el volumen se deben especificar los criterios de carga másica (Cm) y concentración de microorganismos en el reactor (X_T), teniendo en cuenta que las condiciones de entrada se determinan a partir del decantador primario. La remoción de sustancias contaminantes es función de los balances de sustrato, balances de microorganismos, parámetros cinéticos y condiciones de entrada.

b) Balances de sustrato y comportamiento de microorganismos en el reactor de lodos activados: A partir del diagrama de flujo y de la ecuación general de balance es posible efectuar el balance de materia para el consumo de sustrato y comportamiento de los microorganismos autótrofos y heterótrofos.

$$\begin{array}{ccccccccc} \text{Entrada al volumen} & - & \text{Salida del volumen} & + & \text{Generación en el volumen} & \pm & \text{Transferencia de los} & = & \text{Acumulación en el volumen} \\ \text{de reacción} & & \text{de reacción} & & \text{de reacción} & & \text{alrededores} & & \text{de reacción} \end{array}$$

- Consideraciones:** a) La transferencia es igual a cero puesto que no existen fenómenos difusionales de transferencia de masa a los alrededores.
 b) El balance se efectúa para estado estable, por lo que el diferencial de acumulación en el volumen de reacción es igual a cero.

b.1) Balances de sustrato y comportamiento de microorganismos heterótrofos: De acuerdo al modelo cinético propuesto, la descripción matemática de la degradación biológica de la materia orgánica obedece a una determinación de la forma en la cual es consumido el sustrato por los microorganismos heterótrofos presentes en el reactor. Para el caso del reactor de lodos activados con aireación extendida el sustrato está compuesto por la materia orgánica soluble que puede ser oxidada biológicamente (DBO soluble) y los microorganismos obedecen a una población de características aerobias. Para objetos de cálculo las condiciones de entrada y salida del sustrato han de considerarse como S_o y S respectivamente, mientras que para las condiciones de entrada y salida de microorganismos como X_o y X_i respectivamente, donde el subíndice i varía según la salida considerada (Efluente final o corriente de purga). Los balances para el reactor de lodos activados con recirculación mostrado en la figura obedecen a:

b.1.1) Balance de sustrato para microorganismos heterótrofos (DBO soluble):

Sustrato a la entrada [Kg / d] - sustrato a la salida [Kg / d] + sustrato consumido [Kg / d] = 0 (Ec A7.23)

$$Q_{med} \times S_o - Q_{med} \times S + \gamma_s \times V = 0$$

Al reorganizar la ecuación de balance, la velocidad de reacción es igual a:

$$\gamma_s = \frac{Q_{med} (S_o - S)}{V} \quad \text{teniendo en cuenta que} \quad \frac{V}{Q_{med}} = \theta_H \quad \text{La velocidad de reacción se convierte en} \quad \gamma_s = \frac{(S_o - S)}{\theta_H}$$

Al reemplazar la velocidad de reacción γ_s por la función que describe su comportamiento cinético (Según Monod), se obtiene la siguiente ecuación:

$$\gamma_s = \frac{Q_{med} (S_o - S)}{V} = \frac{(S_o - S)}{\theta_H} = \frac{\mu_{m\acute{a}x} X_s S}{Y_s (K_s + S)} \quad \text{(Ec A7.24)}$$

De donde se puede despejar el valor del sustrato a la salida mediante una ecuación de segundo orden en S

$$(S_o - S) \times (K_s + S) = \frac{\mu_{m\acute{a}x} X_s S}{Y_s} \theta_H \quad \text{So } K_s - S K_s + S_o S - S^2 = \frac{\mu_{m\acute{a}x} X_s S}{Y_s} \theta_H \quad \text{finalmente} \quad S^2 + \left[K_s - S_o + \frac{\mu_{m\acute{a}x} X_s \theta_H}{Y_s} \right] S - S_o K_s \quad \text{(Ec A7.25)}$$

La ecuación A 7.25 tiene como incógnitas la DBO soluble a la salida (S) y la cantidad de microorganismos en el reactor (Xs), por lo cual se necesita de una ecuación adicional para solucionar un sistema de ecuaciones de 2x2. La ecuación adicional es lograda a partir del balance de microorganismos.

b.1.2) Balance de Microorganismos heterótrofos

Microorganismos a la entrada [Kg / d] - Microorganismos a la salida [Kg / d] + Relación de crecimiento de microorganismos [Kg / d] = 0

$$Q_{med} \times X_o - [(Q_{med} - Q_{Purga}) X_{Efluente} + Q_{Purga} X_{Purga}] + [\gamma_X - \gamma_d] V = 0$$

- Consideraciones:** a) Tanto el afluente como el efluente (Luego del decantador secundario) de la planta de tratamiento no presentan microorganismos aerobios.
 b) Los microorganismos en la purga ($Q_{Purga} X_{Purga}$) equivalen a los generados en exceso dentro del reactor y han de considerarse como $Q\Delta X$.

