



**Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial**

**APROVECHAMIENTO DEL RECICLADO DE AGUA EN UNA
INDUSTRIA DE ALIMENTOS, PARA UNA PRODUCCIÓN MÁS
LIMPIA**

Alex Rodemiro Cifuentes Villatoro

Asesorado por el Ing. Sergio Fernando Pérez Rivera

Guatemala, noviembre de 2006

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA**



**APROVECHAMIENTO DEL RECICLADO DE AGUA EN UNA INDUSTRIA DE
ALIMENTOS, PARA UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA
POR

ALEX RODEMIRO CIFUENTES VILLATORO

ASESORADO POR EL ING. SERGIO FERNANDO PÉREZ RIVERA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2006

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA**



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I:	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II:	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III:	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV:	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V:	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paíz Recinos
EXAMINADORA:	Inga. Martha Guisela Gaitán Garavito
EXAMINADORA:	Inga. Rossana Margarita Castillo Rodríguez
EXAMINADOR:	Ing. Edwin Antonio Echeverría Marroquín
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

APROVECHAMIENTO DEL RECICLADO DE AGUA EN UNA INDUSTRIA DE ALIMENTOS, PARA UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, el mes de julio de 2006.

Alex Rodemiro Cifuentes Villatoro

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS TODOPODEROSO

Fuente de mi inspiración al darme conocimiento y sabiduría a lo largo de mi carrera estando siempre a mi lado, a ti sea la honra y la gloria siempre bendito padre celestial.

MIS PADRES

Dagoberto René Cifuentes Rosales y Matilde Sarai Villatoro Maldonado, por el sacrificio y ayuda espiritual, siendo ellos los dos pilares en esta tierra que me motivaron a culminar esta carrera, gracias por creer en mí y educarme en el camino correcto.

MIS HERMANOS

Willy René, Sergio Arturo y Hans Estuardo gracias por apoyarme y darme su cariño siempre.

MIS ABUELOS

Florencio Villatoro Barrios
Matilde Maldonado Rodas, Dios la bendiga abuela por toda su ayuda siempre.
Efraín Cifuentes, gracias por sus consejos
Amparo Rosales, por su cariño.

MIS TÍOS

En especial a mi tía Margoth, Ester y Yolanda.

MIS PRIMOS

En especial a Elida y Blanquita, la bendición de Dios siempre en sus vidas.

MIS AMIGOS

Delsi, Leonel, Ángel, Gustavo, Víctor, Yovani, Diego Mateo, Noel Pacheco, Raúl, Moisés Maria Renee, Annette, Amada de Pérez, Dalila Pacheco, Duma, Yanis, Carmencita, gracias por su ayuda, Dios siempre los bendiga.

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Lugar en el cual forje mis estudios y obtuve conocimientos científicos y prácticos, para desempeñarme como un profesional de éxito.

AGRADECIMIENTOS A:

La empresa fábrica de productos alimenticios Rene, por haberme abierto las puertas para poder realizar este trabajo de graduación y en especial a los supervisores de mantenimiento, Dios los bendiga.

El Ingeniero Sergio Fernando Pérez Rivera, por su ayuda y tiempo de manera generosa en asesorarme dicho trabajo, motivándome siempre para la culminación del mismo. Dios lo bendiga.

La Ingeniera Rossana Castillo, por su valiosa colaboración y apoyo profesional en dicho trabajo de graduación, Dios la bendiga.

El Ingeniero y amigo Mario Pérez, por apoyarme para la realización de dicho trabajo, y colaborar a lo largo de este proyecto, Dios lo bendiga.

El Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia, por su valiosa colaboración.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. GENERALIDADES Y PRINCIPIOS DE LA PROPUESTA IMPLEMENTADA	
1.1 Producción más limpia.....	1
1.1.1 Principios.....	2
1.1.2 Orientación.....	3
1.1.3 Beneficios.....	4
1.1.3.1 Financieros.....	4
1.1.3.2 Operacionales.....	4
1.1.3.3 Comerciales.....	4
1.2 Estrategias de producción más limpia.....	5
1.2.1 Ambientales pasivas.....	6
1.2.2 Ambientales reactivas.....	6
1.2.3 Ambientales proactivas.....	6
1.3 El agua y su uso industrial.....	7
1.3.1 Aguas residuales industriales.....	9
1.3.1.1 Origen.....	9
1.3.2 Valor económico.....	11
1.3.3 La huella ecológica.....	13
1.4 Medio ambiente.....	14
1.4.1 Jerarquía del manejo ambiental.....	15

1.4.2	Principales problemas.....	16
1.4.2.1	Problema moral.....	16
1.4.2.1.1	Nivel de los sistemas administrativos.....	17
1.4.2.1.2	Nivel de la sociedad civil.....	18
1.4.2.1.3	Nivel de la actividad individual.....	18
1.4.2.2	Contaminación.....	18
1.4.2.2.1	Consecuencias.....	20
1.4.3	Recursos renovables.....	20
1.4.3.1	Sobreexplotación.....	21
1.4.4	Recursos no renovables.....	21
1.4.5	Reciclado de agua.....	22

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1	Descripción de la empresa.....	23
2.1.1	Ubicación.....	26
2.1.2	Misión.....	26
2.1.3	Visión.....	26
2.1.4	Productos.....	26
2.1.5	Materias primas principales.....	28
2.1.6	Jornadas de trabajo.....	29
2.2	Proceso de producción.....	29
2.2.1	Línea de papa.....	32
2.2.1.1	Materia prima.....	32
2.2.1.2	Diagrama de flujo del proceso.....	32
2.2.1.3	Uso del agua en proceso de producción.....	35
2.2.1.3.1	Ciclo del uso del agua en el proceso.....	35
2.2.2	Línea de tortilla.....	36
2.2.2.1	División de líneas de tortilla.....	36
2.2.2.1.1	Línea TC 1500.....	37

2.2.2.1.2	Línea TC 2000.....	37
2.2.2.1.3	Línea CC 1000.....	38
2.2.2.1.4	Línea CC 2000.....	38
2.2.2.1.5	Uso del agua en líneas de tortilla.....	38
2.3	Uso y manejo del agua.....	38
2.3.1	Fuentes de abastecimiento.....	39
2.3.2	Consumos de agua.....	39
2.3.2.1	Fuentes principales.....	40
2.3.2.2	Fuentes secundarias.....	40
2.4	Planta de Tratamiento.....	41
2.4.1	Capacidad de operación.....	43
2.4.2	Químicos para tratamiento.....	44
2.4.2.1	Costo de químicos.....	45
2.4.3	Disposición del agua post-tratamiento.....	45

3. MONITOREO DEL CONSUMO DE AGUA

3.1	Análisis de consumo.....	47
3.1.1	Áreas de consumos.....	47
3.1.1.1	Descripción.....	47
3.1.2	Áreas de mejora.....	50
3.1.2.1	Línea de papa.....	50
3.1.2.2	Línea de tortilla.....	53
3.1.3	Diagrama de áreas seleccionadas.....	56
3.2	Análisis del agua.....	57
3.2.1	Calidad del agua.....	57
3.2.1.1	Entrada.....	58
3.2.1.2	Proceso.....	60
3.2.1.3	Salida.....	61
3.3	Plan de monitoreo.....	63

3.3.1	Características de producción.....	63
3.3.1.1	Metodología de estudio.....	64
3.3.1.2	Asignación de recursos.....	64
3.3.2	Monitoreo.....	65
3.3.2.1	Balance de consumo.....	73
3.3.2.1.1	Entrada.....	73
3.3.2.1.2	Proceso.....	74
3.3.2.1.3	Salida.....	75
3.3.2.2	Índices de consumo de agua.....	76
3.3.2.3	Gráficos de consumo.....	78
3.3.3	Análisis de resultados	80
3.3.4	Análisis de costos.....	81

4. ESTRATEGIA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

4.1	Producción más limpia.....	85
4.1.1	Reciclaje/Reutilización en el lugar.....	86
4.1.1.1	Línea de papa.....	86
4.1.1.2	Línea de tortilla.....	87
4.2	Tecnología aplicada	88
4.2.1	Análisis de oferta.....	88
4.2.1.1	Hidrociclones	89
4.2.1.2	Centrifugación.....	94
4.2.2	Oferta seleccionada.....	98
4.2.3	Diagrama de implementación.....	99

5. SEGUIMIENTO DE LA ESTRATEGIA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

5.1	Análisis del agua.....	103
5.1.1	En proceso.....	103
5.1.2	Reciclaje.....	104

5.1.2.1	Monitoreo del agua reciclada para lavado.....	104
5.1.2.1.1	Hoja de control del agua reciclada.....	105
5.2	Evaluaciones periódicas.....	106
5.2.1	Consumo.....	106
5.2.2	Tratamiento.....	107
5.2.3	Reciclaje.....	107
	CONCLUSIONES.....	109
	RECOMENDACIONES.....	111
	BIBLIOGRAFÍA.....	113
	ANEXOS	115

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. La triple ganancia de la producción más limpia.....	5
2. Generación de las materias residuales de producción.....	11
3. Costo del agua utilizada en los procesos productivos.....	13
4. Jerarquía del manejo ambiental.....	16
5. Productos.....	27
6. Distribución líneas de producción.....	31
7. Diagrama de flujo del proceso.....	33
8. Ciclo del uso del agua en el proceso de elaboración de hojuela de papa.....	35
9. Actividades línea de tortilla.....	36
10. Formas de la hojuela línea TC 2000.....	37
11. Fuentes principales, uso del agua en planta de producción.....	40
12. Fuentes secundarias, uso del agua en planta de producción.....	41
13. Diagrama de proceso, planta de tratamiento.....	43
14. Peladora de papa.....	51
15. Tolva de alimentación a rebanadora.....	52
16. Rebanadora de papa.....	52
17. Lavador de hojuelas de papa.....	53
18. Unidad lavadora de maíz.....	55
19. Tambor lavador.....	56
20. Diagrama de áreas seleccionadas.....	56
21. Balance de consumo de agua en proceso.....	75
22. Consumo de agua semanalmente.....	79

23. Índices de consumo de agua.....	80
24. Diagrama de la conducción del agua en la línea de papa.....	87
25. Forma típica de un hidrociclón.....	90
26. Hidrociclones instalados en grupo.....	92
27. Hidrociclón cilíndrico.....	93
28. Partes básicas de un rotor centrífugo.....	95
29. Centrífuga de boquillas.....	97
30. Diagrama de operación de reciclado de agua.....	102
31. Hoja de control para reciclado de agua.....	105
32. Componentes de un hidrociclón.....	116
33. Hidrociclones instalados en forma circular.....	117
34. Filtro de tambor rotatorio.....	121

TABLAS

I. Resultado del análisis del agua de entrada.....	58
II. Resultado del análisis del agua de proceso.....	60
III. Resultado análisis del agua de salida.....	61
IV. Comparación agua de proceso Vrs. Agua post-tratamiento.....	62
V. Caudal de agua línea TC 1500.....	65
VI. Caudal de agua línea TC 2000.....	66
VII. Caudal de agua línea CC 2000.....	67
VIII. Caudal de agua línea CC 1000.....	69
IX. Caudal de agua línea de papa.....	70
X. Monitoreo de consumo de maíz, para lavado línea TC 1500.....	71
XI. Monitoreo de consumo de maíz, para lavado línea TC 2000.....	71
XII. Monitoreo de consumo de maíz, para lavado línea CC 2000.....	72

XIII.	Monitoreo de consumo de maíz, para lavado línea CC 1000.....	72
XIV.	Monitoreo de consumo de papa, para lavado.....	73
XV.	Índices de consumo de agua	76
XVI.	Consumo semanal de agua, por línea de producción	78
XVII.	Resultados generales en el consumo de agua	80
XVIII.	Costos del agua utilizada dentro del proceso productivo.....	83
XIX.	Comparaciones	99
XX.	Capacidad de hidrociclones industria icbasa	118
XXI.	Capacidad de hidrociclones industria odis	119

GLOSARIO

Acuífero	En hidrología, capa permeable de roca capaz de almacenar, filtrar y liberar agua.
Almidón	Nombre común de un hidrato de carbono inodoro e insípido, en forma de grano o polvo, abundante en casi todos los vegetales; tiene usos alimenticios e industriales.
Biología	Ciencia que trata de los seres vivos.
Caucho	Caucho o Hule, sustancia natural o sintética que se caracteriza por su elasticidad, repelencia al agua y resistencia eléctrica.
Boquilla	Pieza pequeña y hueca, y en general cónica, de metal, marfil o madera, que se adapta al tubo de algunos instrumentos.
Caudal	Volumen de agua por unidad de tiempo
Demanda Bioquímica de Oxígeno	(DBO) Medida indirecta del contenido de materia orgánica en aguas residuales, que se determina por la cantidad de oxígeno utilizado en la oxidación bioquímica de la materia orgánica.

Deflector Pieza mecánica u otro dispositivo para modificar la dirección o características de un fluido.

Desechos

Sólidos Desechos descartados por operaciones industriales o derivados. De procesos de fabricación

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Medida indirecta del contenido de materia orgánica o inorgánica de aguas residuales, que se determina por la cantidad equivalente de oxígeno utilizado en la oxidación química.

Efluente Líquido que procede de una planta industrial.

Elastómero Materia natural o artificial que, como el caucho, tiene gran elasticidad.

Extrusor Máquina para extruir mediante el cual se obliga a una sustancia a pasar por un troquel, creando así distintas formas.

Fisicoquímica Parte de las ciencias naturales que estudia los fenómenos comunes a la física y a la química.

Freidor Equipo o electrodoméstico que se utiliza para freír.

Hidrolift	Equipo de lavado de papa, cuyo interior inyecta agua a alta presión sobre las papas que son trasladadas por tornillo helicoidal.
Hidrología	Parte de las ciencias naturales que trata de las aguas.
Límite máximo aceptable (LMA)	Valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba del cual pasa a ser rechazable por los consumidores, desde un punto de vista sensorial, pero sin que implique un daño a la salud del consumidor.
Límite máximo Permisible	Valor asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido en las etapas correspondientes para aguas residuales y en aguas para reúso y lodos.
Lluvia ácida	Es la precipitación, normalmente en forma de lluvia, pero también en forma de nieve, niebla o rocío, que presenta un pH del agua inferior a 5.65.
Morrenas	Acumulación de fragmentos de roca (bloques, cantos y gravillas) arcilla transportados y depositados por un glaciar.
Potencial de hidrogeno (pH)	índice que expresa el grado de alcalinidad o acidez de una disolución.

Polímero	Sustancia que consiste en grandes moléculas formadas por muchas unidades pequeñas que se repiten, llamadas monómeros.
Poliuretano	Resina sintética obtenida por condensación de poliésteres y caracterizada por su baja densidad.
Rebanadora	Máquina que rebana que corta o divide algo de una parte a otra.
Residuo	Material que queda como inservible después de haber realizado un trabajo u operación.
Sedimentación	Proceso de deposición de los materiales resultantes de partículas o residuos que se acumulan en el fondo de algún recipiente con agua gracias al efecto de la gravedad.

RESUMEN

La producción más limpia viene a cambiar el concepto de control tratamiento, por el uso eficiente de los insumos y la reutilización de los mismos. Durante la aplicación de producción más limpia en el área de lavado del producto, maíz y papa, se logra obtener beneficios ambientales tanto para la empresa como su entorno.

Para poder determinar la cantidad de agua que se consumía dentro de las líneas de producción en estudio, línea de papa y línea de tortilla, se realizó un plan de monitoreo, contemplado en tres pasos fundamentales; en el primero la medición de caudal in situ de las partes específicas determinadas en las áreas encontradas, una vez teniendo los resultados de la cantidad de agua consumida por minuto y por hora, se prosiguió a tomar una unidad de medida en estudio, en este caso fueron kilogramos de maíz y papa, tomándoles un tiempo en el cual se deseaba determinar: cantidad de kilogramos de maíz y papa consumidos en dicho periodo de tiempo y agua utilizada para dicha cantidad.

Posteriormente se calcularon índices de consumo de agua en cada una de las líneas de producción, cuya relación quedó en: galones/kilogramo. Un dato muy importante para utilizarlo como multiplicador y eficiencia.

Con la implementación del equipo adecuado para la reutilización del agua en dichas áreas se logra aumentar la productividad; ya que los costos actuales por tratamiento y por bombeo de agua en toda la planta de producción son significativos. Además de ello, se logra darle mayor vida a la fuente donde

se obtiene actualmente el agua para consumo siendo en este caso un pozo mecánico propiedad de la empresa.

Finalmente, se proponen dos alternativas para reciclar el agua siendo estas: hidrociclones y centrífugas, tecnología que es muy poco usual y utilizada en Guatemala, pero que posee una gran eficiencia para dicho proceso del agua residual que se obtiene dentro de la planta de producción.

No cabe la menor duda que este es un gran adelanto para que en Guatemala las industrias que utilizan el agua como materia prima y su uso sea bastante significativo, utilicen también tecnología para poder reutilizar el agua en sus procesos.

OBJETIVOS

GENERAL

Aprovechamiento del reciclado de agua en una industria de alimentos, para una producción más limpia, minimizando la emisión de residuos al medio ambiente.

ESPECÍFICOS

1. Disminuir el costo por tratamiento de aguas residuales.
2. Reutilizar el agua en los procesos de producción.
3. Reducir el riesgo para la salud humana, mejorando la imagen comercial y pública de la empresa.
4. Crear una imagen de cultura de producción más limpia para las demás industrias del territorio nacional.
5. Lograr un desempeño ambiental en la utilización eficiente del consumo de agua.
6. Aumentar la vida de la fuente, donde se obtiene actualmente el agua para el consumo de toda la planta de producción.

INTRODUCCIÓN

El agua por ser de gran utilización en la industria de alimentos y que interviene en el proceso productivo; pero que no termina en el producto final, viene a formar parte de las materias residuales de producción que normalmente son desechadas. El consumo del agua forma parte del costo de producción que muchas veces no es tomado en cuenta; y considerando que actualmente en Guatemala existen problemas con la ración del agua es importante realizar estudios para encontrar de que manera se puede reutilizar el agua o minimizar el consumo de la misma.

A través de la historia se ha ignorado, escondido, controlado y hasta el momento prevenido los efectos al medio ambiente causados por la disposición de los materiales que son desechados dentro de las industrias; la producción más limpia trae una estrategia integrada que se logra aplicar a tres áreas: procesos, productos y servicios. Todo ello se puede lograr a través de un apoyo mutuo generando así un efecto multiplicador entre el cliente interno y el externo para lograr alcanzar las soluciones del mejoramiento continuo en el medio ambiente.

El control y tratamiento de desechos industriales debe cambiarse por un método de reutilización, y una mejor manera de aprovechar los recursos con que se disponen como: materias primas, agua, materiales de empaque, entre otros. La tecnología bien aplicada es el medio para alcanzar los beneficios sociales y económicos para lograr un desarrollo sostenible.

El presente trabajo de graduación generará una gran ayuda en el medio ambiente correspondiente al consumo del agua y para ello se presenta el siguiente estudio realizado en una industria de alimentos.

1. GENERALIDADES Y PRINCIPIOS DE LA PROPUESTA IMPLEMENTADA

1.1 Producción más limpia

La producción más limpia enfrenta el tema de la contaminación industrial de manera preventiva, concentrando la atención en los procesos productivos, productos y servicios, y la eficiencia en el uso de las materias primas e insumos, para identificar mejoras que se orienten a conseguir niveles de eficiencia que permitan reducir o eliminar los residuos, antes que estos se generen.

La experiencia internacional comparada ha demostrado que, a largo plazo, la producción más limpia es más efectiva desde el punto de vista económico, y más coherente desde el punto de vista ambiental, con relación a los métodos tradicionales de tratamiento “al final del proceso”. Las técnicas de producción más limpia pueden aplicarse a cualquier proceso de producción, y contempla desde simples cambios en los procedimientos operacionales de fácil e inmediata ejecución, hasta cambios mayores, que impliquen la sustitución de materias primas, insumos o líneas de producción más limpias y eficientes.

Oportunidades de aplicación de producción más limpia

Las oportunidades que se presentan para aplicar la producción más limpia son:

- Agua
- Energía

- Materias primas
- Materiales de empaque
- Insumos
- Subproductos
- Desechos

1.1.1 Principios

- a. Principio de precaución:** la precaución no es simplemente cuestión de evitar situaciones legalmente perjudiciales, sino también el asegurarse que los trabajadores estén protegidos contra problemas de salud irreversible y que la planta esté protegida de daños al ambiente y esto implica un rediseño sustancial obligatorio del sistema industrial de producción y consumo que depende hasta ahora de un fuerte procesamiento de materiales.
- b. Principio preventivo:** la prevención es igualmente importante especialmente en aquellos casos que se conoce el daño que puede causar un producto o proceso, el principio preventivo indica la búsqueda adelantada de cambios en la cadena de producción y consumo. La naturaleza preventiva de la producción más limpia exige que la nueva solución considere el diseño del producto, la demanda del consumidor, los patrones de consumo de materiales, y ciertamente la base material completa de su actividad económica.
- c. Principio de integración:** la integración implica la adopción de una visión del ciclo de producción y un método para introducir tal idea es el análisis de ciclo de vida. Una de las dificultades de la solución preventiva es la integración de medidas de protección ambiental a través de fronteras sistemáticas, la regulación tradicional de extrema

del tubo generalmente se aplica hasta un punto específico en que rigen medidas de procesos integrados para la reducción de contaminantes. Al reducir la necesidad de emisiones de tales sustancias en el ambiente estas medidas entonces brindan una protección integrada a todo el medio ambiente.

1.1.2 Orientación

La producción más limpia se orienta en tres bases fundamentales que son las siguientes:

- a. Procesos
- b. Productos
- c. Servicios

- a. **En los procesos se orienta a:** la conservación y ahorro de materias primas, insumos, agua y energía; reducción y minimización de la cantidad y toxicidad de emisiones y residuos y eliminación de materias primas tóxicas; el reciclaje de la máxima proporción de residuos en la planta o bien fuera de ella.
- b. **En los productos se orienta a:** reducción de los impactos negativos que acompañan el ciclo de vida del producto, desde la extracción de las materias primas hasta su disposición final.
- c. **En los servicios se orienta a:** la incorporación de la dimensión ambiental, tanto en el diseño como en la prestación de los mismos.

1.1.3 Beneficios

La producción más limpia trae beneficios no solo a nivel organizacional sino también aporta una gran ayuda al medio ambiente. Entre los beneficios organizacionales están los siguientes:

1.1.3.1 Financieros

- Reducción de costos, por optimización del uso de las materias primas.
- Ahorro, por mejor uso de los recursos (agua, energía, etc.).
- Menores niveles de inversión asociados a tratamiento y/o disposición final de desechos.
- Aumento de las ganancias.

1.1.3.2 Operacionales

- Aumenta la eficiencia de los procesos.
- Mejora las condiciones de seguridad y salud ocupacional.
- Mejora las relaciones con la comunidad y la autoridad.
- Reduce la generación de los desechos.
- Efecto positivo en la motivación del personal.

