



SEDE UNIVERSITARIA MUNICIPAL DE AGUADA DE PASAJEROS

Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

Especialidad: Ingeniería Industrial

TRABAJO DE DIPLOMA

Título: Estrategia para uso racional del agua en el proceso de fabricación de alcohol en la destilería ALFICSA de Cienfuegos.

AUTORA: Dileydis Díaz Gonzalo

TUTOR: MSc. Gabriel Orlando Lobelles Sardiñas

Cienfuegos. Cuba

2009

ÍNDICE

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I – ANÁLISIS DE LA BIBLIOGRAFÍA.

1.1 La molécula de agua

1.1.1 Las propiedades del agua

1.1.2 El ciclo del agua.

1.2 Problemática del agua en el mundo y en Cuba

1.3 El uso de agua

1.4 Principales industrias consumidoras de agua en Cuba

1.5 La gestión del agua

1.5.1 La gestión del agua en las organizaciones o la comunidad

1.6 Métodos para gestionar un uso racional del agua en los procesos productivos y en los servicios.

1.6.1 Método estadístico

1.6.2 Tecnología Pinch

1.6.3 Tecnología Water Pinch

1.6.4 Inteligencia artificial para minimizar consumos de agua

1.7 Generalidades del proceso de producción de alcohol.

1.7.1 Preparación de mosto

1.7.1.1 Preparación de mosto de melazas: Proceso "HYMOL".

1.7.2 Fermentación alcohólica

1.7.2.1 Proceso de fermentación con cuba madre: "PRO-YEAST".

1.7.3 Destilación

1.7.3.1 Proceso de destilación: Sistema "STILLVAC" (dos columnas).

CAPÍTULO II –PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA DIAGNOSTICAR EL PROCESO DE CONSUMO DEL AGUA EN ALFICSA

2.1 Caracterización la fábrica de producción de alcoholes finos de caña. ALFICSA.

2.2 Descripción del proceso a diagnosticar

2.2.1 Preparación de mostos.

2.2.2 Fermentación.

2.2.3 Destilación – Rectificación.

2.3 Diseño de metodología para el diagnóstico del proceso del agua en ALFICSA.

2.3.1 Etapa I: Identificación

2.3.1.1 Herramientas para el diagnóstico

2.3.2 Etapa II: Procesamiento y análisis de la información

2.3.2.1 Herramientas generales

2.3.2.2 Herramientas específicas.

2.3.3 Etapa III: Presentación de informe y toma de decisiones

2.3.2.1 Selección Ponderada (Multivoting)

CAPÍTULO III- DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE ESTRATEGIA PARA USO RACIONAL DEL AGUA EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ALCOHOL.

3.1 Diagnóstico del proceso de consumo de agua.

3.1.1 Primera etapa: Identificación

3.1.2 Segunda etapa: Análisis de la información

3.1.3 Tercera etapa: Presentación del informe y Toma de decisiones

3.2 Estrategia para solucionar deficiencias detectadas según sus prioridades.

3.3 Presentación de propuesta de mejora

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

ANEXOS

RESUMEN

Las organizaciones son tan eficaces y eficientes como lo son sus procesos. En tal sentido es importante sentar las bases para la simplificación y optimización de aquellos procesos que mediante la mejora de su operación, contribuyan al logro de los objetivos de la organización.

En la fábrica de Alcoholes Finos de Caña S.A. (ALFICSA) de Aguada de Pasajeros, en las actuales condiciones de producción, existe un elevado consumo de agua, que además influye en los altos costos de producción y en los costos de portadores energéticos. Sin embargo, no se logran los índices de consumo de agua establecidos para este tipo de producción.

Es objetivo de este trabajo **proponer una estrategia de trabajo**, para lograr un uso racional del agua en el proceso de fabricación de alcohol, con una reducción de los costos energéticos asociados y consigo mejorar la competitividad empresarial.

El trabajo comprende un primer capítulo, donde se analiza la bibliografía existente en el mundo, que refiera métodos y metodologías para minimizar los consumos de agua. Un segundo capítulo donde se diseña una metodología de diagnóstico para el proceso de consumo de agua. En el tercer capítulo se presenta el diagnóstico realizado, donde se identifican los principales problemas, se seleccionan por la votación ponderada y sobre ellos se propone una estrategia de trabajo que contribuye al ahorro de agua. Finalmente se presenta una propuesta de mejora que responde a los objetivos trazados.