Al despejar la ecuación de balance se obtiene la siguiente expresión $Q_{Purga} X_{Purga} = Q\Delta X = \gamma_X V + \gamma_d V$ (Ec A7.26) , donde las velocidades de reacción pueden ser reemplazadas siguiendo las consideraciones del modelo cinético de Monod, en el cual:

Ecuación de rendimiento $Y = -\frac{\gamma_X}{\gamma_S}$ o $\gamma_X = -Y \gamma_S$ Relación de muerte de microorganismos $\gamma_d = K_d X$

Reorganizando la ecuación A7.26, el balance de microorganismos se convierte en

$$Q\Delta X = [-\gamma_S Y V - K_d X V] \quad \text{reemplazando por los parámetros cinéticos de } \gamma_S \quad Q\Delta X = \left[\frac{Y_s Q_{med} (S_o - S)}{V} V - K_d X V \right] \quad \text{(Ec A7.27)}$$

Al dividir por VX a ambos lados de la ecuación A7.27, se genera una nueva variable de diseño que relaciona la cantidad de microorganismos en el reactor (VX) con la cantidad de microorganismos purgados ($Q\Delta X$) conocida como tiempo de residencia celular (θ_C).

$$\frac{Q\Delta X}{VX} = \left[\frac{Y_s Q_{med} (S_o - S)}{VX} - K_d \frac{XV}{VX} \right] = \frac{1}{\theta_C} \quad \text{Al reorganizar la ecuación se tiene que} \quad \frac{Q_{med} (S_o - S)}{VX} = \frac{\frac{1}{\theta_C} + K_d}{Y_s} \quad (\text{Ec A7.28})$$

Recordando que $\gamma_s = \frac{Q_{med} (S_o - S)}{V} = \frac{(S_o - S)}{\theta_H} = \frac{\mu_{m\acute{a}x} X_s S}{Y_s (K_s + S)}$ entonces la ecuación A7.28 es igual a $\frac{Q_{med} (S_o - S)}{VX} = \frac{\frac{1}{\theta_C} + K_d}{Y_s} = \frac{\mu_{m\acute{a}x} X_s S}{Y_s (K_s + S)}$

Al despejar el valor de X_s se logra una ecuación en la cual se presentan como incógnitas las variables S y K_s . Una vez completado el sistema de ecuaciones, el valor de X_s se resuelve mediante una iteración numérica, sabiendo que el valor de S está representado por la raíz positiva de la ecuación del balance de sustrato.

$$X_s = \frac{Q_{med} (S_o - S) Y_s \theta_C}{V (1 + K_d \theta_C)}$$

Balance de microorganismos

$$S^2 + \left[K_s - S_o + \frac{\mu_{m\acute{a}x} X_s \theta_H}{Y_s} \right] S - S_o K_s = 0$$

Balance de sustrato

b.2) Balances de sustrato y comportamiento de microorganismos autótrofos: En el dimensionamiento del reactor se debe tener en cuenta el crecimiento de otra especie de microorganismos (Autótrofos), capaz de resistir altas cargas y responsable de la degradación biológica del nitrógeno orgánico presente en el agua residual. Es de suma importancia mantener un control sobre el crecimiento de este tipo de microorganismos ya que pueden interferir en las actividades de degradación de los microorganismos autótrofos. Los balances se realizan similarmente a los heterótrofos:

b.2.1) Balance de Microorganismos autótrofos.