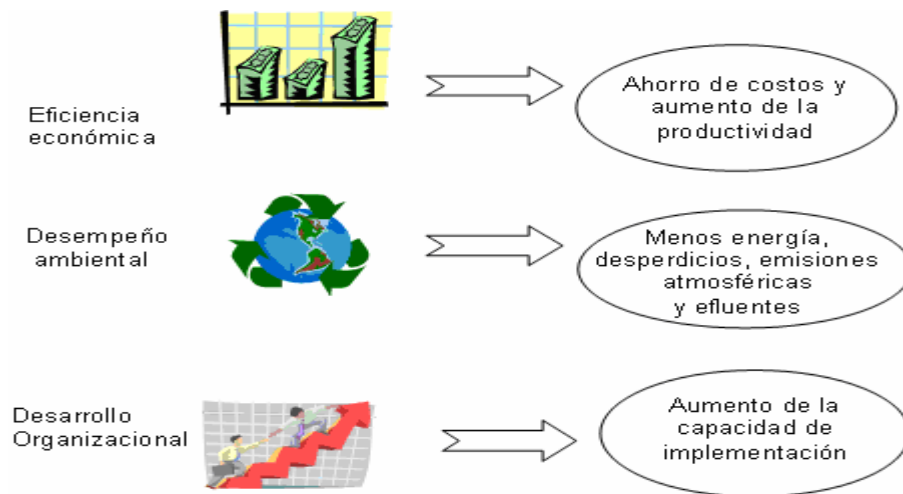
1.1.3.3 Comerciales

- Permite comercializar mejor los productos posicionados y diversificar nuevas líneas de productos.
- Mejora la imagen corporativa de la empresa.
- Logra el acceso a nuevos mercados.

- Aumento de ventas y margen de ganancias.

Todo lo anterior se puede resumir en la siguiente figura:

Figura 1. La triple ganancia de la producción más limpia



Fuente: Centro Guatemalteco de producción más limpia

1.2 Estrategias de producción más limpia

Las estrategias de producción más limpia tienen sus bases en los principios antes mencionados, (precaución, prevención, e integración); ya que los tres principios en conjunto conducen a una sola premisa, *“reutilización de los recursos e insumos para producir, minimizando así la contaminación al ambiente, lo cual conduce a: mayor productividad = mayor rentabilidad”*.

Ahora se hace mención de las estrategias ambientales, (que no pertenecen al enfoque de producción más limpia), y que en la actualidad casi no se practican. Todas estas estrategias fueron pasos que se fueron dando para

conseguir mejoras y que dieron lugar a un nuevo adelanto que se conoce hoy por hoy como la producción más limpia.

1.2.1 Ambientales pasivas

Esta estrategia ambiental se practicaba por muchos años en Europa dentro de la sociedad preindustrial, que más tarde adoptaron las industrias y esta estrategia consiste en diluir y dispersar, es decir: disminuir la concentración de algún desecho añadiendo disolvente, en muchos casos es el agua, en donde se consideraba la asimilación del ambiente natural con dicha técnica; pasando a ser más tarde una práctica obsoleta.

1.2.2 Ambientales reactivas

Esta estrategia es también conocida como solución de final del tubo; que consiste en la instalación de unidades de purificación al final de las tuberías de emisión de varios procesos de producción, aunque efectivos hasta cierto punto los métodos de extremo del tubo no son la mejor solución.

1.2.3 Ambientales proactivas

Dentro de esta estrategia ambiental se cuenta con las siguientes herramientas: sistemas de gestión ambiental, eco diseño, ciclo de vida, evaluación del desempeño ambiental, difusión de resultados ambientales, manejo de la cadena verde, producción más limpia.

- a. **Sistema de gestión ambiental:** Acercamiento sistemático para administrar los aspectos y oportunidades ambientales de una empresa, que está integrado con el negocio y las operaciones.
- b. **Eco diseño:** Metodología para el desarrollo de productos, la cual previene los impactos ambientales y hace mejoramiento en el ciclo de vida del producto desde el proceso de diseño.
- c. **Ciclo de vida:** Proceso para evaluar los impactos asociados con los productos, procesos o actividades mediante la identificación, cuantificación de la energía, materiales usados, desperdicios expulsados al ambiente, identificación y evaluación de las oportunidades que afectan las mejoras ambientales.
- d. **Manejo de la cadena verde:** Involucramiento de los proveedores y clientes dentro del mejoramiento del desempeño ambiental.

1.3 El agua y su uso industrial

En las industrias también se puede usar mejor el agua, la maquinaria, los procesos, servicios y accesorios que demandan grandes cantidades de este recurso que puede reducirse con técnicas de uso eficiente.

La calidad del agua requerida varía según el tipo de industria, por ejemplo la petrolera o minera requieren menos calidad que la farmacéutica y con su uso dentro del proceso, por lo que una misma planta industrial pueden requerirse aguas de diferente calidad en varios procesos.

Los usos industriales del agua se pueden dividir en tres grandes grupos, transferencia de calor, generación de energía y la aplicación de procesos.

- **Transferencia de calor:** se utiliza en procesos de calentamiento o enfriamiento. Para el primer caso se utiliza la generación de vapor por medio de calderas que emplean la combustión de carbón, petróleo, gas o productos de desecho; para enfriamiento se emplea la circulación de agua, por medio de torres o estanques de enfriamiento.
- **Generación de vapor:** la mayor parte de energía generada en muchos países proviene de plantas termoeléctricas que emplean el vapor de agua para mover turbinas adaptadas a generadores, en la recuperación del vapor se usan condensadores, logrando establecer volúmenes de reemplazo un 1% del total de agua suministrada a la planta.
- **Aplicación a procesos:** son muchos los procesos en los que se necesita el agua uno de ellos es el transporte de materiales, caso en el que se utiliza tubería o canales, la industria de la celulosa y el papel, las enlatadoras de alimentos, las carboníferas y los ingenios azucareros son los que más concurren a este método.

El agua es un medio adecuado y económico para el lavado general de equipos industriales principalmente en la industria de alimentos. Además de la estética, lavar el equipo en la industria es muy importante ya que evita que se contaminen los productos con el polvo o con basura, como medida de seguridad (evita que se acumulen los desechos en el piso, para impedir resbalarse o caerse y lastimarse) y para evitar el polvo que pueda dañar al equipo.

Las principales acciones de uso eficiente en el nivel industrial son la recirculación, el reúso y la reducción del consumo en los tres casos son necesarios dos actividades básicas: la medición y el monitoreo de la calidad de agua.

1.3.1 Aguas residuales industriales

Las aguas residuales son materiales derivados de residuos domésticos o de procesos industriales, los cuales por razones de salud pública y por consideraciones de recreación, económica y estética, no pueden desecharse vertiéndolas sin tratamiento en lagos o corrientes convencionales.

Los principales agentes contaminantes de las aguas son las aguas residuales, petróleos, sustancias radiactivas, minerales inorgánicos y compuestos químicos. Las aguas residuales contienen mayormente materias orgánicas que precisan oxígeno, son por tanto un agente desoxigenador del agua cuando entran en descomposición, que generan además olores desagradables.

1.3.1.1 Origen

En la industria el agua se utiliza como materia prima, como un medio de producción (agua de procesos) y para propósito de enfriamiento. El agua de desecho proveniente de los procesos de producción se denomina agua residual, que forma parte de las materias residuales de producción (MARP).

Generalmente las aguas residuales industriales se caracterizan por tener un caudal y composición de variables en el día y durante los meses del

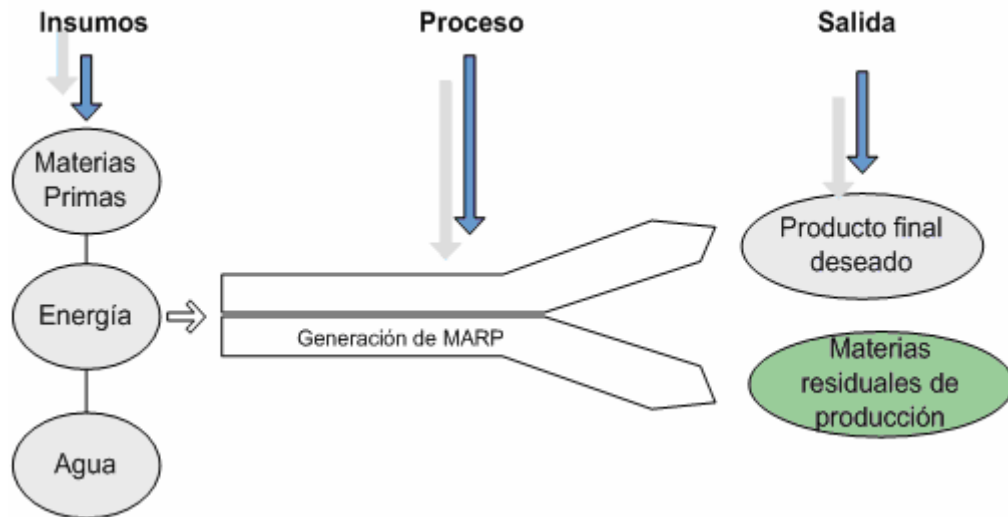
año alta concentración de contaminantes, agresividad, calor, presencia de contaminantes persistentes y tóxicos.

En términos globales, el caudal y la composición de las aguas residuales industriales se determinan por la unidad de producción (factor volumen o carga unitaria), la diversidad de contaminantes fluctúan considerablemente incluso dentro de una misma rama industrial, dependiendo de muchos factores tales como:

- Los tipos de procesos de fabricación
- Las materias primas e insumos utilizados
- El tamaño de la planta
- El modo de operación
- Las actividades temporales
- El modo de suministro de energía
- Las condiciones locales
- El uso de sistemas de recirculación dentro de la planta
- La variación de producción.

La siguiente figura ejemplifica como los insumos que son utilizados en el proceso de producción al llegar a la salida una parte se convierte en el producto final deseado y la otra en materias residuales de producción.

Figura 2. Generación de las materias residuales de producción



Fuente: Centro Guatemalteco de producción más limpia

1.3.2 Valor económico

La escasez creciente del agua, su irracional uso y explotación serán el problema prioritario que la generación presente deberá resolver a la brevedad. La relación conflictiva y poco virtuosa entre el uso del agua, su evaluación económica y su apreciación ecológica y ambiental está conduciendo a situaciones inmanejables y sin salida.

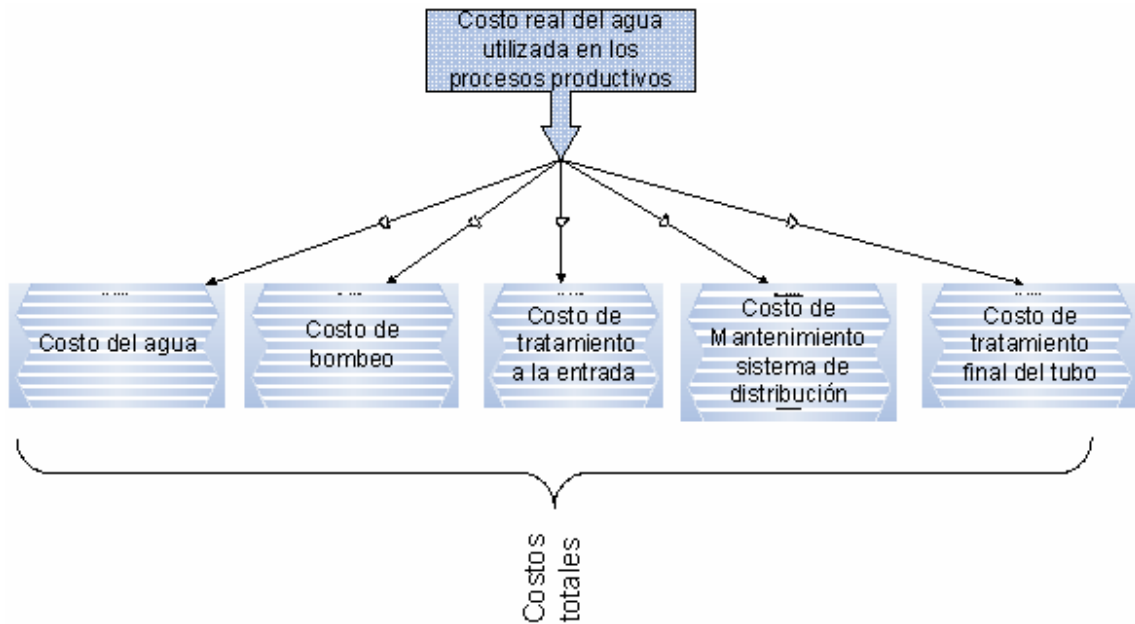
Históricamente al agua se le ha considerado como un don o un bien público casi gratuito. Actualmente ello nos lleva a la necesidad urgente de valorarla económicamente en su justa importancia e impacto al ambiente. El problema no se ha analizado desde una perspectiva integradora: sociedad/economía, espacial/recursos naturales escasos/desarrollo sostenible, etc. Ello configura un escenario de crisis de la gestión ambiental y la vulnerabilidad.

A pesar de la dificultad para aplicar los precios de mercado (precio real), del patrimonio natural y de un recurso que cada vez es más caro renovarlo como lo es el agua, históricamente desvalorizada y subestimada, es urgente su evaluación económica.

Esto último, junto a la educación y participación social, serían la clave para evitar el colapso suficientemente anunciado, y peor comprendido, que depara un futuro no tan lejano, con lo que el hombre genera con su desarrollo y errores.

Muchas veces existen costos ocultos en el consumo del agua que no son tomados dentro de los costos de producción de los procesos industriales; la siguiente figura presenta como se subdividen cada uno de los costos correspondientes en el consumo de agua dentro de los procesos productivos, todos ellos en conjunto pueden sumar el 20% de los costos en las actividades de operación.

Figura 3. Costo del agua utilizada en los procesos productivos



Fuente: Centro Guatemalteco de producción más limpia

1.3.3 La huella ecológica

La "huella ecológica" mide el consumo de la naturaleza; muestra cuánta tierra y agua productiva se ocupan para obtener los recursos que se consumen, así como para absorber todos los desechos que se generan.

La huella ecológica es una herramienta de evaluación y planeación que puede contribuir a mejorar la calidad de vida de la población dentro de los límites ecológicos. No haciendo lo anterior, se está liquidando el patrimonio natural y será cada vez más difícil poder asegurar el bienestar humano.

1.4 Medio ambiente

Medio ambiente es el conjunto de elementos abióticos (energía solar, suelo, agua y aire) y bióticos (organismos vivos) que integran la delgada capa de la tierra llamada biosfera, sustento y hogar de los seres vivos.

Constituyentes del medio ambiente

La atmósfera, que protege a la tierra del exceso de radiación ultravioleta y permite la existencia de vida es una mezcla gaseosa de nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, dióxido de carbono, vapor de agua, otros elementos, compuestos, y partículas de polvo. Por lo que se refiere al agua, un 97% se encuentra en los océanos, un 2% es hielo y el 1% restante es el agua dulce de los ríos, los lagos, las aguas subterráneas y la humedad atmosférica del suelo.

El suelo es el delgado manto de materia que sustenta la vida terrestre. Es producto del clima, de la roca madre, como las morrenas glaciares, las rocas sedimentarias y de la vegetación.

De todos ellos dependen los organismos vivos, incluyendo el hombre. Las plantas se sirven del agua, del dióxido de carbono y de la luz solar para convertir materias primas en carbohidratos por medio de la fotosíntesis; la vida animal, a su vez, depende de las plantas en una secuencia de vínculos interconectados conocida como red trófica.

Durante su larga historia, la tierra ha cambiado lentamente. Los climas se caldearon y enfriaron, aparecieron y desaparecieron formas de vida al cambiar el medio ambiente. El clima subtropical desapareció y cambió la faz

del hemisferio norte. Durante este tiempo el medio ambiente del planeta ha permanecido más o menos estable.

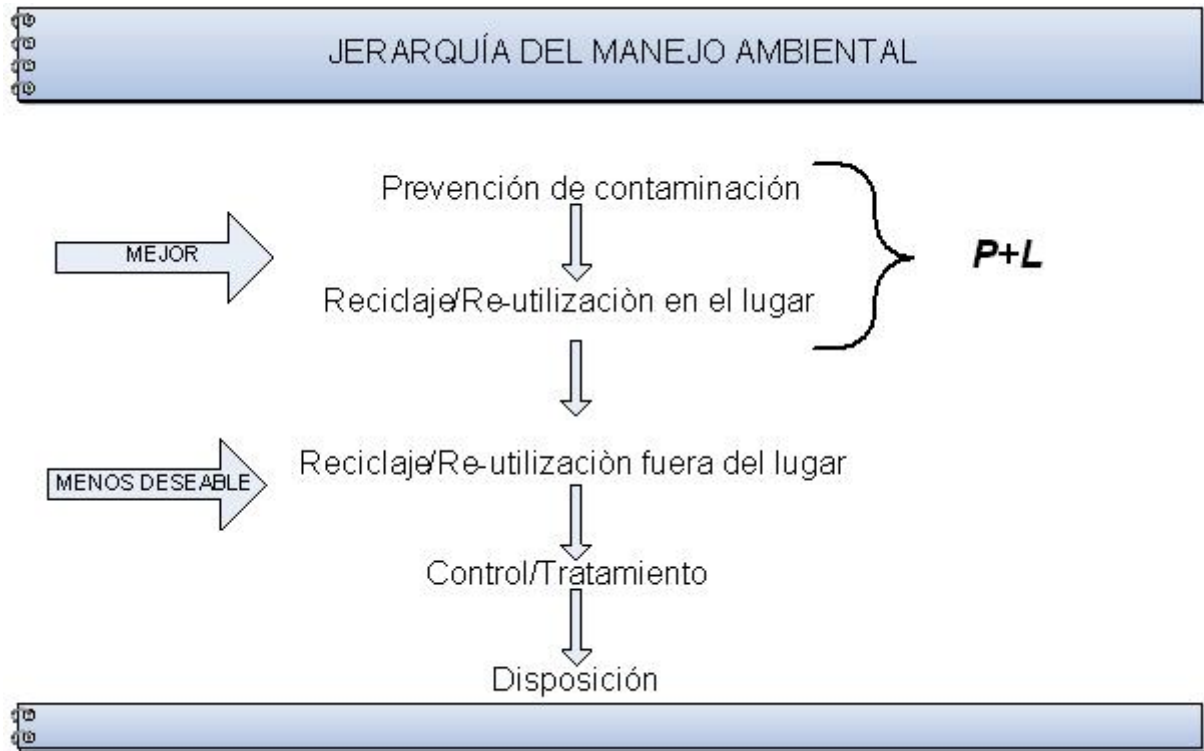
1.4.1 Jerarquía del manejo ambiental

El manejo ambiental de los desechos producidos en las industrias se maneja de la manera siguiente:

- a. Prevención de la contaminación en cualquier punto donde ésta se genere.
- b. Se recicla o re-utiliza en la manera posible en el mismo lugar donde se produzca, considerándose estas dos opciones anteriores como las mejores.
- c. Reciclaje/Re-utilización fuera del lugar.
- d. El control/tratamiento siendo uno de los más utilizados en la mayor parte de las industrias.
- e. Y por ultimo la disposición final que estos tengan para considerar el grado en que afectan al medio ambiente.

Estos últimos tres incisos se consideran los menos deseables en la jerarquía del manejo ambiental.

Figura 4. Jerarquía del manejo ambiental



Fuente: Centro Guatemalteco de producción más limpia

1.4.2 Principales problemas

El medio ambiente enfrenta problemas en todas las partes del mundo donde la industria y el comercio han evolucionado de una manera enorme. Los principales problemas se enfocan de una manera moral del ser humano y desde la perspectiva de la contaminación general.

1.4.2.1 Problema moral

Al igual que el ser humano mismo, es el que establece derechos y obligaciones para su conducta, también el agua, el aire, los árboles, los animales, etc., merecen el respeto como condición necesaria e imprescindible

para la vida humana. De ahí la existencia de una ética ecológica, cuyo objetivo es definir cuál es la responsabilidad del ser humano con el medio ambiente.

Los principios de esta ética tienen que ver con el valor moral básico de la solidaridad y en definitiva, la preocupación por los intereses de los demás como si fueran propios, también a detenerse a pensar en las generaciones futuras.

A partir de este principio general, la ética ecológica puede ir desgranando los criterios de decisión en cada una de las parcelas y problemáticas determinadas. En los casos concretos se puede servir del criterio moral general de la universalización: pensar siempre qué pasaría si todas las personas actuaran igual, como uno lo está haciendo.

Pero los problemas medioambientales parecen casi siempre ligados a instituciones (empresas, Estado, etc.), y son normalmente muy difíciles de afrontar. Ante ellos la capacidad individual de actuar y de influir es muchas veces escasa. De ahí que la responsabilidad individual tenga que llevarse a cabo en tres niveles diferentes:

1.4.2.1.1 Nivel de los sistemas administrativos

Se refiere a las condiciones económico-políticas de la ecología, definidas por los estados y por las relaciones internacionales. Aquí cada uno puede influir creando una opinión pública favorable a lo que se le ha llamado conciencia ecológica y exigiendo un mayor control democrático de las decisiones políticas.

1.4.2.1.2 Nivel de la sociedad civil

Es en este nivel donde el protagonismo de los actores individuales puede adquirir mayor importancia. Se trata de la creación de asociaciones, movimientos, clubes o cooperativas que al estar al margen de la administración pública, pueden tener una actividad más autónoma e influir sobre los poderes públicos. Al mismo tiempo en su seno, se amplían las relaciones entre los miembros, potenciando así la comunicación y la participación social.

1.4.2.1.3 Nivel de la actividad individual

A pesar de la complejidad de las sociedades, al final cada uno representa la instancia última de decisión, y por lo tanto de responsabilidad; también está en las manos individualmente, cambiar la dinámica consumista y la orientación economista que dirigen hoy en día las sociedades. Cada acción personal puede significar siempre una aportación a este objetivo general. Pero para que ello sea posible, la educación debe de ir orientada hacia los valores ecológicos y hacia aquellas actitudes y comportamientos compatibles con esta ética ecológica mencionada. En conclusión, hacia un tipo de vida en armonía con la naturaleza.

1.4.2.2 Contaminación

La contaminación se produce cuando en el medio ambiente aparecen determinados agentes físicos, químicos, o biológicos que producen efectos nocivos en los seres vivos que pueden hacer peligrar la existencia de vida en el micro ambiente, país, región, continente o planeta.

Mencionando dos casos de contaminación; la contaminación de las industrias y la contaminación generada en el agua se tiene que:

a. Impactos Industriales

Se entiende por contaminación industrial a la emisión de sustancias nocivas, tóxicas o peligrosas, directa o indirectamente liberadas de las instalaciones o procesos industriales al medio natural.

El estado de Guatemala aún no ha alcanzado el nivel adecuado de control que permita distinguir y por ende regular los impactos significativos y no significativos de contaminación de las industrias.

b. Contaminación del agua

La incorporación al agua de materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos.

Principales contaminantes:

Los principales contaminantes del agua son los siguientes:

- Aguas residuales y otros residuos que demandan oxígeno (en su mayor parte materia orgánica, cuya descomposición produce la desoxigenación del agua).
- Agentes infecciosos: Nutrientes vegetales que pueden estimular el crecimiento de las plantas acuáticas. Estas a su vez, interfieren con

los usos a los que se destina el agua, y al descomponerse, agotan el oxígeno disuelto y producen olores desagradables.

- Productos químicos, incluyendo los pesticidas, diversos productos industriales, las sustancias tensio activas contenidas en los detergentes y los productos de la descomposición de otros compuestos orgánicos.

1.4.2.2.1 Consecuencias

Las consecuencias que se viven actualmente por la contaminación son tan visibles a nivel mundial, ya que la degradación de la capa de ozono trae como consecuencia los cambios climáticos que generan sequillas, inundaciones afectando así directamente al ser humano con enfermedades, hambrunas e implicaciones a la producción agrícola.

No se pueden evaluar realmente las consecuencias de la contaminación, ni tampoco cuantificar los daños, que cada año se producen en distintas partes del mundo con efectos diversos como: enfermedades respiratorias, erosión del suelo, muerte de animales, entre otros. Un ejemplo más claro de las consecuencias de la contaminación es la lluvia ácida que puede consumir grandes bosques, acidificar los suelos y producir la muerte de organismos en lagos por la alteración de la lluvia ácida.

1.4.3 Recursos renovables

Se considera renovables los recursos que, de manera natural o artificial, pueden aprovecharse una y otra vez. Se puede citar al agua y los nutrientes que pueden ser explotados de manera artificial para abono. Por ultimo, habría

que señalar los recursos que podrían llamarse orgánicos y que abarcan agricultura, cultivos especiales (hongos, algas, peces, crustáceos, otros.) ganadería, caza y pesca.

1.4.3.1 Sobreexplotación

Los ecosistemas cuentan con mecanismos para equilibrar su desarrollo y funcionamiento en condiciones naturales. Los bosques, por ejemplo, tardan en ocasiones varios siglos para instalarse establemente en una determinada zona, en ellos se puede encontrar diferentes poblaciones que regulan su desarrollo e influencia en función de las demás y de los recursos y condiciones ambientales.

Muchos de los fenómenos naturales que han actuado en otros tiempos, lo hacen aún en nuestros días, sumando su efecto transformador al que ejerce el hombre sobre el medio ambiente. La explotación que hace el hombre del medio ambiente adquiere día a día una mayor envergadura. La velocidad con la que consume los recursos naturales supera en la mayoría de los casos la velocidad con que el recurso se regenera, ocasionando un deterioro creciente.

1.4.4 Recursos no renovables

Los recursos naturales no renovables son los recursos mineros, entre los que se puede contar también a los combustibles fósiles (el carbón o el petróleo). Existen en la corteza terrestre, cantidades finitas de estos materiales que pueden ser aprovechados por el ser humano; esta disponibilidad limitada implica la necesidad de buscar sistemas de reciclado de materiales, de ahorro y alternativas a su uso (especialmente en el caso de los combustibles, que no

pueden ser reciclados) que no comprometan el desarrollo y la calidad de vida de las sociedades humanas.

1.4.5 Reciclado de agua

Una manera de alcanzar la eficiencia en el consumo de agua, se logra reutilizando la misma a través del reciclado. El reciclado, es un medio en el cual el agua que ha sido utilizada como elemento principal en un proceso industrial (agua industrial), es tratada para neutralizar o quitar los contaminantes que pueden ser sólidos, químicos o físicos así como la eliminación de los sabores y olores desagradables; en donde el proceso de reciclado cambiará dependiendo de la calidad de la fuente del agua y del tipo de proceso de donde provenga.

En la actualidad las industrias buscan dedicar parte de sus esfuerzos al reciclado y aprovechamiento del agua que se utiliza en los procesos industriales. Este factor indica un aporte al mejoramiento del ambiente y el aprovechamiento de los recursos naturales.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1 Descripción de la empresa

Fábrica de Productos Alimenticios Rene, es orgullosamente una empresa guatemalteca, que forma parte de: Frito Lay International. Numero uno en la fabricación de snacks en 140 países en 3 continentes perteneciente al grupo PepsiCo.

a. Breve historia

1961

Año cuando el Sr. Rene Menéndez, los hermanos Nashin y Enrique Misshan se asocian para formar la empresa Rene Menéndez y Compañía, la cual se ubicó en la 11 av. entre 3ra y 4ta calle de la zona 1 de la ciudad de Guatemala. Este año se inician operaciones de forma manual y de distribución local, siendo los primeros productos las papalinas Tip Top y el arroz inflado Rosbit.

1962

A finales de este año, se llega a un acuerdo con el Sr. Isidoro Filler's, persona de origen judío radicado en Atlanta USA, quien autoriza el uso de la marca Filler's, mediante un royalty para fabricar los primeros Cheez-Trix, Bacon-Crisp y nuestro actual producto líder Tor-Trix. También, el Sr. Filler's proporcionó una freidora de chicharrón, la que operó hasta el año 2000 y tres

freidores en herradura con sus extrusores para Tor-Trix. La fábrica se traslada a la 21 calle entre 11 y 12 avenidas de la zona 1, en la ciudad de Guatemala.

1965

El 8 de agosto de este año se forma la empresa Productos Alimenticios Rene, S.A. Este mismo año se incorpora la marca Carimba, fabricante de manías, plátano y papa frita, mediante la compra de la misma a la familia de Doña Vilma Rivera. Esta fábrica se operó en un edificio a inmediaciones de la Terminal de Buses de zona 4.

1966

Se adquiere la primera empacadora automática, una Profit Maker, la cual en el año 2001 aun se utiliza para empacar bolsas familiares.

1968

La corporación Beatrice Food, opera la empresa desde 1968 hasta el año 1988, utilizando las mismas marcas Filler's y Carimba.

1975

Productos Alimenticios Rene, S.A. se traslada a su actual edificio en la Calzada San Juan 34-01 de la zona 7 en la ciudad de Guatemala, con el propósito de ampliar su capacidad de operación en cuanto a bodega de materia prima, bodega de producto terminado, área de fabricación y servicios para sus colaboradores.

1985

La fábrica Carimba se traslada de su edificio en las cercanías de la Terminal de Buses de la zona 4, al edificio de Productos Alimenticios Rene, S.A.

1988

Este año, la operación pasa a ser dirigida por la corporación Savoy Brands, perteneciente al importante grupo Polar. Manejando las marcas establecidas.

1998

Se da la unión estratégica entre Savoy Brands y Frito Lay entre varios países de la región para conformar Snacks Latin América.

2005

Este año se instalaron nuevas líneas de producción entre ellas se cuentan: la línea de platano que fue traída del país de Honduras, y en la actualidad se sigue creciendo y se espera ser una empresa mucho más grande.

b. Tipo de organización

- **Nombre de la empresa:** Fabrica de productos Alimenticios Rene y Cia. S.C.A.
- **Nombre comercial:** Productos Alimenticios Rene
- **Naturaleza de la entidad:** Sociedad en Comandita por Acciones
- **Objeto de la empresa:** Industrial – Comercial

2.1.1 Ubicación

Fábrica de Productos Alimenticios Rene y CIA, S.C.A. se encuentra actualmente ubicada en la Calzada San Juan 34 -01, zona 7 Ciudad de Guatemala.

2.1.2 Misión

Ser la primera compañía de productos de consumo en todo el mundo, centrada en la producción de alimentos convenientes. Intentamos proporcionar beneficios económicos adecuados a nuestros inversionistas al mismo tiempo que proporcionamos oportunidades de crecimiento y superación a nuestros empleados, socios comerciales y comunidades en las que operamos. En todo lo que hacemos actuamos con honestidad, imparcialidad e integridad.

2.1.3 Visión

Convertirse en una compañía de alimentos convenientes de crecimiento rápido y sobresaliente en los mercados internacionales. Ganando terreno de manera consistente en el mercado, con nuestros accionistas y en las mentes y corazones de nuestra gente.

2.1.4 Productos

Existe una variedad de productos que actualmente se fabrican dentro de la planta de producción, algunos varían en tamaño, y sabor. Entre sus principales se cuentan:

Figura 5. Productos



Tortrix



Ruffles



Ricitos



Crujitos



Cheetos



Dippas



Sabritones



Chicharrón
criollo



Doritos



Caribas



Hula Hoops



Choco Max

Fuente: Productos Alimenticios Rene

2.1.5 Materias primas principales

Las materias primas que son utilizadas dentro del proceso de producción son en la mayor parte importadas de otros países. A continuación se mencionan las más importantes:

- **Maíz amarillo:** Esta materia prima es utilizada principalmente para la fabricación de Tortrix, Doritos, y Cornchip; es importada principalmente de Estados Unidos.
- **Papa:** Es utilizada especialmente para la elaboración del Ruffles; y es importada de Canadá, una parte de esta materia prima se adquiere en el mercado local. Se debe de mantener en un cuarto oscuro con una temperatura cercana a los 11 °C para su almacenamiento.
- **Aceite vegetal:** Esta materia prima se utiliza en el 85% de los procesos de producción de la planta, y se utiliza para realizar la fritura del producto.
- **Cal:** La cal es utilizada únicamente para realizar el cocimiento de maíz.
- **Sémola de maíz:** Los productos que se fabrican con esta materia prima, son: Cheetos, Anillitos, Ricitos entre otros.
- **Plátano:** El producto que se obtiene de esta materia prima son las caribas (rodajas de platano) y dicha materia prima es de producción nacional.

- **Harina de papa:** Se utiliza para la elaboración del producto Hula Hoop (anillitos de papa).
- **Almidón de papa:** Al igual que la materia prima anterior ésta forma parte del producto Hula Hoop, ya que tanto la harina, como el almidón se unen para formar una sola mezcla.
- **Manía:** Se utiliza para fabricar el Chocomax (manía cubierta con chocolate) y es comprada por grandes cantidades que vienen en costales pesados en Kilogramos.
- **Pellet:** El pellet, es la piel de cerdo deshidratada y se utiliza para la elaboración del chicharrón criollo, los sabritones, y los crujitos.

2.1.6 Jornadas de trabajo

Actualmente la empresa cuenta con una política de jornadas de trabajo en donde se busca cubrir las 24 horas del día y los siete días de la semana; dichas jornadas se encuentran distribuidas entre el personal de proceso, personal de empaque y operarios.

2.2 Proceso de producción

Para fines prácticos y de estudio se menciona únicamente el proceso de producción de las líneas en donde se basará el estudio.

A continuación se presenta un pequeño plano de cómo están distribuidas las líneas de producción; los números que se muestran dentro del plano se detallan de la forma siguiente.

Línea de tortilla

1. Unidad lavadora
2. Extrusión y fritura de hojuelas
3. Sazonado de hojuela
4. Área de empaque de producto

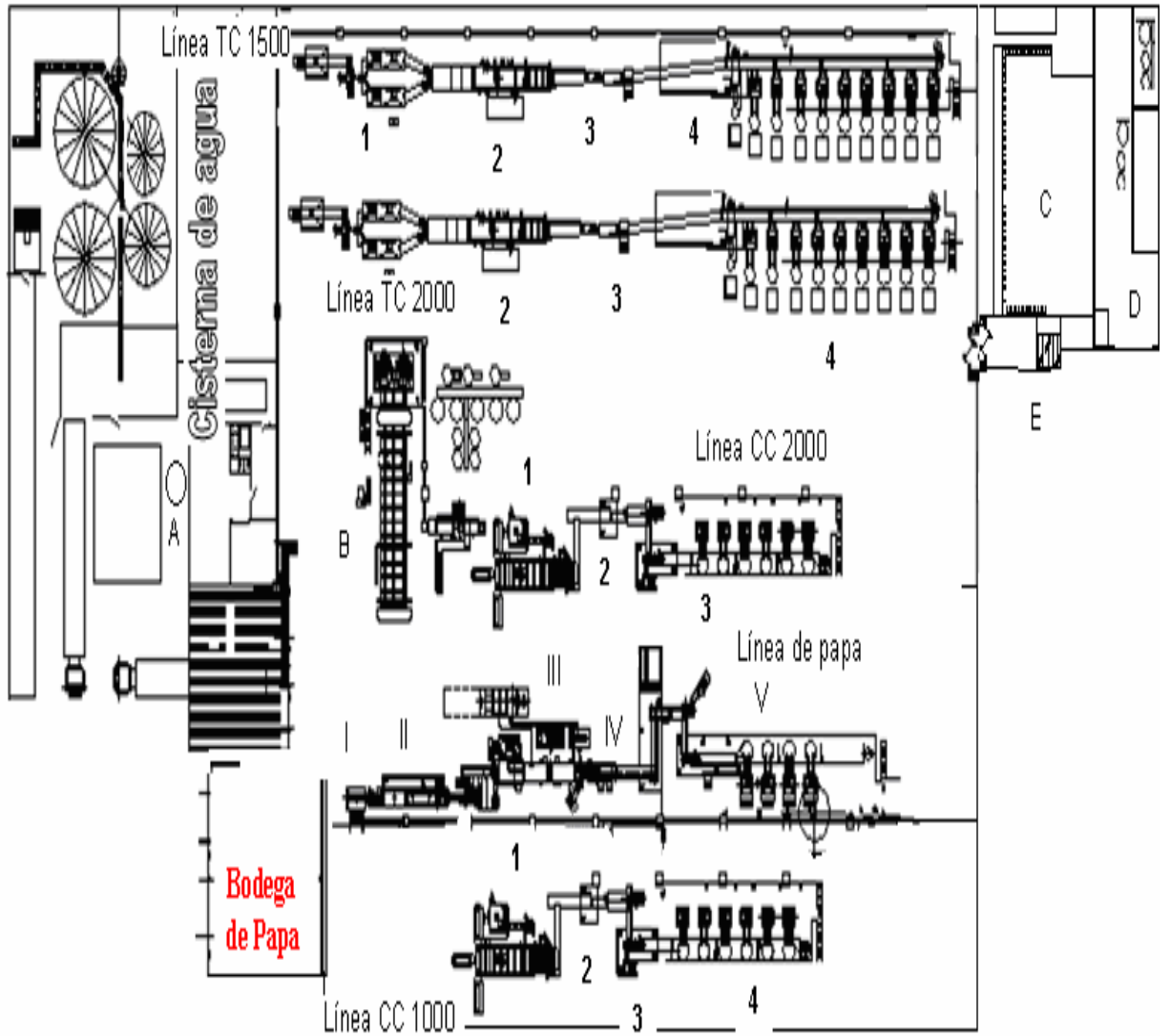
Línea de papa

- I. Hidrolift
- II. Lavado, corte y selección
- III. Rebanado y fritura de hojuela
- IV. Inspección final
- V. Empaque

Otros

- A. Pozo mecánico
- B. Tinas de reposo de maíz
- C. Baños, personal de planta.
- D. Planta de tratamiento
- E. Entrada planta de producción.

Figura 6. Distribución líneas de producción



Fuente: Productos Alimenticios Rene

2.2.1 Línea de papa

En esta línea se producen básicamente dos productos a base de papa:

- Papas
- Ruffles

Las papas son hojuelas lisas y delgadas, las Ruffles son hojuelas onduladas y más gruesas. Cada uno de estos productos de papa es disfrutado por los consumidores como una boquita crujiente y de color ligeramente dorado. Se podrá tener mayores detalles sobre el proceso de elaboración de hojuela de papa, en el diagrama de flujo del proceso.

2.2.1.1 Materia prima

Su materia prima es 100% natural ya que este producto es elaborado a base de papa. Además de ello se utiliza aceite vegetal para freír la hojuela, agua para realizar el lavado respectivo de la papa y el sazonado que es una fórmula previamente elaborada para darle sabor a la hojuela según el producto que se está procesando, ya que puede ser sabor crema y especias, sabor sal, y sabor queso con cebolla.

2.2.1.2 Diagrama de flujo del proceso

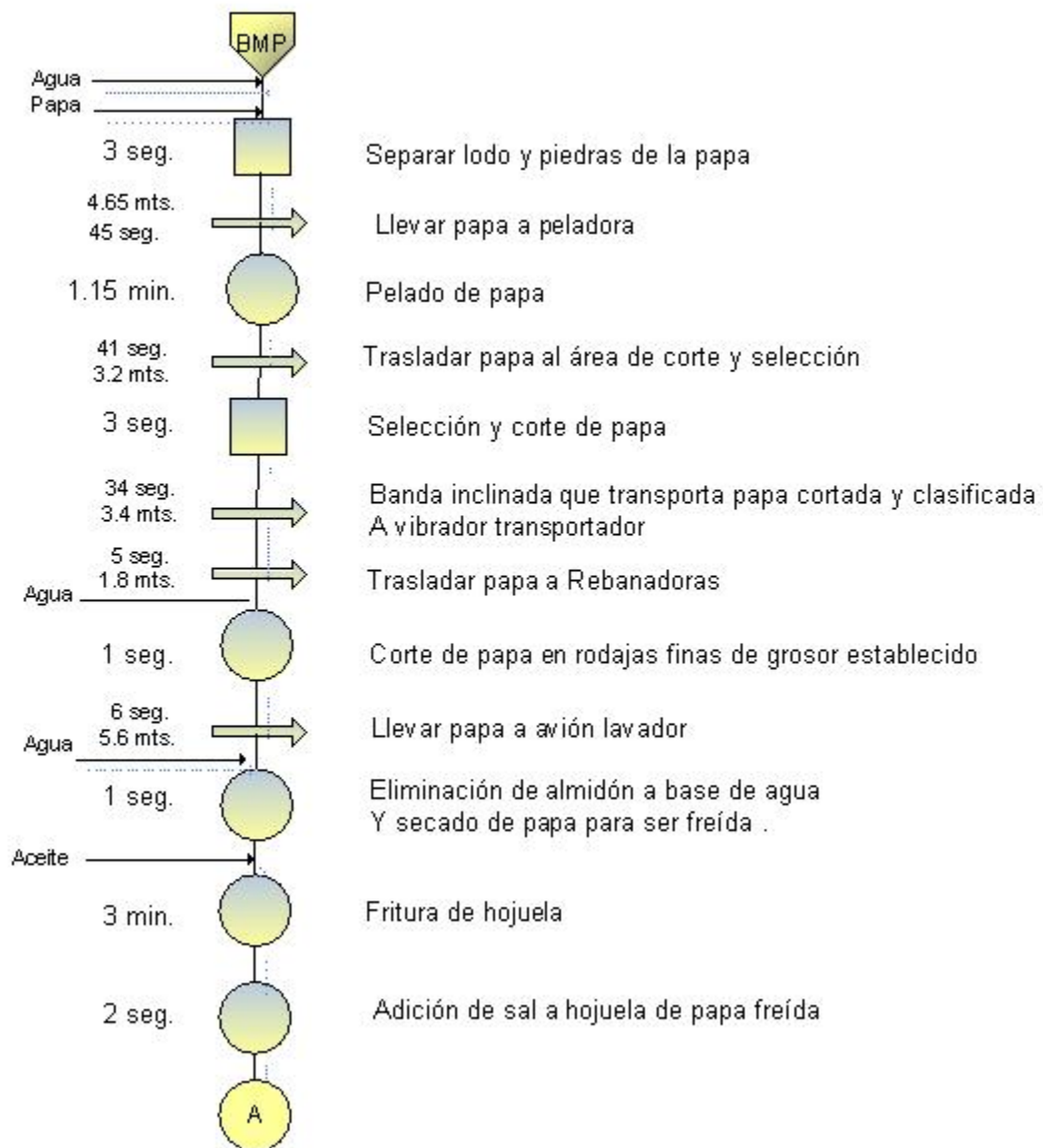
El diagrama de flujo del proceso se enfoca básicamente para tener una idea mucho más clara de cómo se realizan todas las actividades de operación, inspección, transporte y almacenamiento de la elaboración de hojuela de papa. La calidad del producto terminado, depende directamente de la calidad del

trabajo de cada uno de los miembros del equipo y de la habilidad para efectuar con responsabilidad cada tarea específica y cada una de las etapas de producción.

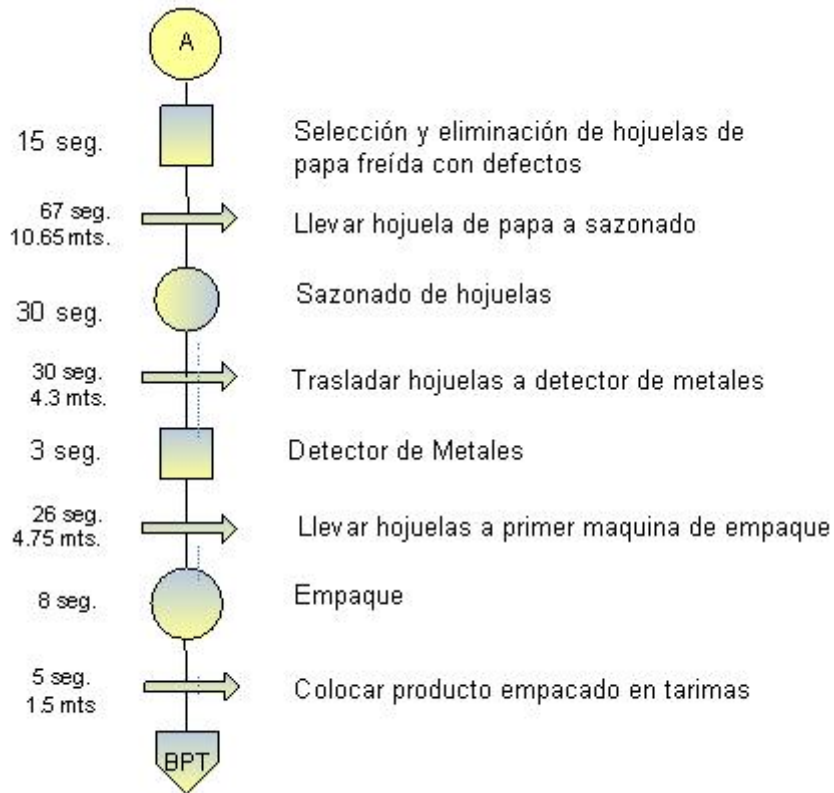
Figura 7. Diagrama de flujo del proceso

Empresa: Productos alimenticios Rene
Producto: hojuela de papa
Departamento: Producción

Elaborado por: Alex Cifuentes
Hoja: 1/2
Método: Actual



Continuación



Resumen

Actividad	Símbolo	Cantidad	Tiempo
Operación	●	7	4.85 minutos
Inspección	■	2	0.30 minutos
Transporte	→	9	4.32 minutos 39.85 metros
Combinada	■●	2	0.1 minutos
Total		17	9.57 minutos

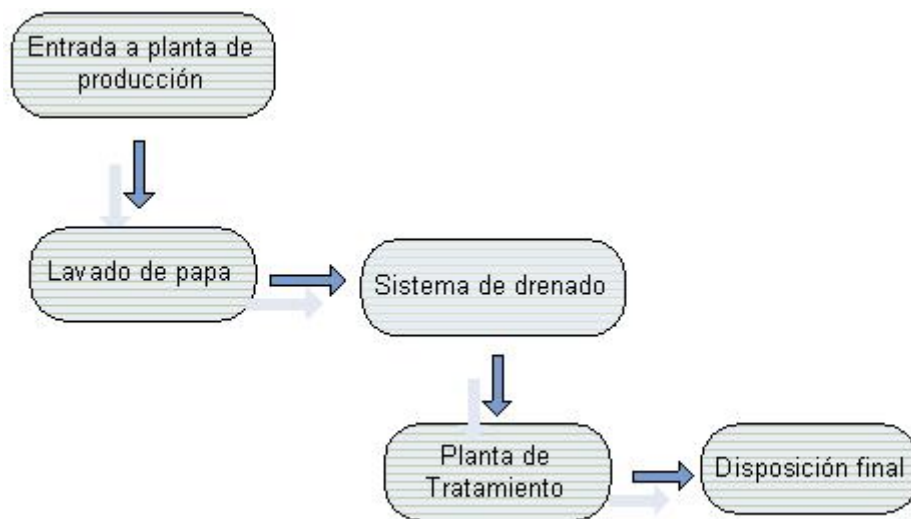
2.2.1.3 Uso del agua en proceso de producción

El agua se utiliza especialmente para el lavado, este es un factor muy importante en este proceso de producción ya que la mayor parte de actividades previas a la fritura de la hojuela de papa necesitan que la papa se mantenga en constante contacto con el agua para quitar el exceso de almidón y para evitar que ésta se negree, y pierda su calidad. Es por ello que el agua es un agente importante para el aseguramiento de la calidad de dicho proceso.