Análogo al desarrollo de los microorganismos heterótrofos, los microorganismos autótrofos siguen un balance de materia determinado por la siguiente ecuación:

$$Q \ddot{A} X_N = Y_N [Q (NKT_0 - NKT) - 0.12 Q\Delta X] - K_{d_N} V X_N \quad [\text{Kg / dia}] \quad (\text{Ec A7.29})$$

En el cual el subíndice N corresponde a la naturaleza autótrofa, el NKT corresponde al Nitrógeno Kjeldah total (parámetro de referencia del consumo de sustrato), y el sumando $0.12 Q\Delta X$ representa la fracción de componentes nitrogenados en la estructura celular de los microorganismos.

Sabiendo que el tiempo de residencia celular representa la relación entre la cantidad de microorganismos en el reactor VX y la cantidad de microorganismos en la purga $Q\Delta X$:

$$\theta_C = \frac{V X_N}{Q \Delta X_N} = \frac{V X_S}{Q \Delta X_S} = \frac{V X}{Q \Delta X} \quad \text{Ec A7.30} \quad \text{al despejar } Q\Delta X_N \text{ se tiene} \quad Q \Delta X_N = \frac{V X_N}{\theta_C}$$

Teniendo en cuenta que la purga total la constituyen $Q\Delta X = Q\Delta X_S + Q\Delta X_N$ la ecuación A7.30 se puede reescribir como $Q\Delta X = \frac{V}{\theta_C} (X_S + X_N)$

Al reemplazar las expresiones de $Q\Delta X$ y $Q\Delta X_N$ en la ecuación A 7.29 se llega a la siguiente expresión:

$$\frac{V X_N}{\theta_C} = Y_N \left[Q (NKT_0 - NKT) - 0.12 \left(\frac{V}{\theta_C} (X_S + X_N) \right) \right] - K_{dN} V X_N$$

La ecuación anterior es función de la cantidad de microorganismos autótrofos (X_N) y del sustrato (NKT). La cantidad de microorganismos heterótrofos (X_S) toma el valor de convergencia de la solución del balance de heterótrofos, los demás parámetros cinéticos y de volumen del reactor ya se encuentran especificados por las ecuaciones anteriores.

b.2.2) Balance de sustrato para microorganismos autótrofos (NKT soluble)

Del balance de sustrato para el nitrógeno soluble en el reactor se llega a la ecuación:

$$\gamma_{NKT} = \frac{(NKT_0 - NKT)}{\theta_H} = \frac{\hat{z}_{máxN} X_N NKT}{Y_N (K_N + NKT)} + 0.12 \frac{Q\Delta X}{Q}$$

Al resolver la ecuación anterior para NKT se obtiene una expresión de segundo orden representada por:

$$NKT^2 + \left(K_N - NKT_0 + \frac{\theta_H \mu_{máx} X_N}{Y_N} + 0.12 \frac{Q\Delta X}{Q} \right) + K_N \left(-NKT_0 + 0.12 \frac{Q\Delta X}{Q} \right) = 0$$

En la cual, el valor de $Q\Delta X$ puede ser reemplazado por $(V / \theta_C) \times (X_S + X_N)$. Los coeficientes y el término independiente de este polinomio de segundo orden se pueden agrupar según:

$$a' = 1 \quad b' = K_N - NKT_0 + \frac{\hat{e}_H \hat{i}_{\text{máxN}} X_N}{Y_N} + 0.12 \frac{V}{Q \theta_C} (X_S + X_N) \quad c' = K_N \left(-NKT_0 + 0.12 \frac{V}{Q \theta_C} (X_S + X_N) \right)$$

Con solución para NKT mediante:

$$NKT = \frac{-b' \pm \sqrt{b'^2 - 4a'c'}}{2a'}$$

Al reemplazar el valor de NKT en la ecuación del balance de microorganismos autótrofos, se obtiene una expresión no lineal cuya única incógnita corresponde a la cantidad de microorganismos autótrofos dentro del reactor X_N . La resolución de esta nueva expresión se debe realizar de manera iterativa hasta un valor de convergencia. Una vez hallado el valor de convergencia de X_N , es posible determinar el valor de NKT y de $Q\Delta X_N$ al despejar sus valores de las ecuaciones respectivas.

c) Balance total de microorganismos y lodos: Los lodos del reactor están compuestos por microorganismos autótrofos y heterótrofos (X_N y X_S), sólidos suspendidos no volátiles (SSNV Z_i) y sólidos suspendidos volátiles no biodegradables (SSVNB Z_n). Por lo tanto, el balance total global para la purga de lodos del reactor, obedece a:

$$Q\Delta X_T = (Q\Delta X_S + Q\Delta X_N) + QZ_i + QZ_n \quad \text{O lo que es lo mismo} \quad Q\Delta X_T = \frac{V}{\theta_C} (X_S + X_N) + QZ_i + QZ_n$$

microorg + SSNV + SSVNB

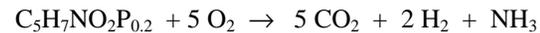
Las concentraciones iniciales de sólidos suspendidos no volátiles (SSNV), y volátiles no biodegradables (SSVNB) permanecen constantes a través del reactor.

d) Condiciones totales en el efluente: Las concentraciones totales de agentes contaminantes en la salida del reactor deben reunir las características solubles y suspendidas. los cálculos de remoción de contaminantes efectuados en la unidad de reacción solo describen las concentraciones solubles, por lo cual es necesario calcular los términos suspendidos para entregar un valor total que pueda ser comparado con la meta de vertimiento. Las determinación de las características suspendidas, se efectúan a partir de un análisis basado en:

d.1) DBO total en el efluente: La DBO total en el efluente debe ser calculada a partir de:

$$DBO_5 \text{ salida} = SDBO_5 \text{ (soluble)} + DBO_{5\text{SUS}} \text{ (Suspendida)}$$

Assumiendo que los sólidos suspendidos en el efluente del decantador secundario son básicamente microorganismos (Dentro de parámetros de vertimiento), la DBO suspendida se puede hallar a partir de la relación de oxígeno necesaria para la degradación de estos microorganismos. Esta descomposición está dada por:



En la que $C_5H_7NO_2P_{0.2}$ representa la fórmula típica de los microorganismos con $PM = 113 \text{ g / gmol}$.

Acorde con la estequiometría de la reacción, la relación entre el oxígeno y los microorganismos es de 5 a 1 en mol, la cual expresada en pesos moleculares:

$$\frac{5 \text{ moles de } O_2}{1 \text{ mol de microorg}} = \frac{160 \text{ mg de } O_2}{113 \text{ mg microorg}} = 1.42 \frac{\text{mg de } O_2}{\text{mg microorg}}$$

La relación anterior obedece a un consumo total de oxígeno ($DBO_{\text{última}}$). Teniendo en cuenta la relación teórica $DBO_5 / DBO_{\text{última}} = 0.68$, la $DBO_{5 \text{ microorg}}$ es igual a $DBO_{5 \text{ microorg}} = 1.42 \times 0.68 \text{ mg } O_2 / \text{mg microorg}$.

Recordando que la fracción de sólidos suspendidos, correspondiente a microorganismos, viene dada por

$$\text{Fracción microorganismos} = \frac{Q\Delta X}{Q\Delta X_T} = \frac{Q\Delta X}{Q\Delta X_S + Q\Delta X_N + QZ_{iSSNV} + QZ_{N\text{SSVNB}}}$$

Por lo cual la DBO_5 suspendida en la salida es de:

$$DBO_5 \text{ suspendida} = (\text{Concentración de sólidos suspendidos})_{\text{Salida}} \times \frac{Q\Delta X}{Q\Delta X_T} \times DBO_{5 \text{ microorg}}$$

Al reemplazar en la $DBO_{5 \text{ susp}}$ ecuación de condiciones totales se encuentra el valor real a comparar con la meta de vertimiento.

d.2) NKT total en el efluente: El cálculo del NKT total en el efluente se logra a partir de:

$$\text{NKT salida} = \text{SNKT (soluble)} + \text{NKT (Suspendida)}$$

El NKT soluble es calculado a partir de las ecuaciones del reactor, mientras que el NKT suspendido se calcula según la relación de Nitrógeno en los microorganismos descargados (aproximadamente 12 %):

$$\text{NKT suspendido} = 0.12 \times \text{Conc de sólidos suspendidos} \times \frac{Q\Delta X}{Q\Delta X_T}$$

d.3) DQO total en el efluente: la Demanda Química de Oxígeno total en el efluente, la cual se calcula mediante:

$$\text{DQO salida} = \text{SDQO (soluble)} + \text{DQO (Suspendida)}$$

Asumiendo que la $\text{DQO}_{\text{microorg}} \approx \text{DBO}_{\text{última}}$, y recordando que $(\text{DBO}_5 / \text{DBO}_{\text{última}}) = 0.68$, la DQO removida y la DQO soluble se pueden representar según:

$$\text{DQO removida} = \frac{(\text{DBO}_5 \text{ entrada} - \text{DBO}_5 \text{ salida})}{0.68} \quad \text{DQO}_{\text{Soluble}} \text{ salida} = \text{SDQO entrada} - \text{DQO removida}$$