2.2.1.3.1 Ciclo del uso del agua en el proceso

Tan importante es el agua en dicho proceso que su ciclo de vida es muy corto ya que no tiene retorno alguno.

Figura 8. Ciclo del uso del agua en el proceso de elaboración de hojuela de papa.

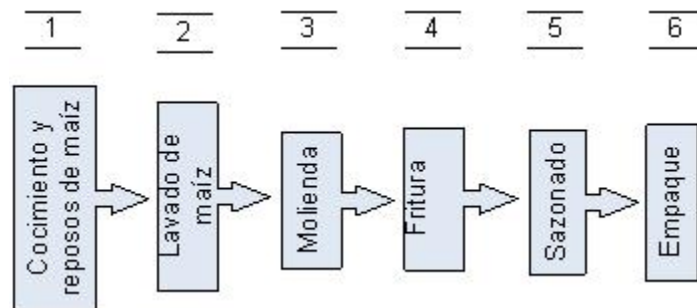


Fuente: Investigación propia

2.2.2 Línea de tortilla

La línea de tortilla posee dicho nombre ya que el producto que se elabora es a base de maíz amarillo.

Figura 9. Actividades línea de tortilla



Fuente: Manual de capacitación para operarios

2.2.2.1 División de líneas de tortilla

La línea de tortilla tiene una subdivisión que posee similares características de producción, en donde se utiliza la misma maquinaria y equipo para realizar el proceso de producción, la diferencia se observa en la capacidad que posee cada una para operar por hora. Algunos de los equipos similares se mencionan a continuación:

- Freidor
- Unidad lavadora de maíz
- Extrusores
- Tambor sazonador
- Entre otros

2.2.2.1.1 Línea TC 1500

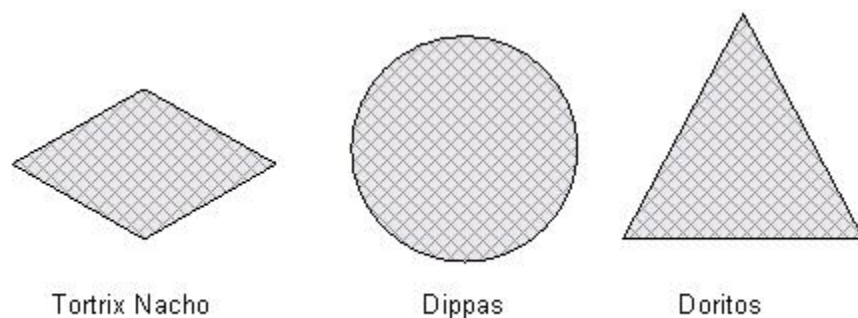
Esta línea de producción se conoce técnicamente con este nombre ya que su capacidad de operación es de 1,500 libras de maíz por hora de base frita. El producto que se elabora en dicha línea es el tradicional Tortrix, sus actividades más importantes se mencionan a continuación:

2.2.2.1.2 Línea TC 2000

Esta línea de producción posee actividades similares a la línea TC 1500, el único cambio que existe es que las hojuelas crudas pasan a través del horno, ambas caras de la hojuela son secadas para su posterior fritura.

La capacidad de dicha línea es de 2,000 libras de maíz por hora en base frita, la forma que poseen las hojuelas que produce dicha línea según los rodillos laminadores son las siguientes:

Figura 10. Formas de la hojuela línea TC 2000



Fuente: Manual básico para operarios, Departamento de capacitación

2.2.2.1.3 Línea CC 1000

Esta línea de producción es la que posee la capacidad más pequeña de las líneas de tortilla anteriores. El producto que se elabora en dicha línea es el Cornchip y el Tortrix Twist, las actividades que se realizan en esta línea son iguales a la línea TC 1500.

2.2.2.1.4 Línea CC 2000

Aquí se elabora también el Tortrix, esta línea posee una gran capacidad de producción y se debe a que actualmente cuenta con tres extrusores de masa, para poder cambiar la misma en tiras.

2.2.2.1.5 Uso del agua en líneas de tortilla

El agua es también una materia prima importante ya que su proceso antes de la fritura requiere de mucho líquido (especialmente en el lavado de maíz), sus usos son:

- Cocimiento de maíz
- Enfriamiento de maíz
- Lavado de maíz
- Molienda de maíz

2.3 Uso y manejo del agua

Al hablar de uso y manejo, se menciona el equipo que se utiliza para transportar el agua hacia la planta de producción, de donde se obtiene el agua y los usos que se le dan dentro de la planta de producción y toda la empresa.

2.3.1 Fuentes de abastecimiento

Su fuente de abastecimiento principal es la de un pozo mecánico propiedad de la empresa, este se encarga de suministrar los diversos consumos del agua a la planta de producción, y de toda la empresa en general las 24 horas del día. Sus características son:

- 6 pulgadas de diámetro
- 2,580 metros de profundidad
- 3 años a la fecha de estar produciendo

Además el equipo con que se cuenta para extraer y llevar el agua a la planta es el siguiente:

- **Una bomba de 60 hp;** la cual extrae el agua del pozo mecánico hacia la cisterna de agua.
- **Cuatro bombas de 7.5 hp;** estas bombas se encargan de captar el agua de la cisterna y impulsarla hacia la planta de producción.
- **Sistema de tubería en toda la planta de producción;** la cual se emplea para trasladar toda el agua de proceso hacia la planta de producción.

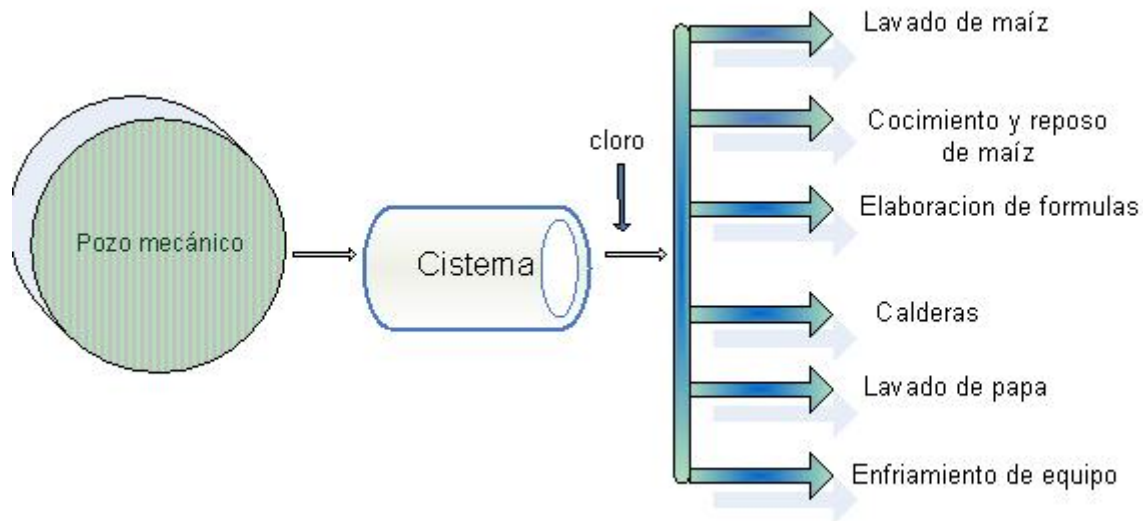
2.3.2 Consumos de agua

Por ser una industria de alimentos, al agua se le da una serie de usos, por ello se ha dividido en fuentes de consumo principales y fuentes de consumo secundarias.

2.3.2.1 Fuentes principales

Estas son fuentes de consumo dentro de la planta de producción y no fuentes de abastecimiento. Y estas fuentes de consumo son las que intervienen en forma directa en el proceso de producción, lo único que se le agrega al agua que se consume dentro del proceso de producción es una mínima cantidad de cloro, a la entrada de la planta.

Figura 11. Fuentes principales, uso del agua en planta de producción

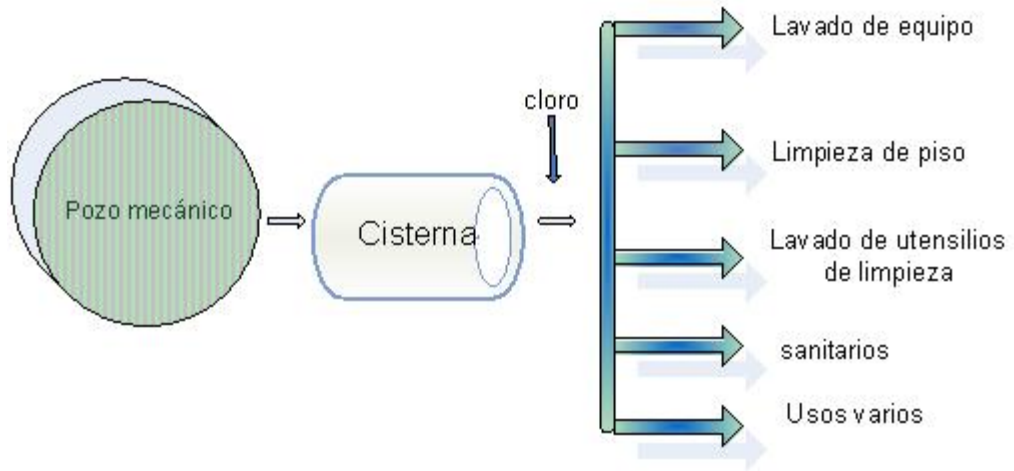


Fuente: Investigación propia

2.3.2.2 Fuentes secundarias

Este tipo de consumo es importante, pero no interviene en forma directa en el proceso de producción y su frecuencia de consumo es variada.

Figura 12. Fuentes secundarias, uso del agua en planta de producción



Fuente: Investigación propia

2.4 Planta de tratamiento

La planta de tratamiento con que se cuenta actualmente dentro de la empresa, es una planta de tratamiento de agua residual de tipo fisicoquímica.

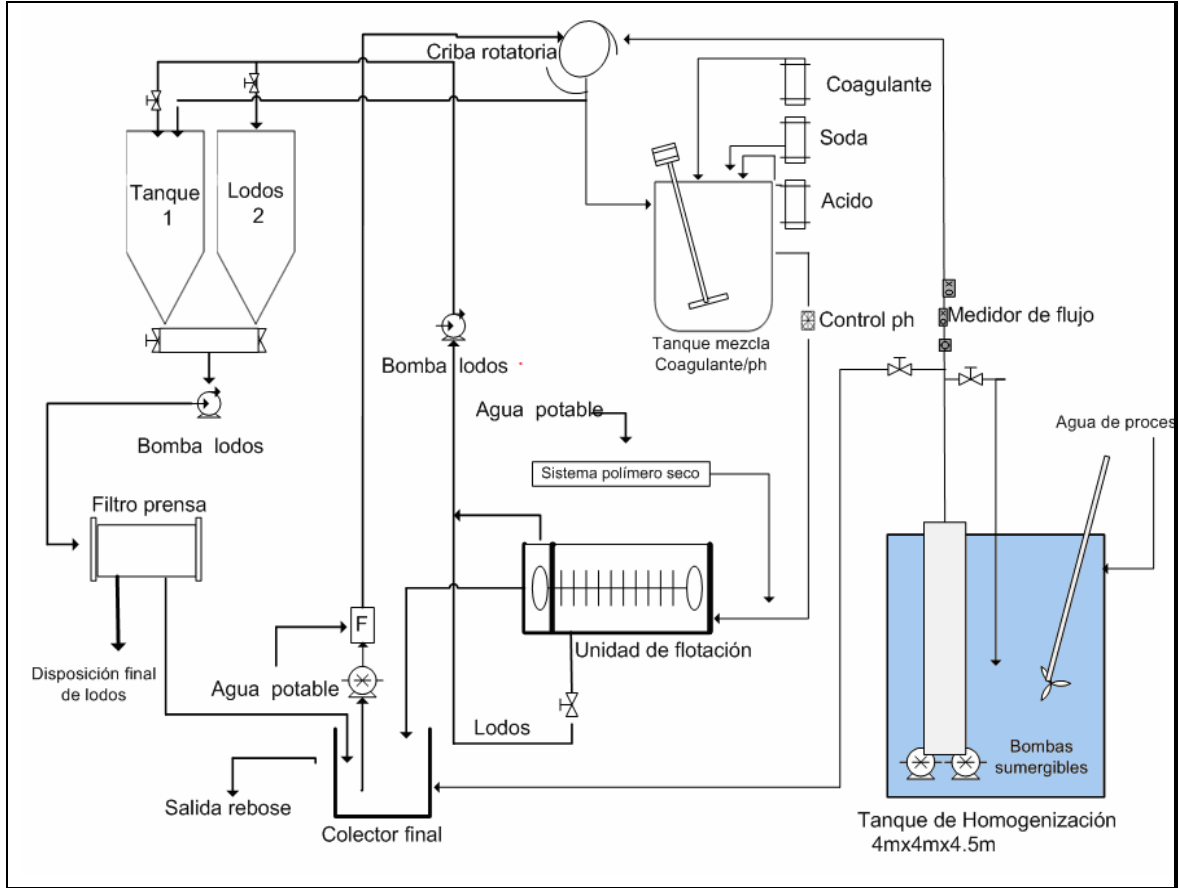
A la planta de tratamiento llega toda el agua que se utiliza en la planta de producción proveniente de los usos primarios y secundarios (exceptuando la de sanitarios). En dicha planta se le aplican diversos químicos para neutralizar el agua y separar los lodos para su posterior descarga.

El objetivo de la planta de tratamiento es neutralizar el Ph del agua residual para respetar las condiciones de descarga que se deben cumplir con el código municipal y el código de salud en Guatemala.

En la siguiente figura se observa el proceso dentro de la planta de tratamiento de agua residual. El proceso inicia cuando el agua es depositada en el tanque de homogenización que contiene bombas sumergibles para impulsar el agua hacia el tanque mezcla de coagulante, donde se le aplican los químicos, en la unidad de flotación los lodos flotan y son trasladados hacia el tanque de lodos, posteriormente son llevados al filtro prensa que comprime los lodos en una masa rectangular para su descarga final. El proceso finaliza en el colector final donde el agua sale ya tratada para su disposición final en los drenajes.

Es importante mencionar que esta planta trabaja de manera automática, y la parte en donde se menciona control Ph, es un tablero que indica el nivel de acidez o de alcalinidad del agua; de la misma forma sucede con el medidor de flujo que registra la cantidad de galones por minuto que la planta está operando, así como el nivel del agua que contiene el tanque de homogenización.

Figura 13. Diagrama de proceso, planta de tratamiento



Fuente: Manual planta de tratamiento, Departamento de Mantenimiento

2.4.1 Capacidad de operación

Actualmente la planta de tratamiento opera las veinticuatro horas del día, excepto cuando se realiza la limpieza del tanque de homogenización y existen días de asueto o la planta de producción no está operando. El caudal máximo que puede procesar dicha planta es de 200 galones por minuto.

2.4.2 Químicos para tratamiento

Los químicos que se utilizan para tratamiento actualmente son tres y se detallan de la manera siguiente:

- **Coagulante:** Se utiliza para separar los sólidos del agua de proceso provenientes de la planta de producción; estos sólidos generalmente son cal o pequeñas migajas de maíz. Las características de este químico son: incoloro, olor característico, y estado líquido.
- **Floculante:** Una vez aislados los sólidos del agua, el floculante los une en lodos para formar un tipo de masa en donde el filtro prensa los desecha. El floculante es un polímetro de forma granular de color blanco que se pone en maduración en un equipo para que a través de un proceso pueda pasar a la forma líquida.
- **Acido sulfúrico e Hidróxido de sodio:** El acido sulfúrico se utiliza para estabilizar el Ph cuando el agua se encuentra alcalina ($\text{Ph} \geq 8$). Y el hidróxido de sodio se usa cuando el agua que entra a la planta de tratamiento se encuentra muy acida ($\text{Ph} \leq 6$), ambos químicos como se menciona se utilizan según el caso que se presente.

2.4.2.1 Costo de químicos

El costo de los químicos se paga en dólares ya que tanto el coagulante como el floculante provienen de los Estados Unidos. El costo de los dos químicos anteriores es de \$ 6.97 por kilogramo de floculante y \$ 16.5 por galón de coagulante.

2.4.3 Disposición del agua post-tratamiento

La disposición final del agua después de haber sido neutralizada, es hacia el alcantarillado público. Dicha agua podría ser utilizada como recarga para el acuífero, pero por disposiciones de espacio y diseño de la planta de tratamiento no es posible.

3. MONITOREO DEL CONSUMO DE AGUA

3.1 Análisis de consumo

Para analizar el consumo de agua se realiza de dos maneras; la primera es describir los usos principales y usos secundarios que se mencionan en el capítulo dos. La segunda es describir las áreas de mejora colocando la figura del equipo y la parte donde se encuentra la fuente de alimentación de agua del mismo.

3.1.1 Áreas de consumos

En las áreas de consumo se describen las fuentes de consumo de agua que se posee en cada uno de los equipos de las líneas de producción.

3.1.1.1 Descripción

A continuación se describen los usos principales del agua dentro de la planta de producción.

Usos principales:

- **Lavado de maíz:** el maíz reposado es lavado con agua espreada a alta presión para remover la cascarilla, cal y pequeños pedazos de maíz. La temperatura correcta de la masa en la tortilladora es controlada mediante el ajuste de la

temperatura del agua de espreado en el lavado del maíz (solo línea TC 2000 ya que esta utiliza agua fría en el lavado de maíz).

- **Cocimiento y reposo:** una cantidad medida de maíz es mezclada con cantidades específicas de cal y agua. Esta mezcla es cocinada con vapor caliente por un período de tiempo preestablecido y a una temperatura determinada. El maíz cocido después se reposa por un periodo de tiempo para incrementar el contenido de humedad, suavizar los granos y aflojar la cascarilla.
- **Elaboración de formulas:** la mezcla de formulas requieren de una cierta cantidad de agua para lograr un porcentaje de humedad en la fórmula, por ser ya una receta de cocina el agua es controlada según la cantidad de fórmula elaborada es por ello que no existe desperdicio alguno.
- **Calderas:** las calderas trabajan para producir vapor que es utilizado en el cocimiento de maíz. Hay que tomar en cuenta que son cuatro las líneas que utilizan el cocimiento de maíz.
- **Lavado de papa:** al igual que el lavado de maíz el lavado de papa es importante y requiere de una gran cantidad de agua para su proceso.
- **Enfriamiento de equipo:** para que las líneas de producción puedan trabajar las veinticuatro (24) horas del día se requiere que el equipo que se utiliza en el proceso se encuentre en las mejores condiciones. Es por ello que para evitar el

sobrecalentamiento de algunos equipos en el proceso se tiene el enfriamiento a través del agua a una temperatura aproximadamente a los 10 °C dicha agua produce el enfriamiento (esto se logra mediante torre de enfriamiento) a través de la recirculación continua (en esta actividad si existe el retorno del agua).

Usos secundarios:

- **Lavado de equipo:** esta es una actividad de limpieza que se realiza en las líneas de producción una vez por semana. La limpieza de equipo requiere de bastante agua para quitar la acumulación de grasa en algunas bandas transportadoras, lavado de freidores, lavado de extrusores y lavado de equipo de empaque.
- **Limpieza de piso:** la limpieza de piso se realiza por áreas de trabajo y por jornadas para evitar la caída de personas por el exceso de grasa ocasionada por las formulas del producto; esta limpieza se realiza con mayor frecuencia en el área de proceso (cocimiento de maíz, fritura, extrusión, sazonado de hojuelas, entre otros).
- **Lavado de utensilios de limpieza:** estos utensilios son todos aquellos que se utilizan en la limpieza pero que utilizan agua adicional para volver a utilizarlos. Entre estos tenemos: trapeadores, toallas, escobas de plástico, entre otros.

- **Sanitarios:** aunque el consumo no sea mayor el agua que se utiliza para los sanitarios es proveniente también del pozo mecánico.
- **Usos varios:** todos estos usos son aquellos que se utilizan de una manera pequeña pero que también suman al gasto de agua dentro de la planta de producción, y toda la empresa en general dentro de estos gastos tenemos: lavamanos, limpieza de utensilios para cafetería, limpieza en área exterior a la planta, entre otros.

3.1.2 Áreas de mejora

Se le llama mejora a la oportunidad que se presenta en la empresa para poder reutilizar el agua. Entre las áreas de mejora que se localizan dentro de la planta de producción, están la línea de papa y la línea de tortilla, específicamente en el área de lavado del producto. Dado que el consumo es significativo.

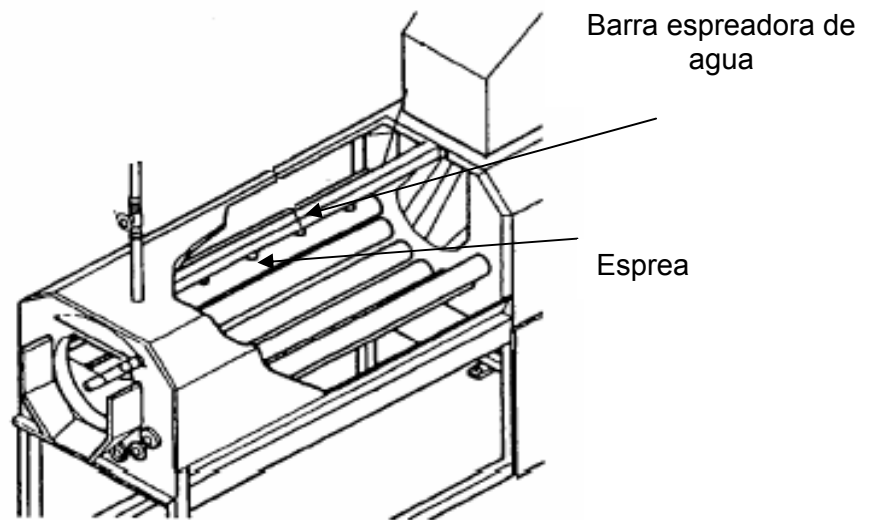
3.1.2.1 Línea de papa

En la línea de papa se cuenta con diversas áreas en donde el agua fluye de una manera constante cuando se está operando. Para entenderlo de una mejor forma se describe dichos sitios a continuación:

- **Hidrolift lavado de papa:** este equipo utiliza agua a alta presión y la función principal es remover el lodo (tierra), piedras, basura, y pequeñas partes de desperdicio que trae la papa.