Mientras que la DQO suspendida

$$\text{DQO}_{\text{Suspendida}} = 1.42 \times (\text{Concentración de sólidos suspendidos})_{\text{Salida}} \times \frac{Q\Delta X}{Q\Delta X_T}$$

Por lo que al reemplazar en la ecuación de DQO total de salida se obtiene dicho valor.

e) Cálculo de corrientes de purga y recirculación: El caudal de lodos a purgar está representado por Q_{Purga} , y puede ser expresado en función de la cantidad total de lodos a purgar ($Q\Delta X_T$) mediante:

$$Q_{\text{Purga}} X_{\text{TR}} = Q\Delta X_T \quad \text{Reemplazando, el caudal de purga se calcula} \quad Q_{\text{Purga}} = \frac{Q\Delta X_T}{X_{\text{TR}}}$$

donde $X_{\text{TR}} = \text{SST}$ en la purga mg / Lt, con valor típico dependiendo del residuo tratado

Una determinación adicional corresponde al criterio de estabilización, en el cual se ha determinado experimentalmente que para relaciones $(\text{SSV} / \text{SST}) < 0.6$ los lodos no necesitan estabilizarse. La relación de estabilidad de lodos, puede calcularse además en función de $Q\Delta X_T$ y $Q\Delta X_V$ según los cuales:

$$Q\Delta X_V = Q\Delta X_T - Q Z_i = Q\Delta X - Q Z_N \quad \text{y el criterio de estabilidad parte de} \quad (Q\Delta X - Q Z_N) / Q\Delta X_T < 0.6$$

El cálculo de la corriente de recirculación se efectúa mediante un balance de sólidos suspendidos totales en el reactor en el cual $X_{\text{TR}} = \text{Sólidos suspendidos totales}$ en la purga (mg / Lt) y R = relación de refluo.

$$\begin{aligned} \text{El balance de materia para los microorganismos en estado estable} \quad & \text{Entrada} \quad - \quad \text{Salida} \quad + \quad \text{Generación} = 0 \\ & R Q X_{\text{TR}} \quad - \quad Q (1 + R) X_T + \quad Q\Delta X_T = 0 \end{aligned}$$

$$\text{Dividiendo la ecuación entre } V X_T \quad \frac{R Q X_{\text{TR}}}{V X_T} - \frac{Q (1 + R) X_T}{V X_T} + \frac{Q\Delta X_T}{X_T} = 0 \quad \text{la cual en función de tiempos de residencia} \quad R \frac{1}{\theta_H} \frac{X_{\text{TR}}}{X_T} - \frac{(1 + R)}{\theta_H} + \frac{1}{\theta_C} = 0$$

De donde finalmente, la relación de recirculación es de:

$$R \approx \left(1 - \frac{\theta_H}{\theta_C} \right) \times \left(\frac{X_T}{X_{\text{TR}} - X_T} \right)$$

AVII-5.2.3) CÁLCULOS ADICIONALES

Dentro de los cálculos adicionales es indispensable considerar los factores de consumo de oxígeno (costos de servicio). La consideración anterior varía según el tipo de tratamiento propuesto, por lo cual:

AVII-5.2.3.1 Consumo de oxígeno para el tratamiento de lodos activados (Aerobio): El consumo de oxígeno en reactores aerobios obedece a una ecuación que involucra las necesidades del gas para los microorganismos aerobios y anaerobios junto con dos parámetros cinéticos adicionales. Las cantidades consumidas hacen referencia al oxígeno empleado en la oxidación de la materia orgánica y al término de respiración endógena de los microorganismos. El oxígeno teórico ha de calcularse según:

$$M_{O_2} = M_{O_2} \text{ Heterótrofos} + M_{O_2} \text{ Autótrofos} = Q(S_0 - S) a' + V b' X_s + 4.57 [Q(NKT_0 - NKT) - 0.12 Q\Delta X] \quad [Kg / dia]$$