- **Pelado de papa:** una vez removida la tierra y otros elementos de la papa se pela con rodillos abrasivos y sepillos utilizando agua a través de una barra horizontal de espreas arrojando agua en forma de abanico a presión alta, (normalmente a 80 psig).

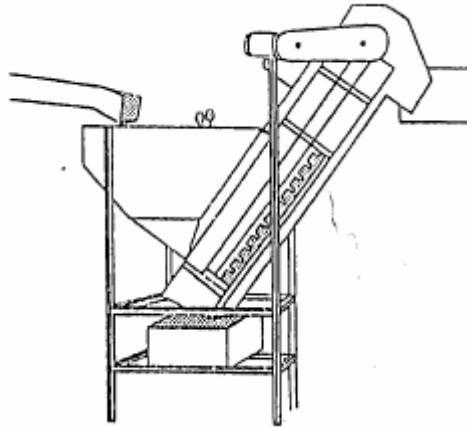
Figura 14. Peladora de papa



Fuente: Manual básico para operarios, Departamento de Capacitación

- **Tolva de alimentación a rebanadora:** En esta tolva caen las papas peladas para alimentar posteriormente la rebanadora. Aquí el agua se utiliza para evitar que se negreen las papas.

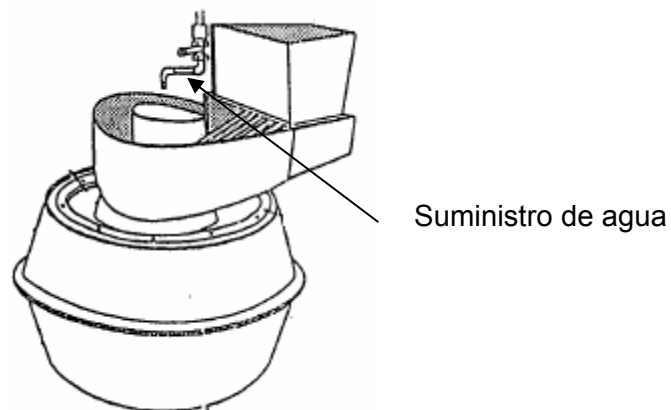
Figura 15. Tolva de alimentación a rebanadora



Fuente: Manual básico para operarios, Departamento de Capacitación

- **Rebanadora:** En este equipo se utiliza el agua para eliminar el exceso de almidón que tiene la hojuela de papa una vez rebanada así como conducir la hojuela hacia el lavador de hojuelas.

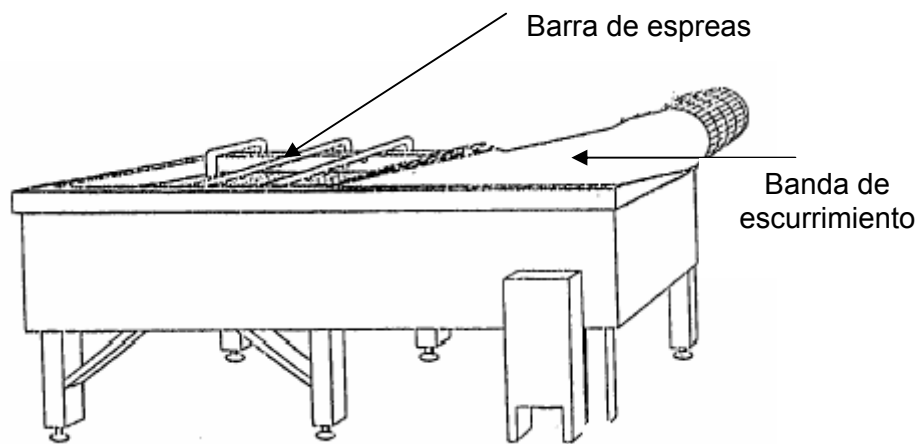
Figura 16. Rebanadora de papa



Fuente: Manual básico para operarios, Departamento de Capacitación

- **Lavador de hojuelas:** el propósito de esta operación es eliminar el exceso de almidón y desperdicios en las hojuelas de papa de la rebanadora. Existen barras de espreas que alimentan agua fresca al tanque lavador de velocidad para reemplazar el agua que la banda de escurrimiento y las hojuelas eliminan.

Figura 17. Lavador de hojuelas de papa



Fuente: Manual básico para operarios, Departamento de Capacitación

3.1.2.2 Línea de tortilla

El área de mejora de la línea de tortilla se encuentra en la unidad lavadora, donde se utiliza el agua para realizar el lavado de maíz. Este equipo cuenta con partes fundamentales para dicho lavado:

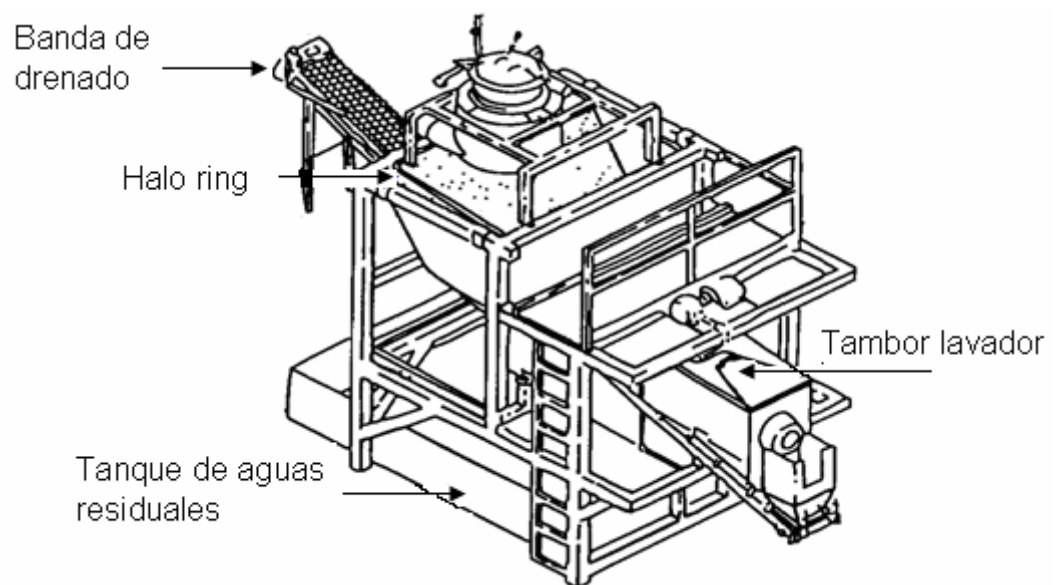
- **Tambor lavador:** el tambor lavador gira para lavar el maíz y aflojar la cascarilla, removiendo la cal y fragmentos de maíz con agua a alta presión; La pared del tambor, cuenta con perforaciones de $\frac{1}{4}$ de pulgada, facilitando la salida del agua. El maíz limpio cae por la salida del tambor hacia un imán y después sobre la banda de drenado (banda escurridora).

- **Tanque de aguas residuales:** colecta el agua, la cascarilla y pequeños fragmentos de maíz removidos durante la transferencia y el lavado. Dicho tanque tiene su salida que se une con el sistema de tuberías que conducen el agua de proceso a la planta de tratamiento.
- **La barra de espreas:** dirigen el rocío de agua a alta presión (80 psig), sobre la cama de maíz del tambor lavador. existe una barra de espreas en el interior del tambor lavador y una barra por encima del mismo.
- **El halo ring:** el halo ring se encuentra instalado alrededor y en la parte superior de la tolva, para evitar que el maíz se pegue, rociando agua sobre las paredes de la tolva de la unidad lavadora ayudando así a que el maíz baje a la base de la tolva donde existe un gusano giratorio que lleva el maíz dentro del tambor lavador.
- **Tambor tamo:** es similar al tambor lavador, y este se encarga de depositar la mayor cantidad de fragmentos de maíz a un depósito que se encuentra a un costado del tanque de aguas residuales.
- **Banda de drenado:** se conoce también como banda escurridora y esta se encarga de trasladar el maíz limpio a la tolva de alimentación del molino. Una barra rocía agua limpia a la banda después de que el maíz se trasladó a la tolva de alimentación del molino.

La unidad lavadora es automática, ya que en la tolva de alimentación del molino existen sensores de alto nivel y sensores de bajo nivel. El sensor de alto nivel hace que la operación de lavado se detenga una vez que el maíz logra tocar dicho sensor. El sensor de bajo nivel indica que la tolva necesita maíz y esto hace que la operación de lavado se inicie nuevamente. Cuando la operación de lavado se detiene también se detiene la alimentación de agua a las espesas.

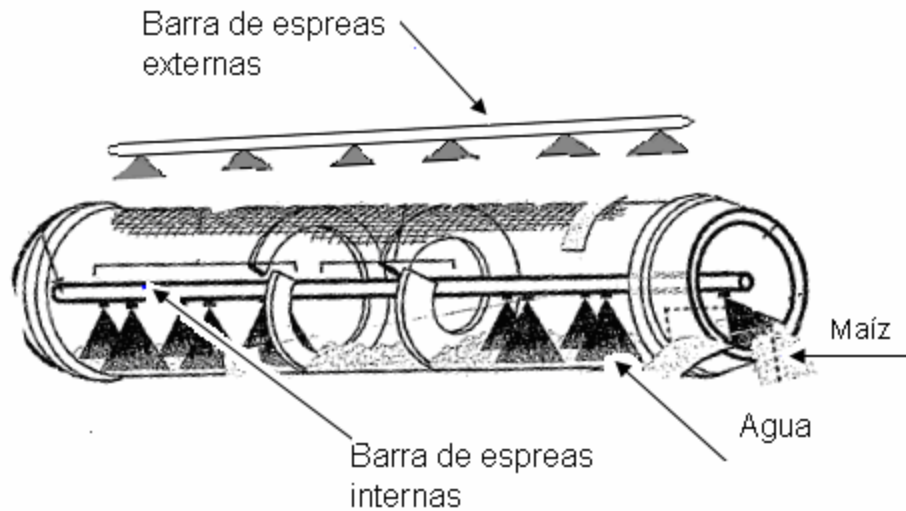
El maíz es trasladado hacia la unidad lavadora a través de una tubería conectada en los tanques de reposo, en donde es impulsado a través de una bomba; la transferencia de maíz se realiza de manera automática ya que existe un sensor en la unidad lavadora (este es diferente al sensor de la tolva de alimentación del molino). Para la línea TC 1500, TC 2000, CC 2000 y CC 1000 utilizan el mismo equipo que se muestra en la figura siguiente:

Figura 18. Unidad lavadora de maíz



Fuente: Manual básico para operarios, Departamento de Capacitación

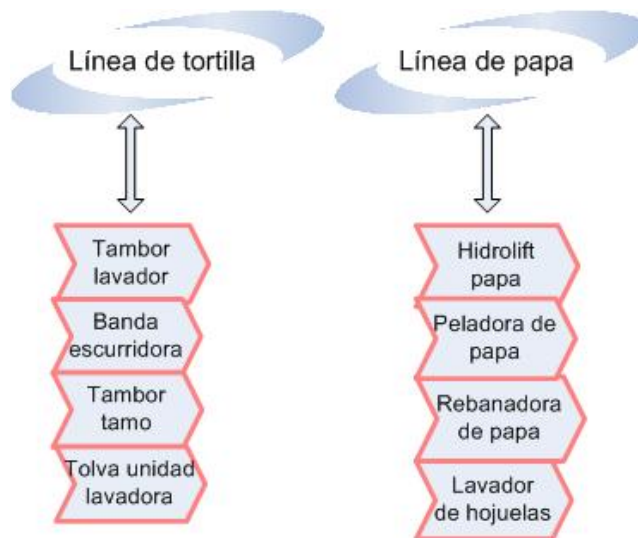
Figura 19. Tambor lavador



Fuente: Manual básico para operarios, Departamento de Capacitación

3.1.3 Diagrama de áreas seleccionadas

Figura 20. Diagrama de áreas seleccionadas



3.2 Análisis del agua

Para obtener la calidad del agua se ha realizado a través de análisis de laboratorio tomando muestras in-situ, específicamente en la línea de tortilla. En la línea de papa no se realizó dicho análisis, ya que aquí el agua contiene solo el almidón de la papa, tierra y algunas migajas de cáscara de papa.

3.2.1 Calidad del agua

La calidad del agua, es la condición general que permite que el agua sea utilizada para usos concretos, por ejemplo consumo humano. La calidad del agua está determinada por la hidrología, la fisicoquímica y la biología de la masa de agua a que se refiera. Las características hidrológicas son importantes ya que indican el origen, cantidad del agua y el tiempo de permanencia, entre otros datos.

La cantidad y la temperatura también son importantes a la hora de analizar las causas que concurren para que el agua presente una calidad u otra. Lógicamente, para una cantidad de contaminantes dada, cuanto mayor sea la cantidad de agua receptora mayor será la dilución de los mismos, y la pérdida de calidad será menor. Por otra parte, la temperatura tiene relevancia, ya que los procesos de putrefacción y algunas reacciones químicas de degradación de residuos potencialmente tóxicos se pueden ver acelerados por el aumento de la temperatura.

Los parámetros más comúnmente utilizados para establecer la calidad del agua son los siguientes: oxígeno disuelto, pH, sólidos en suspensión, DBO, fósforo, nitratos, nitritos, amonio, amoniaco, compuestos fenólicos, hidrocarburos derivados del petróleo, cloro residual, cinc total y cobre soluble.

Se precisa conocer, cual es la calidad del agua que se posee a la entrada de la planta de producción, después de haberse utilizado (proceso) y a la salida (después de ser mejorada en la planta de tratamiento).

3.2.1.1 Entrada

La calidad de entrada a la planta de producción proveniente del pozo mecánico y sin contener cloro se ha medido a través de un análisis de una muestra de agua realizada en un laboratorio (laboratorio Soluciones Analíticas), para establecer si el agua que se esta consumiendo es apta. Y sus resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla I. Resultado del análisis del agua de entrada

Parámetros	Dimensional	Valor	LMA*	LMP*
pH		7.1	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5
C.S.	mmhos/cm	0.2	0.1	0.75
Dureza	mg/L CaCO ₃	73.9	100	500
Turbiedad	NTU	< 5.00	5	15

Elementos	Dimensional	Valor	LMA*	LMP**
Nitrato	mg/L NO ₃	< 0.1	-----	50*
Calcio	mg/L Ca	17.9	75	150
Magnesio	mg/L Mg	7.1	50	100
Sulfato	mg/L SO ₄	< 4.5	100	250
Boro	mg/L B	0.1	-----	0.30
Cobre	mg/L Cu	< 0.1	0.05	1.50
Hierro	mg/L Fe	< 0.1	0.10	1
Manganeso	mg/L Mn	< 0.1	0.05	0.50
Zinc	mg/L Zn	2.1	3	70

Continúa

Cloruro	mg/L Cl	< 10	100	250
Bicarbonatos	mg/L HCO ₃	109.8	-----	-----

Fuente: Soluciones Analíticas

En donde:

LMA = Límite máximo aceptable (valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba del cual el agua pasa a ser rechazable por los consumidores, desde un punto de vista sensorial pero sin que implique un daño a la salud del consumidor).

LMP = Límite máximo permisible (valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba del cual el agua no es adecuada para consumo humano).

Mmhos/cm = milimhos por centímetro

Ppm = partes por millón

NTU = Unidades nefelométricas de turbidez

---- = No se tienen límites

* = Con base en la Norma NGO 29 001:99 Agua potable especificaciones de COGUANOR (Comisión Guatemalteca de Normas).

** = Organización Mundial de la Salud (OMS). Guía para la calidad de agua potable volumen No. 1 Recomendaciones. Ginebra 1995 pagina 54.

En la tabla anterior se observa que todos los parámetros (pH, dureza, turbiedad, C.S.), así como los elementos (nitrato, calcio, magnesio, etc.) contenidos en el agua, se encuentran dentro del límite máximo aceptable (LMA). Por lo que se puede concluir que el agua es apta para el consumo humano y para ser utilizada dentro de los procesos de la planta de producción.

Para el caso de los elementos la dimensional de mg/L indica la concentración de metales pesados en partes por millón contenidos en un litro de agua.

3.2.1.2 Proceso

Se le llama agua de proceso (agua residual) al agua que ha recibido uso y cuyas calidades han sido modificadas. En este caso el agua de proceso es el agua que se obtiene después de haber realizado el lavado de maíz en la línea de tortilla. La muestra fue tomada del tanque de aguas residuales de la línea TC 2000 en un recipiente de vidrio, y sus características obtenidas en dicho análisis son:

Tabla II. Resultado del análisis del agua de proceso

Parámetros	Dimensionales	Valor
Color	u PtCo	181
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/ L O ₂	5,460
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O ₂	15,215
Fósforo total	mg/L P	16
Grasas y aceites	mg/L	39
Material flotante		Ausente
Nitrógeno total	mg/L N	< 2.50
pH in situ		9.60

Continúa

Sólidos disueltos	mg/L	10,788
Sólidos en suspensión totales	mg/L	4,144
Sólidos sedimentables	ml/L	425
Sólidos totales	mg/L	14,932
Temperatura in situ	°C	31

Fuente: Soluciones Analíticas

UPtCo= unidades platino cobalto

Las dimensionales mg/L (miligramos por litro) indican la concentración de partes por millón de sólidos contenidos en un litro de agua. Al ver el valor de los datos obtenidos del análisis se observa que el agua se encuentra contaminada y el pH se encuentra fuera del límite máximo permisible. Actualmente no se cuenta con un límite máximo aceptable, ni un límite máximo permisible para los sólidos, DBO, y DQO contenidos en el agua residual.

3.2.1.3 Salida

Este análisis se ha realizado tomando una muestra del agua que se obtiene después de su tratamiento.

Tabla III. Resultado del análisis del agua de salida

Parámetros	Dimensionales	Valor
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L O ₂	2,970
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O ₂	4,545

Continúa

Grasas y aceites	mg/L	< 6
Sólidos disueltos	mg/L	3,600
Sólidos en suspensión totales	mg/L	192
Sólidos sedimentables	ml/L	< 0.10
Sólidos totales	mg/L	3,792

Fuente: Soluciones Analíticas

Tabla IV. Comparación, agua de proceso Vrs. agua post-tratamiento

Parámetros	Dimensionales	Agua de proceso	Agua post- tratamiento
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).	mg/L O ₂	5,460	2,970
Demanda Química de Oxígeno (DQO).	mg/L O ₂	15,215	4,545
Grasas y aceites	mg/L	39	< 6
Sólidos disueltos	mg/L	10,788	3,600
Sólidos en suspensión totales	mg/L	4,144	192
Sólidos sedimentables	mg/L	425	< 0.10
Sólidos totales	mg/L	14,932	3,792

En la tabla comparativa se observa que los niveles de concentración de sólidos, demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno han disminuido considerablemente. Se aprecia la importancia que tiene la planta de tratamiento al disminuir los niveles de contaminación del agua.

3.3 Plan de monitoreo

Actualmente no se cuenta con un dato específico de cual es el consumo de agua que se tiene en la línea de tortilla y en la línea de papa para realizar sus operaciones; es por ello que el plan de monitoreo tomará todos los aspectos importantes que pueden influir en el estudio.

3.3.1 Características de producción

Es importante conocer como se trabaja actualmente dentro de la planta de producción, esto ayuda a relacionar el gasto del agua con el comportamiento de operación de las líneas de producción; de donde sus características son:

Línea de tortilla

- Producción en línea
- Producción intermitente
- Se trabajan las veinticuatro horas del día y los siete días de la semana.
- Existe un paro programado de doce horas para lavado de la línea una vez por semana.

Línea de papa

- Producción en línea
- Producción por pedidos
- Paros programados por cambio de producto
- No se trabaja las veinticuatro horas del día

3.3.1.1 Metodología de estudio

La metodología de estudio se basa a través de un monitoreo descrito en tres pasos principales que se mencionan a continuación:

Paso 1: Realizar mediciones in-situ del caudal de agua en las áreas de mejora que se han identificado.

Paso 2: Apreciar la cantidad de agua que se está utilizando actualmente para realizar el lavado de maíz y el lavado de papa en cada una de las líneas de producción. Esto se realizará tomando cierta unidad de medida (en este caso kilogramos, ya que así lo trabajan dentro de la planta), midiendo así el tiempo que se ocupa para consumirse dicha cantidad.

Paso 3: Teniendo los pasos 1 y 2 se establecerá un promedio de consumo de agua en una semana laboral, por cada línea de producción; y con esto se obtendrán los gráficos de consumo de agua de dichas líneas.

Lo que se pretende con los tres pasos antes mencionados es lograr un balance de consumo de agua, estableciendo al mismo tiempo los índices de desempeño de las líneas de producción; esto es en relación a los índices de consumo de agua (galones/kilogramo).

3.3.1.2 Asignación de recursos

Los recursos que se van a utilizar en dicho estudio son bastante sencillos y de fácil obtención; ya que únicamente se va a recurrir a una cubeta de plástico, un cronómetro, bolsas de plástico, y un recipiente con medidor de agua (en mililitros), para realizar las mediciones.

3.3.2 Monitoreo

Los datos que se obtienen al realizar el monitoreo del caudal de agua se detallan a continuación:

Paso 1: Las partes que se mencionan como esprea 1, esprea 2, etc. Se les ha nombrado así para ser más específicos para realizar las mediciones en algunos casos (ver figura 19).

Tabla V. Caudal de agua línea TC 1500

Tambor lavador (litros/minuto)					
Ubicaciones	1 min.	1 min.	1 min.	1 min.	Promedio
Esprea 1	5.44	5.52	4.6	5.50	5.265
Esprea 2	3.9	3.7	3.8	3.82	3.805
Esprea 3	5.95	5.40	5.7	5.0	4.136
Esprea 4	2.8	2.8	2.8	2.8	2.80
Esprea 5	6.9	6.26	6.1	6.44	6.425
Total litros de agua espreas externas					22.431
Litros de agua espreas internas					16.2
Total litros espreas interna y externas					38.631
Total galones de agua/minuto					10.21
Tolva unidad lavadora					
Galones/minuto					25.4
Banda escurridora					
Galones/minuto					7.61

Resumen

Ubicaciones	Galones/minuto	Galones/hora
Tambor lavador	10.21	612.6
Tolva unidad lavadora	25.4	1,524
Banda escurridora	7.61	456.6
Total línea TC 1500	43.22	2,593.2

Fuente: Investigación propia

Ya que los datos que se muestran en la tabla están dados en litros de agua y la unidad de medida que se utilizará son galones, se realiza la conversión siguiente sabiendo que:

$$1 \text{ galón} = 3.785 \text{ litros}$$

$$38.631 / 3.785 = 10.21 \text{ galones de agua por minuto}$$

(10.21 gal/min.)

Tabla VI. Caudal de agua línea TC 2000

Tambor lavador (litros/minuto)					
Ubicaciones	1 min.	1 min.	1 min.	1 min.	Promedio
Esprea 1	9.21	8.805	9.15	9.0	9.041
Esprea 2	7.50	7.44	7.71	7.74	7.597
Esprea 3	0.90	0.72	0.705	0.66	0.746
Esprea 4	5.85	5.85	5.70	5.67	5.767
Total litros de agua espreas externas					23.152
Litros de agua espreas internas					45.57
Total litros espreas internas y externas					68.722

Total galones de agua/minuto	18.16
Banda escurridora	
Galones de agua/minuto	3.17
Tambor tamo	
Galones de agua/minuto	4.25

Resumen

Ubicaciones	Galones/minuto	Galones/hora
Tambor lavador	18.16	1,089.6
Tambor tamo	4.25	255
Banda escurridora	3.17	190.2
Total línea TC 2000	25.58	1,534.8

Fuente: Investigación propia

Tabla VII. Caudal de agua línea CC 2000

Tambor lavador (litros/minuto)				
ubicaciones	1 min.	1 min.	1 min.	Promedio
Esprea 1	2.6	2.80	2.800	2.231
Esprea 2	2.60	2.60	2.60	2.6
Esprea 3	2.80	2.80	2.80	2.80
Esprea 4	1.80	1.80	1.80	1.80
Esprea 5	2.50	2.50	2.50	2.50
Esprea 6	3.0	2.86	3.00	2.39

Continúa

Esprea 7	2.80	2.60	2.60	2.16
Esprea 8	2.60	2.60	2.60	2.112
Esprea 9	2.60	2.60	2.60	2.60
Esprea 10	2.60	2.60	2.60	2.60
Total espreas exteriores				22.726
Espreas interiores				31.50
Espreas interiores y exteriores				54.226
Total galones/minuto				14.33
Tolva unidad lavadora				
Galones/minuto				22.54
Banda escurridora				
Galones/minuto				2.54

En esta línea se ha tomado en cuenta el agua que se utiliza para descargar una tina de maíz a la tolva de la unidad lavadora; ya que esta agua se utiliza para que la bomba que impulsa el maíz pueda descargarlo sin tener problemas. Los resultados según el monitoreo son de **361.5 galones** de agua en promedio por tina de maíz (estos datos no se encuentran en las tablas, se incluirán en el paso 2).

Resumen

Ubicaciones	Galones/minuto	Galones/hora
Tambor lavador	14.33	859.8
Tolva unidad lavadora	22.54	1,352.4
Banda escurridora	2.54	152.4
Total línea CC 2000	39.41	2,364.6

Fuente: Investigación propia

Tabla VIII. Caudal de agua línea CC 1000

Tambor lavador (litros/minuto)			
ubicaciones	1 min.	1 min.	Promedio
Esprea 1	3645	2.70	3.172
Esprea 2	2.85	3.405	3.127
Esprea 3	3.0	3.45	3.225
Esprea 4	3.15	3.0	3.075
Esprea 5	2.4	2.43	2.415
Esprea 6	3.675	3.60	3.637
Esprea 7	3.0	3.30	3.15
Esprea 8	3.15	3.30	3.225
Esprea 9	3.45	3.57	3.51
Esprea 10	4.20	3.75	3.975
Total agua espreas externas			32.512
Total agua espreas internas			22.400
Total agua espreas internas y externas litros/minuto			54.912
Total agua galones/minuto			14.51
Tolva unidad lavadora			
Galones de agua/minuto			11.5
Tambor tamo			
Galones de agua/minuto			3.96

RESUMEN

Ubicaciones	Galones/minuto	Galones/hora
Tambor lavador	14.51	870.6
Tolva unidad lavadora	11.5	690
Tambor tamo	3.96	237.6
Total línea CC 1000	29.97	1,798.2

Fuente: Investigación propia

Tabla IX. Caudal de agua línea de papa

Ubicaciones	Galones/minuto	Galones/hora
Hidrolift papa	21.96	1,317.6
Peladora de papa y recolector de finos	19.66	1,179.6
Tolva de alimentación a rebanadora	6.30	378
Rebanadora de papa	3.61	216.6
Lavador de hojuelas	26	1,560
Total línea de papa	77.53	4,651.8

Fuente: Investigación propia

Paso 2: Aquí se ha observado 4 días, en cada una de las líneas de producción para establecer un promedio de consumo de agua que se muestran en dichas tablas. Esto será útil para establecer la relación de galones de agua consumidos por kilogramo de maíz lavado.

Tabla X. Monitoreo de consumo de maíz, para lavado línea TC 1500

	Tanques de maíz observados	Kg. Maíz lavados	Tiempo real lavado	Galones de agua utilizados
Día 1	1	2,000	1 hora 23 minutos	3,578.62
Día 2	1	2,000	1 hora 28 minutos	3,786.07
Día 3	1	2,000	1 hora 25 minutos	3,682.34
Día 4	1	2,025	1 hora 29 minutos	3,837.94
Promedio de Galones				3,721.24

Fuente: Investigación propia

Tabla XI. Monitoreo de consumo de maíz, para lavado línea TC 2000

	Tanques de maíz observados	Kg. Maíz lavados	Tiempo real lavado	Galones de agua utilizados
Día 1	1	2,000	1 hora 38 minutos	2,501.72
Día 2	1	2,000	1 hora 28 minutos	2,240.81
Día 3	1	2,000	1 hora 57 minutos	2,992.86
Día 4	1	2,000	1 hora 52 minutos	2,854.73
Promedio de Galones				2,647.53

Fuente: Investigación propia

Línea CC 2000

A esta línea de producción se le suman los galones de agua que se utilizan para descargar una tina de maíz en la tolva de la unidad lavadora. Estos son **361.5** galones de agua en promedio por tina de maíz. Además de ello cada tina de maíz, de descarga a la unidad lavadora contiene en promedio 434 kilogramos de maíz.

Tabla XII. Monitoreo de consumo de maíz, para lavado línea CC 2000

	Tinas de maíz observadas	Kg. Maíz lavado	Tiempo real lavado	Galones de agua utilizados
Día 1	5	2,168	1 hora 28 minutos	5,259.82
Día 2	5	2,165	1 hora 30 minutos	5,354.40
Día 3	5	2,170	1 hora 36 minutos	5,590.86
Día 4	5	2,169	1 hora 38 minutos	5,661.80
Promedio de Galones				5,466.72

Fuente: Investigación propia

Tabla XIII. Monitoreo de consumo de maíz, para lavado línea CC 1000

	Tanques de maíz observados	Kg. Maíz lavado	Tiempo real lavado	Galones de agua utilizados
Día 1	1	500	30 minutos	899.1
Día 2	1	500	29 minutos	869.13
Día 3	1	500	31 minutos	929.07
Día 4	1	500	28 minutos	839.16
Promedio de Galones				884.12

Tabla XIV. Monitoreo de consumo de papa, para lavado

	Cajones de papa observados	Kg. de papa lavados	Tiempo real lavado	Galones de agua utilizados
Día 1	4	2,970.64	1 hora 30 minutos	6,977.7
Día 2	4	3,129.44	1 hora 40 minutos	7,721.98
Día 3	4	3,000	1 hora 32 minutos	7,117.25
Día 4	4	3,268.88	1 hora 44 minutos	8,047.61
Promedio de Galones				7,466.14

Fuente: Investigación propia

3.3.2.1 Balance de consumo

Un balance de consumo de agua mide las cantidades de dicho recurso que entran en un proceso y la producción que se genera como resultado de ese proceso. Una de las leyes básicas establece que el total de agua entrante en el proceso debe equivaler al total saliente.

El balance se centra en la parte de proceso ya que aquí se describe como se reparte toda el agua proveniente de la cisterna a las líneas de producción.

3.3.2.1.1 Entrada

En esta parte no es tan fácil de conocer cual es la entrada de agua ya que como existe una cisterna de agua, ésta se abastece conforme se está consumiendo dentro de la planta de producción. El agua de entrada a la cisterna es impulsada a través de una bomba de 60 Hp, la bomba opera de

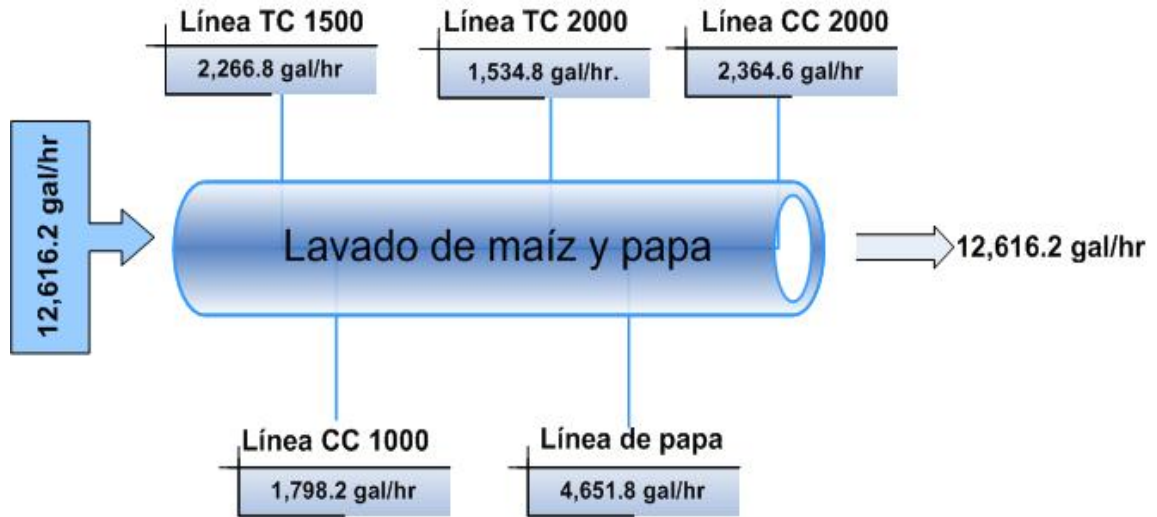
manera automática ya que existe un flote en la cisterna, según las características de funcionamiento de la bomba esta opera con una capacidad de 150 a 280 galones por minuto.

3.3.2.1.2 Proceso

El balance en el proceso evidencia el promedio de galones por minuto que están consumiendo cada una de las líneas de producción, tanto en la unidad lavadora como en la línea de papa. Se observa que en la línea TC 1500 constituye el 17.97% de consumo de agua en una hora; la línea TC 2000 el 12.17%, la línea CC 2000 el 18.74%, la línea CC 1000 el 14.25% y la línea de papa el 36.87% de consumo de agua en una hora, para completar así el 100% que es de 12616.2 galones de agua en una hora en la entrada a la planta; cantidad que es equivalente a lo que debe conducirse hacia la planta de tratamiento.

Ahora se presenta un pequeño diagrama que esquematiza los porcentajes de consumo que se han mencionado.

Figura 21. Balance de consumo de agua en proceso



Fuente: Investigación propia

3.3.2.1.3 Salida

Al hablar de balance de salida su enfoque se centra en la planta de tratamiento, aquí el agua de proceso se deposita en una cisterna (tanque de homogenización), y en la actualidad en la planta de tratamiento no existe un dato exacto de los galones por minuto que se trabajen como estándar de operación; ya que estos varían de acuerdo al nivel que se registre dentro del tanque de homogenización. Sabiendo que la capacidad del tanque de homogenización es de 72 metros cúbicos y según mediciones tomadas se observó que la planta de tratamiento trabaja a un ritmo de 90 a 130 galones por minuto.

3.3.2.2 Índices de consumo de agua

Los índices son uno de los parámetros que se utilizan para medir la eficiencia y el rendimiento de cualquier actividad productiva. Para establecer los índices de consumo se utilizan los datos de las tablas obtenidas en el paso 2 del monitoreo, ya que con ello se observa que si 2000 kilogramos de maíz se lavan en dos horas y durante ese tiempo de lavado se consumió cierta cantidad de agua, entonces se logra establecer la relación de galones de agua utilizados por kilogramo de maíz lavado.

El objetivo de obtener dichos índices es para utilizarlos como multiplicadores y establecer la eficiencia de las líneas de producción en el área de lavado. La relación que se aplicará será de galones/kilogramos, utilizando los promedios de galones de agua en las tablas del paso 2 se obtiene:

$$\text{Índices de consumo} = \frac{\text{galones de agua utilizados}}{\text{kilogramos de maíz lavado}}$$

Tabla XV. Índices de consumo de agua

Ubicaciones	Promedio de galones de agua	Kg. De maíz lavados en promedio	Índices (Gal/kg.)
Línea TC 1500	3,721.24	2,000	1.86
Línea TC 2000	2,647.53	2,000	1.32
Línea CC 2000	1,093.34	434	2.52
Línea CC 1000	8,84.12	500	1.77
Línea de papa	1,866.54	750	2.49

Fuente: Investigación propia

En la tabla anterior se tiene que en la línea CC 2000 se consume en promedio **5,466.72** galones de agua en 5 tinas de maíz; si se divide dicho dato dentro de 5 se logra un resultado de **1,093.34** galones por tina de maíz. La misma situación sucede con la línea de papa ya que en la misma se consume un promedio de **7,466.14** galones de agua en 4 cajones de papa; si se divide dentro de 4 se obtiene **1,866.54** galones por cajón de papa. La línea de producción que logra la mejor eficiencia es la línea TC 2000, ya que únicamente utiliza 1.32 galones de agua para lavar un kilogramo de maíz cocido; y la línea que se excede en el consumo es la línea CC 2000, ya que ésta alcanza un índice de 2.52 galones de agua por kilogramo.

Paso 3: Ya que las líneas de producción operan los siete días de la semana se pretende establecer la cantidad de agua que utilizan. Es por ello que se han utilizado los registros de consumo de maíz y papa que se han tenido durante los últimos dos meses (julio y agosto) para la línea de tortilla y los últimos 4 meses (mayo, junio, julio y agosto) para la línea de papa. Los promedios que se han tomado son semanales, según registros del departamento de ingeniería y multiplicando los índices de consumo de agua por el consumo promedio de maíz semanalmente, se obtienen los galones de agua que se han empleado de la manera siguiente:

Tabla XVI. Consumo semanal de agua, por línea de producción

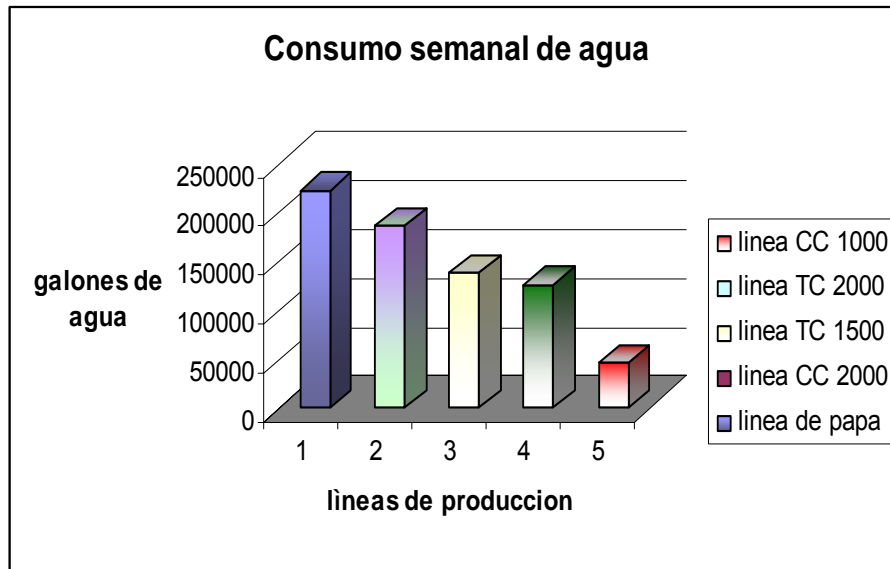
Ubicaciones	Consumo promedio de maíz semanalmente	Índices (Gal/kg.)	Consumo de agua semanalmente
Línea TC 1500	7,4537.75	1.86	138,640.22
Línea TC 2000	9,5847.71	1.32	126,518.98
Línea CC 2000	7,4756.5	2.52	186,891.25
Línea CC 1000	2,5812.63	1.77	45,688.34
Línea de papa	8,9534.09	2.49	222,939.88

Fuente: Investigación propia

3.3.2.3 Gráficos de consumo

En este gráfico de consumo semanal de agua aparece de izquierda a derecha la línea de papa, línea CC 2000, línea TC 1500, línea TC 2000 y línea CC 1000 respectivamente. Dichos datos graficados corresponden a los valores de la tabla XVI, si se hiciese una comparación anual del consumo de agua se tendría números bastante grandes en el consumo de agua de cada una de las líneas de producción y este dato sería proporcional al gasto semanal.

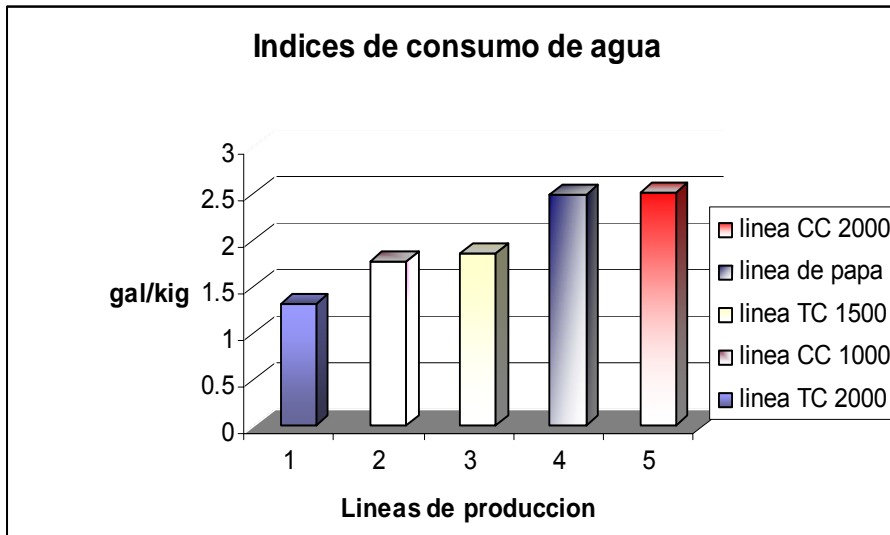
Figura 22. Consumo de agua Semanalmente



Fuente: Investigación propia

Ahora se presentan en forma gráfica los índices de desempeño (índices de consumo de agua) aparece de izquierda a derecha: línea TC 2000, línea CC 1000, línea TC 1500, línea de papa, y línea CC 2000 respectivamente.

Figura 23. Índices de consumo de agua



Fuente: Investigación propia

3.3.3 Análisis de resultados

Tabla XVII. Resultados generales en el consumo de agua

Ubicaciones	Agua (Gal/hr.)	Kg. Maíz para lavado	Galones de agua en promedio	Índices	Consumo de agua semanal
Línea TC 1500	2,266.8	2,000	3,721.24	1.86	138,640.22
Línea TC 2000	1,534.8	2,000	2,647.53	1.32	126,518.98
Línea CC 2000	2,364.6	434	1,093.34	2.52	186,891.25
Línea CC 1000	1,798.2	500	884.12	1.77	45,688.34
Línea de papa	4,651.8	750	1,866.54	2.49	222,939.88

Fuente: Investigación propia

En esta tabla de resultados se obtiene un panorama más claro, de todo el estudio que se ha realizado. Sumando la columna de consumo de agua semanalmente, de las cinco líneas de producción respectivamente se logra un total de 720,678.67 galones de agua; sabiendo que un metro cúbico de agua tiene 264.20 galones, realizando una regla de tres se tiene que: 2727.78 metros cúbicos de agua son los que se consumen semanalmente en la planta de producción para el área de lavado.

3.3.4 Análisis de costos

Para analizar los costos actuales que se están generando con respecto al consumo del agua; se enfocan en dos áreas importantes: costos por el tratamiento de aguas residuales y costos por bombeo del agua. El costo por tratamiento del agua se refiere al dinero que se está gastando para la compra de químicos; y los costos por bombeo obviamente son los pagos que se realizan por el consumo de energía eléctrica de las bombas de 60 Hp (caballaje de fuerza) y de 7.5 Hp.

Resultados

Costo de químicos:

Según los datos que se tienen del año pasado (2005) dentro de la empresa se logró estimar que en promedio se gastó US \$190,000.00 en químicos para tratamiento del agua.

Costo por bombeo del agua

Costo por bombeo = (energía de la bomba*costo de la energía)/ caudal de la bomba.

Actualmente la bomba de 60 Hp tiene un consumo de 227 Kwh. (kilovatio hora). Y las bombas de 7.5 Hp un consumo de 6.398 Kwh. cada una (en total cuatro bombas) el costo que se tiene por el pago de kilovatio hora (Kwh.) es de US \$ 0.087258/Kwh. Con ello se calcula el costo por bombeo.

Bomba 60 Hp

$$\frac{(227 \text{ Kwh/h}) * (\text{US } \$0.087258/\text{Kwh})}{54.504 \text{ m}^3/\text{h}} = \text{US } \$ 0.3634149 / \text{m}^3$$

La bomba de 60 Hp opera el 80% del tiempo por lo que multiplicando el costo por este porcentaje se obtiene. US \$ 0.2907/ m³

Bomba 7.5 Hp

$$\text{Costo} = \frac{(6.398 \text{ Kwh/h}) * (\text{US } \$0.087258/\text{Kwh})}{17.03 \text{ m}^3/\text{h}} = \text{US } \$ 0.03278 / \text{m}^3$$

Multiplicando 0.03278 * 4 se tiene: US \$ 0.1311 por las cuatro bombas

Costo total bombeo = 0.2907+0.1311 = US \$.42182 / m³

Aprovechando los datos semanales que se tienen del consumo semanal de agua en metro cúbico que es de: 2,727.78 metros cúbicos de agua (ver tabla XVII) y un año comercial posee 51.43 semanas se puede obtener el costo anual por bombeo, que se identifica en la siguiente tabla:

Tabla XVIII. Costos del agua utilizada dentro del proceso productivo

Identificación	Costo anual
Tratamiento del agua	US \$ 190,000.00
Costo por bombeo del agua	US \$ 58,921.68
Costos totales	US \$ 248,921.68

Fuente: Investigación propia

4. ESTRATEGIA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

4.1 Producción más limpia

Uno de los principios de la producción más limpia es la prevención de la contaminación, y la reutilización de materias primas en lo que pueda ser posible; por tanto, se puede aplicar la estrategia de producción más limpia para el mejor aprovechamiento del agua.

Aumentar la eficiencia y reducir los riesgos de los seres humanos y el ambiente también es una prioridad de la producción más limpia. Ya que actualmente se tiene un control de los desechos que se generan a través de equipo de tratamiento, pero aun no se logra la eficiencia en la producción más limpia que se desea.

Los resultados del monitoreo en el capítulo 3 permiten observar que, si es posible y necesario buscar la manera viable de cómo poder utilizar el agua que se maneja para el área de lavado dentro del proceso de producción. Aquí entra en función la tecnología que será el medio por el cual se logre la aplicación de un mejor beneficio del agua.

El centro guatemalteco de producción más limpia no cuenta con una política nacional de producción más limpia, solamente existen códigos y decretos. En el artículo 97 titulado como Medio Ambiente y Equilibrio Ecológico, de la Constitución Política de la República, establece que el estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la

contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico; así como garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación.

4.1.1 Reciclaje/Reutilización en el lugar

Este es un concepto aplicable a las prácticas de producción más limpia, y no es más que la reutilización de los materiales desperdiciados en el mismo proceso u otra aplicación útil dentro de la empresa.