Donde los parámetros cinéticos corresponden a : $a' = \frac{1}{0.68} - 1.42 \times Y$ $b' = 1.42 \times K_d$

AVII-6) DIMENSIONAMIENTO DEL DECANTADOR SECUNDARIO

Conocidos los valores de Caudal medio [Q med]
Caudal máximo [Q máx]

Criterios a especificar: (Los parámetros de diseño propuestos hacen referencia a sistemas de tratamiento de ARD)

a) Velocidad crítica de sedimentación a Q med (V _{sc} a Q _{med})	V _{sc} < 1.5 m ³ / m ² día	e) Carga sobre vertedero a Q med (CV a Q _{med})	CV < 12 m ³ / m h
b) Velocidad crítica de sedimentación a Q máx (V _{sc} a Q _{máx})	V _{sc} < 0.8 m ³ / m ² día	f) Carga sobre vertedero a Q máx (CV a Q _{máx})	CV < 20 m ³ / m h
c) Carga superficial a Q medio (CS a Q _{med})	CS < 1.5 Kg / m ² hora	g) Tiempo de residencia hidráulico a Qmed (θ _H)	θ _H > 3 h
d) Carga superficial a Q máximo (CS a Q _{máx})	CS < 2.5 Kg / m ² hora	h) Altura del decantador h	h > 3 m

El primer cálculo obedece a la determinación del Area transversal de flujo a partir de cargas hidráulicas (V_{sc}) y cargas superficiales (CS):

$$A_{\text{Transversal}} \mid_{Q_{\text{med}}} = \frac{\text{Caudal medio [Q med]}}{\text{Velocidad crítica de sedimentación a Q medio [Vsc a Q med]}}$$

$$A_{\text{Transversal}} \mid_{Q_{\text{máx}}} = \frac{\text{Caudal máximo [Q máx]}}{\text{Velocidad crítica de sedimentación a Q máximo [V máx]}}$$

$$A_{\text{Transversal}} \mid_{Q_{\text{med}}} = \frac{\text{Caudal medio [Q med]} \times \text{Sólidos suspendidos en el efluente}}{\text{Carga superficial [Vsc a Q med]}}$$

$$A_{\text{Transversal}} \mid_{Q_{\text{máx}}} = \frac{\text{Caudal máximo [Q máx]} \times \text{Sólidos suspendidos en el efluente}}{\text{Carga superficial [Vsc a Q med]}}$$

De las cuatro áreas calculadas se debe escoger el Area de mayor tamaño (por seguridad).

Una vez seleccionada el Area transversal se prosigue a especificar las dimensiones geométricas del decantador. Para un decantador circular se debe calcular: la longitud característica (diámetro) y la altura del nivel de agua (h); los cual deben cumplir con los criterios de carga sobre vertedero y tiempo de residencia respectivamente. Las ecuaciones y comprobaciones se describen según:

$$\text{Diámetro} = \left(\frac{4 \times \text{Area seleccionada}}{\text{Número de decantadores} \pi} \right)^{1/2}$$

$$\text{Volumen (h)} = \frac{\text{Area seleccionada}}{\text{Número de decantadores}} \times \text{Altura}$$

El diámetro del decantador debe cumplir con el criterio de carga sobre vertedero

La altura seleccionada debe cumplir con el criterio de tiempo de residencia a caudal máximo

$$CV \mid_{Q_{\text{med}}} = \frac{\text{Caudal medio [Q med]}}{\text{Número de decantadores}} \times \frac{1}{\text{Diámetro} \times \pi}$$

$$\theta_H \mid_{Q_{\text{med}}} = \frac{\text{Volumen} \times \text{Número de dacantadores}}{\text{Caudal medio [Q med]}}$$

$$CV \mid_{Q_{\text{máx}}} = \frac{\text{Caudal máximo [Q máx]}}{\text{Número de decantadores}} \times \frac{1}{\text{Diámetro} \times \pi}$$

$$\theta_H \mid_{Q_{\text{máx}}} = \frac{\text{Volumen} \times \text{Número de dacantadores}}{\text{Caudal máximo [Q máx]}}$$

Los cálculos del decantador secundario se limitan al dimensionamiento de la unidad, puesto que las condiciones de salida del mismo son resueltas de manera acoplada al sistema de reacción.