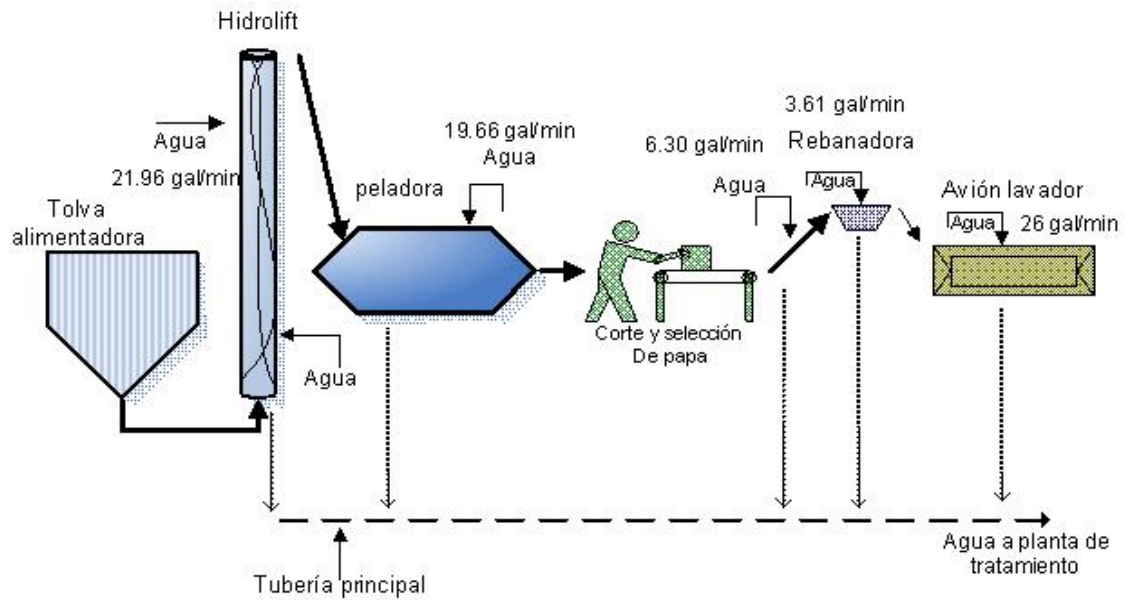
Es importante hacer notar que se puede pensar que el reciclaje se puede realizar al arribo en la planta de tratamiento; pero se perderían muchas características de dicha agua. Además dentro de la planta de producción existe un circuito de tuberías donde se capta el agua utilizada para cada línea de producción, pero todas estas se unen en una principal antes de la llegada al tanque de homogenización (ver figura 13) y la calidad del agua cambia substancialmente debido a la mezcla de diferentes aguas.

4.1.1.1 Línea de papa

Para poder utilizar el reciclaje en la línea de papa se ha realizado este pequeño croquis para conocer de manera más específica cual es el flujo del agua después de su utilización. Las líneas con puntos pequeños indican como circula el agua una vez utilizada tanto en la peladora, hidrolift, rebanadora y avión lavador (lavador de hojuelas).

La línea con guiones indica la tubería principal que traslada toda el agua hacia la planta de tratamiento; esta corresponde únicamente a la línea de papa.

Figura 24. Diagrama de la conducción del agua en la línea de papa



Fuente: Investigación propia

4.1.1.2 Línea de tortilla

En la línea de tortilla de igual manera, se puede recuperar el agua de lavado de maíz para que sea utilizada en ese mismo proceso, o pueda utilizarse para realizar el lavado de equipo, o lavado de piso dentro de las áreas de producción.

Como se sabe que la línea de tortilla se subdivide en cuatro líneas y en total por las cuatro se tiene un caudal de 138.18 galones/minuto (ver tablas capítulo 3), para poder recuperar el agua en el área de lavado de dichas líneas, se podría realizar de manera particular para cada una, pero esto implicaría mayores costos, más espacio, y más recurso material. Es por ello que la manera más correcta de realizarlo es unir toda el agua en un mismo punto, para

que de esa manera pueda captarse los 138.18 galones/minuto, para su posterior reciclaje, para obtener mayores resultados.

4.2 Tecnología aplicada

Para poder implementar la estrategia de producción más limpia es necesario utilizar tecnología que pueda ser rentable una vez instalada dentro de la línea de producción y que pueda acoplarse al espacio limitado con que se cuenta actualmente dentro de la planta de producción. Según las necesidades actuales y las características del agua residual que se obtiene después de su uso, la tecnología que se puede aplicar es adecuada y esta misma se menciona de la siguiente manera.

4.2.1 Análisis de oferta

Como no todos los equipos reciclan la misma calidad de agua residual, ya que existen en el mercado equipos para reciclaje de aguas negras que no es útil para este tipo de agua que se obtiene dentro de la planta de producción. Se han identificado dos alternativas que se pueden utilizar para reciclar el agua de lavado de producto, esta es tecnología que se emplea en otras industrias que se dedican a la elaboración de Snacks en diferentes partes del mundo, así como industrias de alimentos que realizan diversos procesos productivos que utilizan el agua como materia prima; esta es una referencia favorable para justificar el uso de dicho equipo. (para conocer un poco más de las industrias que se dedican a la fabricación de este equipo, ver anexo 1).

4.2.1.1 Hidrociclones

Los hidrociclones son de gran eficacia para la separación de un 97% de las partículas de peso específico superior al agua. Este equipo lo hay en diferentes estilos y capacidad según el caudal de agua que se tenga, pero la eficiencia para poder separar los sólidos es bastante efectiva. Estos pueden ser instalados solos, o en grupos según el caso y especificaciones de diseño.

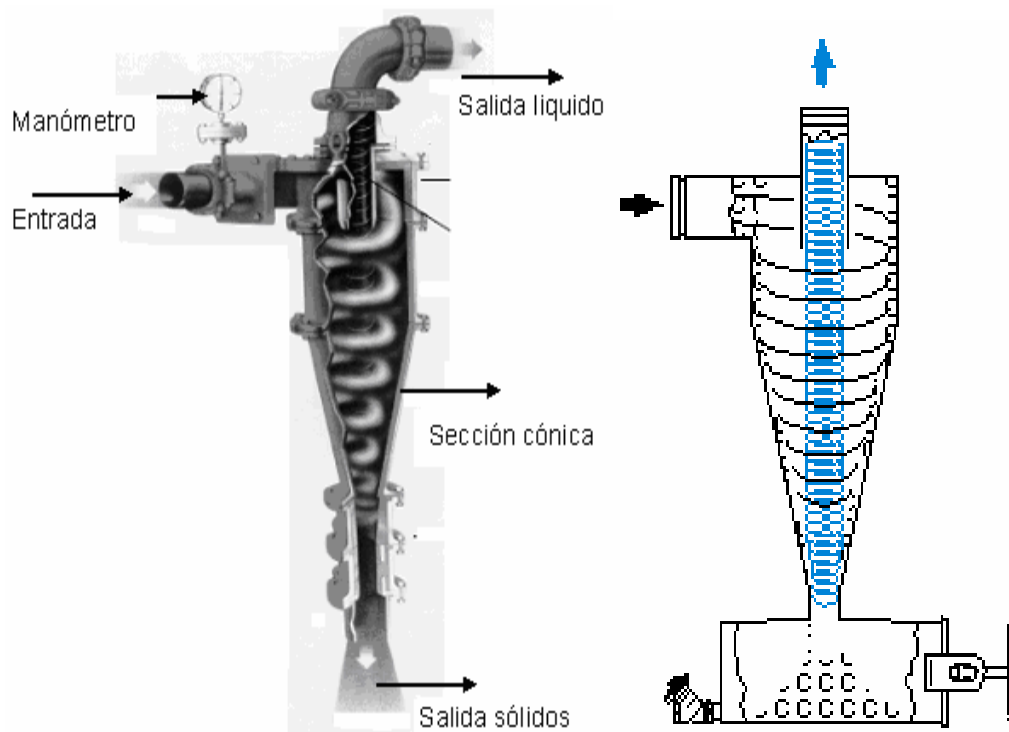
Teniendo una alimentación tangencial, el ciclón convierte la cabeza de presión debido a la bomba de alimentación en un rápido movimiento de remolino entre el cuerpo, causando que la pulpa y sólidos en suspensión se separen. La importancia de este equipo es que además de recuperar el 90% del agua para reutilizarse dentro de la misma línea de producción, se puede recuperar el almidón en un 80% que se encuentra en el afluente de agua (para el caso de la línea de papa).

Existen procesos de separación líquido-líquido y procesos de separación sólido-líquido en la tecnología de hidrociclones, pero el único proceso importante para mencionarlo es el sólido-líquido.

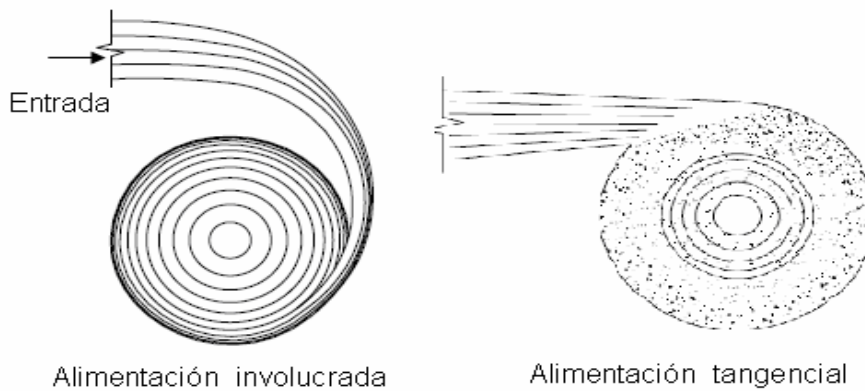
Los hidrociclones también pueden ser utilizados para separar la arena del agua, para separación de minerales, aceites y una gran variedad para cubrir la mayor parte de necesidad en el mercado mundial.

A continuación se presenta la forma típica de un hidrociclón, con alguna de sus partes importantes que lo componen, para tener un mejor concepto de dicha tecnología.

Figura 25. Forma típica de un hidrociclón



Alimentación involucrada Vs. Alimentación tangencial



Fuente: www.krebs.com

La figura anterior muestra la forma típica de un hidrociclón, en donde posee una entrada de alimentación, un manómetro para medir la presión, y dos salidas una superior y una inferior, para la salida de los sólidos y la salida del líquido sin sólidos respectivamente. La alimentación involucrada versus alimentación tangencial, detallan como maneja un hidrociclón el agua a la entrada y como la trabaja en su interior, la parte punteada da a entender las partículas que se están moviendo tras la rotación (torbellino) del mismo. Ver anexos.

- **Material con que se fabrican**

Los hidrociclones por ser su diversidad y aplicación bastante amplia son hechos de diferentes materiales, pero es común encontrar hidrociclones hechos de: poliuretano y polímeros, poliuretano y acero elastómero, acero elastómero así como los de acero inoxidable. Su sistema modular facilita bastante el intercambio de piezas entre ciclones de diferentes tamaños y materiales. Los conductos de alimentación, descarga y rebose son de sección variable para adaptar la operación a las diferentes condiciones de trabajo y objetivos a alcanzar.

- **Mantenimiento**

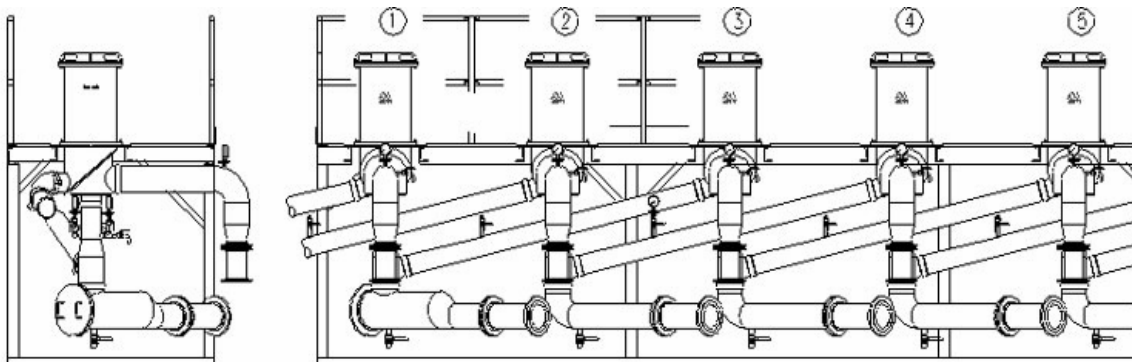
El mantenimiento es simple gracias a los elementos especiales de conexión entre las diferentes partes del hidrociclón.

- **Hidrociclones instalados en grupos**

Aquí se muestran hidrociclones instalados en grupo, que también pueden llamarse batería de hidrociclones, y se utilizan según la necesidad y el

tipo de proceso y separación de sólidos que se les desea dar, ya que con ello se logra una mayor eliminación de sólidos contenidos en el agua.

Figura 26. Hidrociclones instalados en grupo



Fuente: www.odis.com

- **Hidrociclón cilíndrico**

Este otro tipo de hidrociclón es un modelo cilíndrico, y no es más porque en su parte exterior se aprecia únicamente su cuerpo cilíndrico por su ángulo de 180° , es decir fondo perpendicular a la pared lateral.

Figura 27. Hidrociclón cilíndrico



Fuente: www.krebs.com

- **Funcionamiento**

La alimentación entra tangencialmente a la parte cilíndrica bajo una cierta presión, lo que genera su rotación alrededor del eje longitudinal del hidrociclón, formando un torbellino descendente hacia el vértice de la parte cónica. Las partículas más gruesas debido a la aceleración centrífuga giran cercanas a la pared, siendo evacuadas a través de la boquilla en forma de pulpa espesa. Debido a las reducidas dimensiones de ésta, solamente se evacua una parte de la suspensión, creándose en el vértice del cono un segundo torbellino de trayectoria ascendente, el cual transporta las partículas finas junto con la mayor parte del líquido, abandonando el hidrociclón a través de un tubo central situado en la tapa superior del cuerpo cilíndrico. Regulando la aceleración del torbellino y variando la geometría.

- **Formas de instalación**

Normalmente los hidrociclones son instalados con la entrada horizontal y su salida vertical; esto va a depender de cómo sea el diseño del equipo o línea de producción en donde se puedan colocar.

Es importante también mencionar el efecto que causaría al personal cercano a la instalación de este equipo. Pues este equipo básicamente lo que genera es únicamente ruido, debido a las bombas que se utilizan para impulsar el agua y muchas veces el nivel que genera es de 75 dB, durante una jornada laboral que un trabajador cercano al equipo puede soportar.

4.2.1.2 Centrifugación

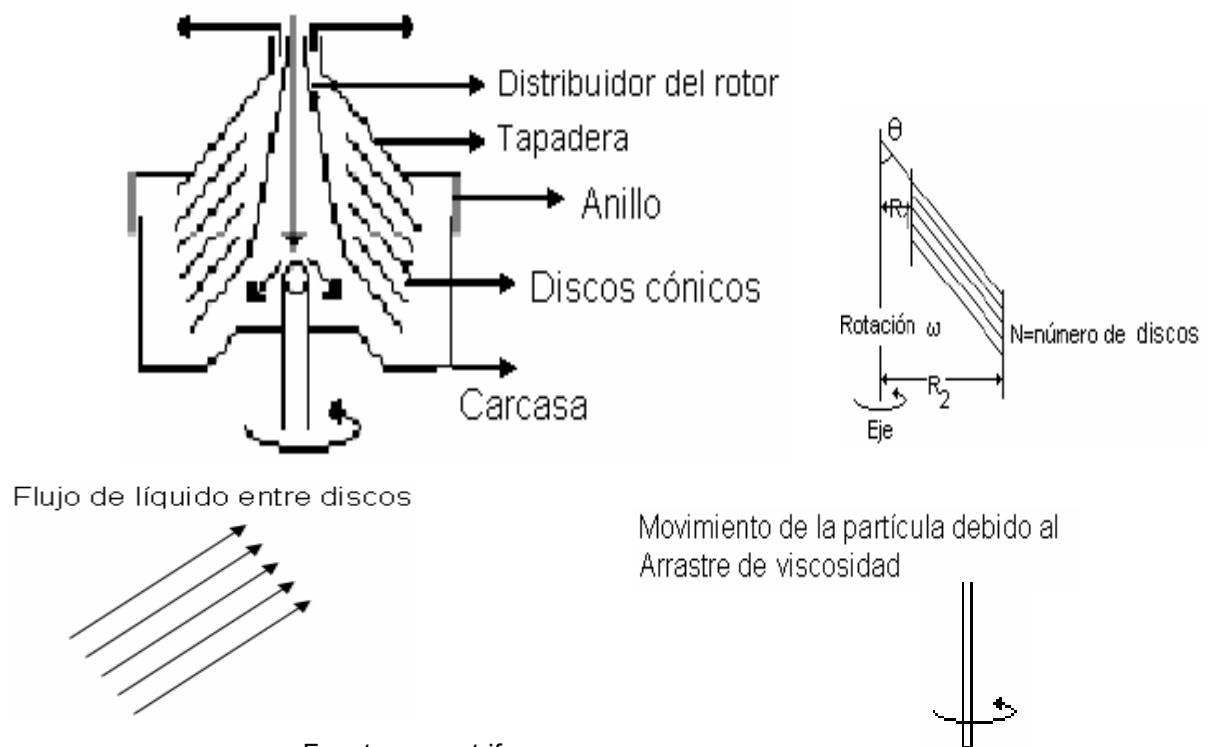
La centrifugación es un método mecánico de separación de líquidos no miscibles (mezclables), o de sólidos y líquidos por la aplicación de una fuerza centrífuga; esta fuerza puede ser muy grande. Las separaciones que se llevan a cabo lentamente por gravedad pueden acelerarse en gran medida con el empleo de equipo centrífugo. Las centrifugas o bombas centrifugas se usan en diferentes tipos de industrias: industria química, petroquímica, refinerías, industrias alimenticias, farmacéutica, textil, azucarera, etc.

El rotor centrífugo consiste en una carcasa, una tapadera, un anillo que mantiene ambos juntos, dentro del rotor existe un distribuidor que acarrea el líquido que va a ser tratado del punto de alimentación y lo distribuye alrededor de la base del rotor. El líquido acelera de forma rotatoria, en este componente en el distribuidor se apilan discos cónicos, con piezas espaciadoras que los mantiene separados (de 0.4 a 1.0 mm.) este rotor debe tener entre 25 y 125

discos dependiendo del tamaño del mismo. El objetivo de dichos discos es separar el líquido en muchas capas así la separación ocurre en finos lechos (poner horizontalmente una capa sobre la otra) reduciendo a pequeñas dimensiones la distancia que viaja una partícula o glóbulo en la fuerza centrífuga permitiendo la separación.

Al igual que los hidrociclones existen centrifugas de diversas formas tamaños, y capacidades, según el proceso que se tenga que realizar. Ya que existen dos grandes tipos de centrifugas, la centrifuga de sedimentación y la centrifuga de filtro, tomando también el tipo de mecanismo existen más variedades y clasificaciones.

Figura 28. Partes básicas de un rotor centrífugo



Fuente: uscentrifuge.com

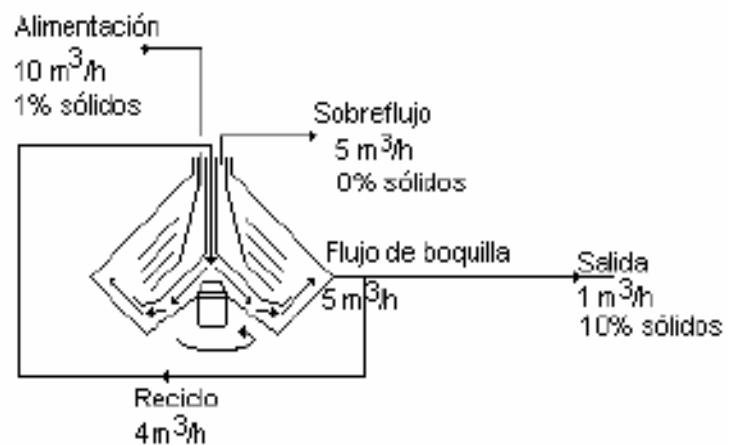
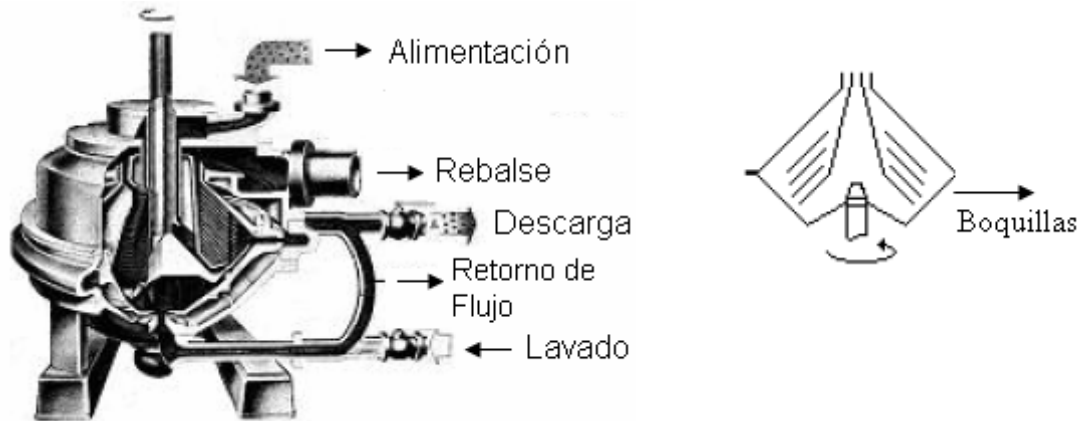
Los factores a considerar en un rotor centrífugo con respecto al lecho de discos, cuando este mismo funciona a alta velocidad son: diámetro interno (R_1) y diámetro externo (R_2), el número de discos (N), la velocidad de rotación y el Angulo de medio cono (Θ).

- **Centrífuga de boquillas**

Los sólidos separados en el tipo básico de máquina ya descrito antes se recogen en la periferia del rotor de la centrífuga y es necesario parar la máquina, abrir el rotor y remover los sólidos colectados manualmente. Para permitir que los sólidos se descarguen continuamente se diseñaron los separadores de boquillas. La periferia del tazón se encaja con las boquillas y el tazón es perfilado para dar una superficie guía a las boquillas y también previene una acumulación de sólidos debido a su ángulo natural de reposo. Las boquillas varían en número entre 6 y 12 centímetros, de acuerdo con el tamaño del rotor y los tamaños del rotor varían entre 0.8 y 2.0 milímetros. Las boquillas se colocan tangencialmente alrededor del rotor permitiendo el flujo del líquido para dar una recuperación de potencia por reacción. El radio y la velocidad de rotación se ajustan por el desempeño requerido del lecho de discos y la única variable que puede cambiar es el diámetro de las boquillas. Por razones prácticas asociadas con el bloqueo con material extraño de las boquillas, (boquillas menores de 0.8 mm no se usan normalmente.)

La presente figura ilustra las partes básicas de una centrífuga de boquillas; la capacidad en metros cúbicos por hora puede variar dependiendo del tamaño y especificaciones de diseño del equipo.

Figura 29. Centrifuga de boquillas



Fuente: www.uscentrifuge.com

▪ **Equipo adicional**

Adicionalmente a la tecnología de hidrociclones y centrifugas que se seleccionara para reciclado de agua, se necesita utilizar equipo que va a intervenir en forma directa en el proceso, y estos serán:

- Filtros
- Bombas para impulsar el agua
- Tanque de decantación
- Tuberías
- Banda de transporte de sólidos

- Entre otros.

4.2.2 Oferta seleccionada

Al seleccionar la oferta del equipo para realizar la operación de reutilización del agua, se deben de tomar factores tales como: rendimiento del equipo, implicación económica e implicación administrativa.

Ya que los dos equipos (hidrociclones y centrifugas) son bastante efectivos para la separación de sólidos contenidos en el agua. Los hidrociclones poseen un costo moderadamente alto, sin embargo es equipo totalmente automatizado y no posee complicación al momento de realizar la limpieza del mismo, ya que esto se lograría únicamente haciendo circular agua limpia dentro del mismo. Por otra parte las centrifugas requieren de mano de obra y hay que realizar mantenimiento continuamente; es por ello que se decide utilizar hidrociclones para las dos líneas de producción (línea de papa y línea de tortilla).

La razón por la cual se opta a dicha tecnología es que si la empresa quiere aprovechar el almidón en la línea de papa lo lograría mediante este equipo.

Tabla XIX. Comparaciones

Método	Ventajas	Desventajas
Hidrociclones	<p>No requiere de mano de obra</p> <p>Proceso más rápido de separación</p> <p>No se tienen partes móviles que requieran mantenimiento</p>	<p>Costo alto</p> <p>Requiere trabajar con alta presión</p>
Centrifugas	<p>Alta pureza obtenida</p> <p>requiere poca mano de obra</p>	<p>Partes móviles que requieren mantenimiento</p>

4.2.3 Diagrama de implementación

Para distribuir el equipo de reciclado dentro de la planta de producción se tiene que colocar cercana al afluyente de salida; para el caso de la línea de tortilla sería cercano al tanque de aguas residuales. El siguiente diagrama muestra la secuencia posible del reciclado de agua; que se podría aplicar tanto para la línea de tortilla y la línea de papa.

El proceso inicia en el área de captación, lugar donde el agua es llevada a través de una bomba de un caballaje moderado; la captación puede ser un tanque o depósito con una capacidad de 500 a 600 galones con rebalse, para que el agua de proceso sea trasladada por una tubería hacia el tanque de decantación por medio de gravedad esto con el propósito de evitar turbulencia del agua dentro del mismo; para ello también se estaría utilizando un deflector (pieza mecánica u otro dispositivo para modificar la dirección de un fluido) para lograr que los sólidos y el agua lleven una dirección hacia el fondo del tanque.

El tanque de decantación debe contar con una llave para realizar la extracción de sólidos manualmente, si el tanque de decantación no trabajase en forma automática. Dichos sólidos deben ser depositados en un recipiente que puede ser un cajón de plástico con rodillos. El agua depositada en el tanque es sustraída por medio de una bomba en donde la tubería debe estar en un nivel superior que la de entrada al tanque, aquí se debe disponer de un sensor de nivel para que la bomba se encienda en forma automática y los hidrociclones lo hagan al mismo tiempo.

La bomba hará que el agua entre con cierta presión hacia el primer hidrociclón, en donde se separaran los sólidos de mayor tamaño; posteriormente el agua pasara a un segundo hidrociclón para separar los sólidos de menor tamaño que no lograron en el primero, el agua debe ser impulsada a través de una segunda bomba y el hidrociclón debe tener un diámetro de entrada menor que el primero para que se logre una rotación más brusca.

Terminando el proceso de hidrociclones, debe pasar a continuación por una filtración física que atraparía todos aquellos sólidos de tamaño micrométrico. La parte punteada que denota una filtración química se tendría que realizar si se logra comprobar que el agua se encuentra bastante acida debido a los procesos anteriores; ya que puede suceder que el agua con esta característica no sea útil para su reutilización, y ocasione consecuencias secundarias a la calidad del producto o cualquier otra área donde sea utilizada es por ello que en esta parte se debe de neutralizar el agua con algún químico; como se menciona esto es opcional.

En el área de desinfección del agua, básicamente es necesario ya que el agua tendría una posición mayor para poder llamarla potabilizada. Y la

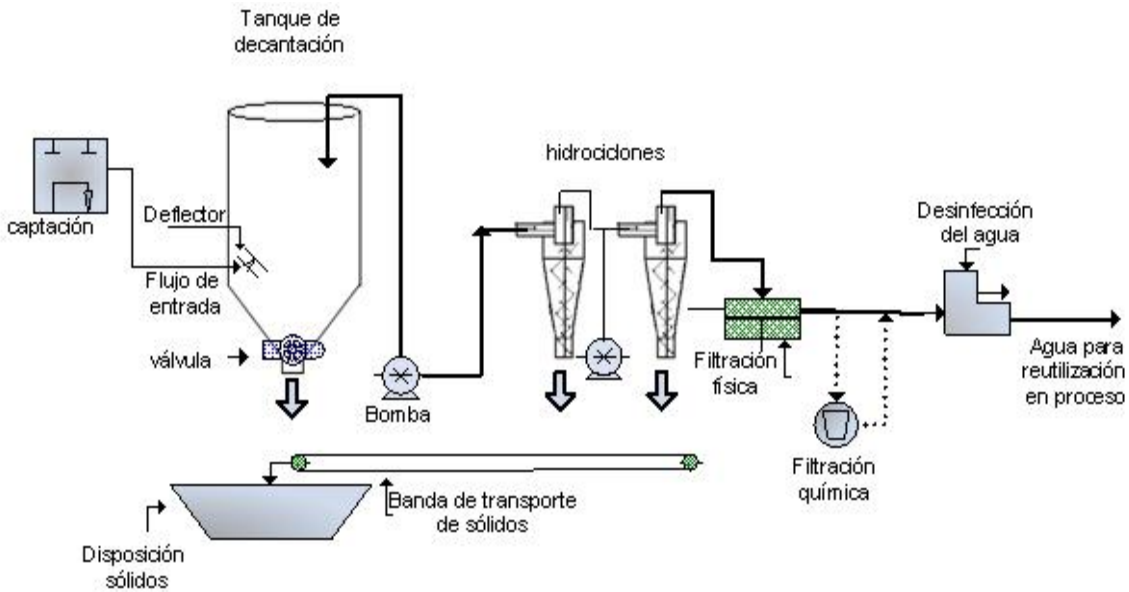
aplicación que se le debe de dar es la inyección de cloro que se realizaría de manera automática con algún equipo pequeño.

Terminado el proceso de desinfección el agua puede ser depositada en un tanque adicional, o en la cisterna de agua que posee la empresa actualmente.

En resumen de todo lo anterior, los pasos del proceso son:

- Captación
- Decantación
- Separación de sólidos nivel 1
- Separación de sólidos nivel 2
- Filtración física
- Filtración química (opcional)
- Desinfección

Figura 30. Diagrama de operación de reciclado de agua



Fuente: Investigación propia

Actualmente por tratarse de una tecnología poco usual en nuestro medio, no es posible contar con los precios de los equipos de reciclado de agua, para la implementación de esta línea. En este caso los hidrociclones son utilizados en Fritelay México, por lo que para la empresa en Guatemala será de fácil acceso conocer estos costos para hacer las evaluaciones respectivas.

5. SEGUIMIENTO DE LA ESTRATEGIA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

5.1 Análisis del agua

Para garantizar que se está obteniendo el reciclado de agua con la calidad debida para su rehúso, es necesario seguir realizando análisis de los atributos del agua. Estos análisis son necesarios ya que con ello se tendrán parámetros para el agua residual con fines de obtener el agua de reciclaje.

Esto brindará confianza al saber que es constante y fiable la calidad del agua, al responder con las características y los límites que posee para ser considerada como agua potable para consumo humano.

5.1.1 En proceso

En el agua de proceso se debe de seguir realizando los análisis de calidad del agua utilizando los indicadores que se obtuvieron en las tablas del capítulo 3, como son: DBO, DQO, aceites y grasas, pH, entre otros; esto se logrará tomando mediciones in situ, examinando posteriormente el agua en un laboratorio para su análisis con el objetivo de realizar comparaciones periódicas de los resultados obtenidos en el laboratorio, para saber si existe un comportamiento estable en el agua residual; al mismo tiempo es recomendable realizar un análisis microbiológico con el fin de saber si existen microbios que pueden contaminar el agua y el grado en que la contaminan. No se debe de olvidar el agua que se está neutralizando en la planta de tratamiento, para que también se compare el agua residual del área de lavado, con el agua post-

tratamiento, ya que en conjunto se estaría midiendo la eficiencia de la planta de tratamiento.

5.1.2 Reciclaje

De manera más continua y con mayor compromiso se debe de obtener la calidad del agua reciclada, con el propósito de alcanzar dos objetivos: el primero es comparar los análisis del agua de entrada con el agua de reciclado del equipo instalado, el segundo objetivo es probar que el agua de reciclado se encuentra por debajo del límite máximo aceptable (ver cap. 3 tabla I) y que su consumo no implicará cambios en la calidad del producto terminado.

5.1.2.1 Monitoreo del agua reciclada para lavado

Una vez instalado el equipo, debe de existir una persona o varias según el turno de trabajo, entrenada y capacitada para que se encargue de verificar el funcionamiento del equipo, dar mantenimiento, reportar fallas, realizar mediciones del caudal de agua, entre otros. Para ello se deben de utilizar hojas de registro de control, para que al momento que se quiera realizar una auditoria total en el equipo de reciclado se tenga la documentación necesaria, para conocer las fallas que se hayan generado durante el tiempo de operación, las horas o minutos que se dejó de operar y los componentes que se cambiaron.

El monitoreo también debe de contemplar, el número de veces que será reutilizada el agua en el proceso, esto se determinará una vez realizando pruebas piloto, así como la purga (extracción de sólidos) en el tanque de decantación.

5.1.2.1.1 Hoja de control del agua reciclada

A continuación se presenta una propuesta de hoja de control del agua reciclada que se debe de manejar diariamente, por el operario o persona encargada del equipo de reciclado de agua.

Figura 31. Hoja de control para reciclado de agua



Nombre responsable: _____

Fecha	Hrs. trabajadas	paros	No. Fallas equipo	No. purgas	Caudal de agua registrado	Cantidad sólidos depositados

Observaciones: _____

Fuente: Investigación propia

La hoja de control de agua reciclada antes descrita, posee siete columnas, iniciando con la fecha ya que dicha hoja está diseñada para una semana laboral, la columna de horas trabajadas se refiere al tiempo que duró trabajando el equipo, los paros indican las veces en que el equipo dejó de funcionar por un tiempo prolongado, el número de fallas el total presentado dentro del mismo sistema, el número de purgas se refiere a las veces en que se extrajeron los sólidos del tanque de decantación, la columna de caudal un posible promedio del agua registrada para reciclado, y la columna de cantidad de sólidos depositados, el número de cajones que se acumularon con los sólidos extraídos del tanque de decantación.

5.2 Evaluaciones periódicas

Las evaluaciones periódicas se deben de concentrar en las áreas de mayor consumo dentro de la planta de producción, donde se está utilizando actualmente el agua; esto con el objeto de comparar los cambios que se han obtenido implantando el equipo de reciclado de agua, estos cambios deberían de mejorar radicalmente en tres áreas específicas que son: consumo, tratamiento, reciclaje.

5.2.1 Consumo

Al aprovechar el agua para reciclaje, el consumo que se tiene actualmente en el área de lavado seguirá siendo el mismo; pero se disminuirá en el pozo mecánico, donde se explota en la actualidad; dándole así mayor vida a dicha fuente. Esta evaluación podría realizarse una vez por año realizando una tabla comparativa entre lo que se tenía antes y de lo que se obtiene en el presente ya con el equipo de reciclado.

5.2.2 Tratamiento

La comparación que dará en forma directa las mejoras obtenidas por el equipo de reciclado de agua, será comparando los costos anuales por compra de químicos para tratar el agua, antes y después de implementar el equipo de reciclado de agua.

5.2.3 Reciclaje

La evaluación en el área de reciclado es importante y fundamental, ya que deberá cumplir con ciertas normas establecidas por los aspectos legales del medio ambiente, y verificar que el equipo que se está utilizando no causa riesgos a los trabajadores cercanos al mismo, ya que tales factores pueden ser: ruido, temperatura, y accidentes provocados por la maquinaria.

CONCLUSIONES

1. Al implementar el equipo de reciclado de agua se disminuye la cantidad de agua residual proveniente de las líneas de producción hacia la planta de tratamiento, trayendo como resultado la disminución de los químicos para tratamiento del agua, logrando así una disminución de costos en la compra de los mismos.
2. El agua proveniente del reciclado se puede utilizar en la planta de producción, para las áreas de lavado de maíz y papa, cocimiento de maíz o enfriamiento del mismo, así como para realizar lavado de equipo, lavado de piso, o lavado de los alrededores de la empresa.
3. Al reutilizar el agua la empresa puede lograr disminuir el riesgo de contaminación, posicionándose en el mercado como una industria que se preocupa por el entorno social y el mejoramiento del medio ambiente y sus recursos.
4. La reutilización del agua es un impacto importante a nivel del resto de industrias posicionadas en el mercado, ya que se genera una imagen pública y ética, además de que se puede obtener reconocimientos a nivel nacional por parte del centro guatemalteco de producción más limpia y promover de esta manera una política nacional en las industrias alimenticias de Guatemala.
5. Para lograr los beneficios de una eficiente utilización del consumo de agua, es importante desarrollar un desempeño ambiental óptimo. Esto se logra promoviendo estos elementos en tres áreas importantes: la

empresa, estado y sociedad en general. Siendo el estado el ente principal para promover un uso adecuado, del consumo de agua.

6. Para lograr un aumento en la vida de utilización de la fuente donde se obtiene el consumo para toda la planta de producción, es necesario realizar un reciclado constante y con aplicación en todas las áreas de consumo. Esta eficiencia se logra en la fuente, al implementar este reciclado, ya que el manto freático disminuye considerablemente.

RECOMENDACIONES

1. Monitorear el trabajo de la planta de tratamiento para verificar si: la cantidad de agua proveniente de las líneas de producción ha disminuido en un porcentaje bastante significativo. Así como reconocer las deficiencias que se pueden encontrar en el equipo de reciclado de agua.
2. Realizar los estudios pertinentes del agua de reciclado y compararlos con la calidad del agua que requiere el producto para realizar el lavado, y estudiar si influye de alguna manera en la calidad del mismo. Ya que de ser así se puede buscar un equipo adicional al propuesto en el capítulo 4 para que pueda cumplir con los requerimientos establecidos dentro de una industria de alimentos.
3. Al poner en marcha el equipo de reciclado de agua se debe considerar el aspecto técnico-social, ya que hoy en día el enfoque de toda tecnología en una planta industrial debe cumplir con dichos requisitos comprobando que el equipo no genera condiciones de contaminación.
4. Demostrar con datos estadísticos y técnicos que la tecnología aplicada es importante y su uso puede extenderse hacia otros tipos de industrias guatemaltecas que desechan agua industrial, vendiendo así la idea.
5. Promover el ahorro del agua dentro de la planta de producción, involucrando a todos los operarios, supervisores, y personal administrativo con el propósito de crear una política de mejoramiento del medio ambiente, la empresa y su entorno.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arboleda Valencia, Jorge. **Teoría y práctica de la purificación del agua** 3a ed. Tomo 1, Colombia: McGRAW-HILL, 2000.
2. _____. **Teoría y práctica de la purificación del agua** 3a ed. Tomo 2, Colombia: McGRAW-HILL, 2000.
3. Centro Guatemalteco de Producción más Limpia. Revista Industrial. Guatemala 7 de julio, 2004.
4. _____. **Manual de eficiencia energética**. Guatemala, 2001.
5. Constitución Política de la República de Guatemala.
6. Niebel, Benjamín. **Métodos, estándares y tiempos**, 10a ed. México D.F: AlfaOmega, 2001.
7. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, **“Principios de Producción más Limpia en Alimentos Kern’s de Guatemala, S.A.”**. Tesis, Guatemala, 2005.
8. Universidad del Valle de Guatemala, Facultad de Ciencias y Humanidades, **“Recuperación de Almidón del agua de lavado de una línea de producción de Papalina en una fábrica de Snacks”**. Tesis, Guatemala, 2003.

ANEXOS

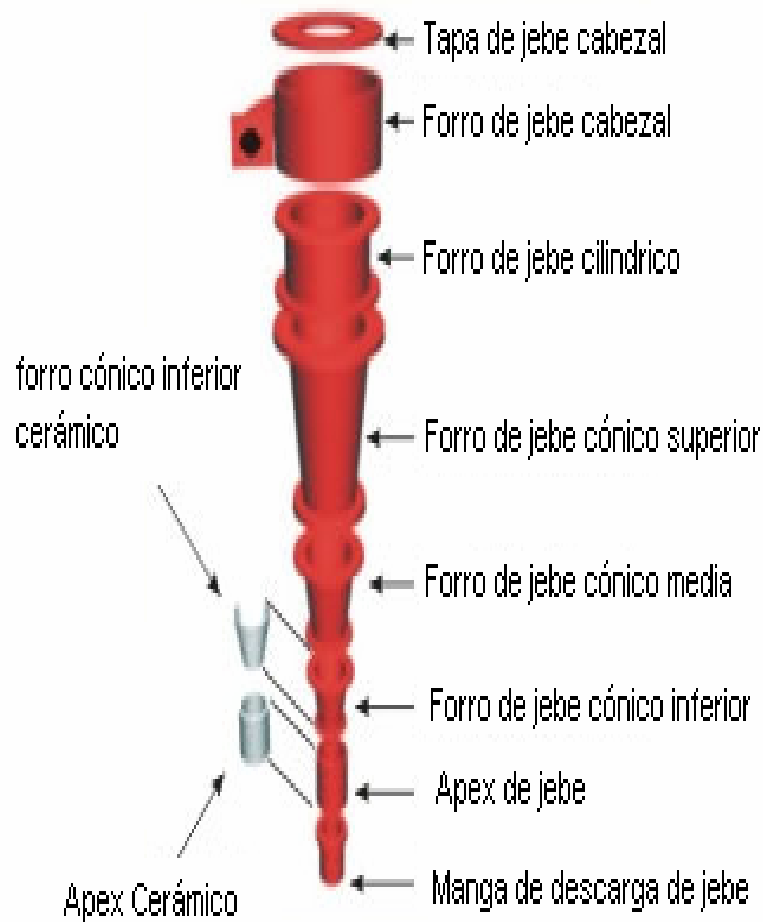
Anexo 1: Hidrociclones

Los hidrociclones durante sus desempeño están propensos a ataques de tipos abrasivo, por la presencia de partículas gruesas en la pulpa, agravando aun más con el incremento de la densidad de ésta. El hidrociclon también puede sufrir ataques tipo corrosivos, si existe algún agente acido en la pulpa.

Los repuestos de los hidrociclones están fabricados de una gama de materiales como caucho natural capaces de resistir ataques de alta severidad tanto abrasiva como corrosiva, o de otros elastómeros sintéticos como: poliuretano, neoprene, nitrilo, hypalon, etc. Usado para aplicaciones especiales, en las cuales las condiciones, del fluido a procesar (temperatura, pH, entre otros) no podrían permitir el empleo del caucho natural.

La figura siguiente presenta las divisiones que construyen un hidrociclon normal, estas partes pueden ir variando según tamaño y diseño del fabricante.

Figura 32. Componentes de un hidrociclón



Fuente: www.odis.com

A continuación se presentan hidrociclones instalados en forma circular, estos se utilizan para diferentes aplicaciones como: separación de minerales, separación de sólidos entre otros.

Figura 33. **Hidrociclones instalados en forma circular**



Fuente: www.capex.com

Anexo 2: Páginas en Internet

A continuación se presenta un listado de páginas en Internet donde se puede obtener mayor información sobre la tecnología de hidrociclones y las aplicaciones que tiene en la industria.

- www.uscentrifuge.com/potato-waste-case-study-1;
- www.ea.gov.au/industry/eecp/case-studies/smiths
- www.uscentrifuge.com/potato-waste-solutions

Estas direcciones en Internet poseen información importante sobre casos de aplicación de los hidrociclones en una industria de alimentos.

- www.krebs.com

Esta es una industria que se dedica a la fabricación de hidrociclones para diversas aplicaciones, posee información acerca de sus productos, contactos para solicitar información, y la foto de un sistema de hidrociclones instalado. Actualmente se encuentra en diversos países que son: Brasil, Australia, Austria, Chile, Filipinas y Sudáfrica.

- www.icbasa.com

Icbasa es una industria venezolana dedicada a la elaboración de hidrociclones simples y batería de hidrociclones.

Tabla XX. Capacidad de hidrociclones industria icbasa

Diámetro	capacidad (GPM)	tamaño separación micrómetros
2"	7-18	15-45
2"	8-20	15-40
3"	17-34	20-45
3"	19-37	20-50
4"	25-50	25-65
4"	28-56	20-60
6"	50-155	35-75
6"	55-170	30-70
10"	85-250	40-100
10"	140-350	45-110

www.icbasa.com

Estas son algunas de sus características que poseen los hidrociclones que fabrica icbasa.

- www.filtromatic.com

Filtromatic se encuentra en el país de España, fabrica hidrociclones para diversas aplicaciones como separación de arena, separación de sólidos, y separación de líquido-líquido. Para cualquier información se pueden contactar a través de la página o a través de su correo electrónico, la dirección se presenta a continuación.

FILTROMATIC, S.L.

26540 Alfaro (La Rioja) ESPAÑA

Teléfono: + 34 941 183878

Fax: + 34 941 184893

e-mail: info@filtromatic.com

- www.odis.com

Tabla XXI. Capacidad de hidrociclones industria odis

Diámetro de entrada	Modelo	Conexión	Caudal m ³ /h	Peso Kg. hidrociclón
3/4"	50307	rosca macho.BSP	2-4	5
1"	50410	rosca macho.BSP	4-8	9
1 1/2"	50615	rosca macho.BSP	8-12	15
2"	50820	rosca macho.BSP	11-17	20

Continúa

3"	50830	brida	18-34	27
4" x 3"	51243	brida	35-52	66
4"	51640	brida	52-82	125
6"	52060	brida	98-160	172
6"	52460	brida	140-230	205
8"	53080	brida	230-360	300

Fuente: www.odis.com

El diámetro del hidrociclón puede variar de una pulgada hasta dimensiones que pueden alcanzar las setenta pulgadas. Hidrociclones de mayor diámetro producen separaciones gruesas e hidrociclones de menor diámetro separaciones finas.

Estos son uno de los modelos que fabrica la industria Odis, su diámetro de entrada está medido en pulgadas, sus diferentes modelos, el caudal de agua, y el peso del hidrociclón en kilogramos.

Anexo 3: Filtro de tambor rotatorio

Aquí se presenta un filtro de tambor rotatorio que puede ser utilizado para filtrar el agua una vez terminado el proceso en los hidrociclones, cabe mencionar que no es el único equipo adicional para filtración, pero este filtro posee la facilidad de instalarse en cualquier línea de reciclado de agua.

Figura 34. Filtro de tambor rotatorio



Fuente: www.cabex.com