Por último las conclusiones que validan la hipótesis del trabajo y las recomendaciones que conducen al cumplimiento de los objetivos.

INTRODUCCIÓN

Poco a poco la humanidad va tomando conciencia de que la relación que ha venido manteniendo con la naturaleza durante los últimos ciento cincuenta años es equivocada. Esto se debe fundamentalmente, a que las fuentes de energía que ha escogido para su desarrollo socioeconómico, producen impactos ambientales de carácter local, regional y global que están amenazando con poner en peligro su propia existencia.¹

Los nuevos conceptos sobre el desarrollo sostenible² y sustentable, establecen relaciones fundamentales entre **la energía, el agua y el medio ambiente** en un contexto de equidad y justicia social no solo para la sociedad actual sino también para la población futura, lo cual ha generado nuevos paradigmas en el manejo y aprovechamiento eficiente de los recursos naturales y energéticos, en un enfoque preventivo que contribuye en lograr mayor eficiencia en la producción con el objetivo de alcanzar un ritmo sostenido y equitativo del crecimiento económico.

Según especialistas de la CEPAL³ para alcanzar la sostenibilidad ambiental resulta un gran reto promover la participación, la educación y la sensibilización en los temas ambientales y uno de los más urgentes a tratar es **el del agua**.

El agua es un elemento común en todos los procesos industriales y de servicios, puede constituir un factor limitante en el desenvolvimiento económico de las actividades industriales y en el ordenamiento territorial, así como puede ser fuente de transmisión de enfermedades al hombre y a los animales.

El agua en la Tierra está cuantificada en aproximadamente 1400 millones de km³, pero de ellos el 97% es agua salada y solamente 10 millones de km³ son de agua dulce, disponibles entre subterránea y superficial.⁴ La cantidad de agua en el planeta tierra es finita. El número de habitantes está creciendo rápidamente y la utilización del agua crece aún en mayor medida.

Según el Diario Hoy de Argentina,⁵ aunque en Latinoamérica muchas veces no se perciba, y se haga un uso desmedido del suministro, la situación del agua es crítica en el mundo. Un 40% de la población mundial no tiene satisfechas las necesidades de abastecimiento. Para el año 2050, según estimaciones de la Unesco, se llegará al 50%. Si bien el volumen de agua del planeta se mantuvo en los últimos 20 mil años, la calidad se deterioró mucho por una serie de actividades, como la agricultura a raíz del uso de agroquímicos, la industria que produce efluentes contaminantes, la desmedida explotación ganadera o los desechos que se tiran a los ríos.

¹ Kapitsa, P. "Problemas globales y la energía", en Experimento, teoría y práctica. – Moscú: Editorial Mir, 1985.

² Brundtland, G.H. "Nuestro futuro común", 1987.

³ Comisión Económica para América Latina. Informe de Población 2003. Disponible en Internet: <http://www.cepal.org>

⁴ El agua. Disponible en Internet: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/e/elagua.html>

⁵ Resumen de Prensa- Daily News. México, América Latina y el Caribe / México, Latin America and the Caribbean. Diario Hoy, Argentina, 19-2-06. Disponible en Internet: <http://www.elpais.uy>

El uso excesivo y la contaminación de los recursos de agua del mundo son fenómenos de reciente data. El consumo de agua en el mundo entre los años 1900 y 1995 aumentó seis veces más del doble de la tasa de crecimiento de la población y continúa aumentando a medida que incrementa tanto la demanda doméstica como industrial.⁶

Un informe de Naciones Unidas⁷ destaca que la calidad del agua está disminuyendo en muchas regiones del mundo. Las cifras muestran que se está deteriorando rápidamente la diversidad de los ecosistemas y las especies vegetales y animales de agua dulce, con frecuencia a un ritmo más acelerado que en el caso de los ecosistemas terrestres y marinos. El informe resalta que, para funcionar como es debido, el ciclo hidrológico del que depende la vida en la tierra necesita un medio ambiente saludable.

El 90% de los desastres naturales son fenómenos que guardan relación con el agua, y su número y frecuencia van en aumento. Muchos de ellos son consecuencia de una explotación inadecuada del suelo. Los problemas relacionados con el agua han sido reconocidos como las amenazas más serias e inmediatas a la humanidad.

Según el artículo Fundación Terra⁸ muestra el consumo mundial de agua por sectores, el sector agrícola es el mayor consumidor con 65 %, no sólo porque la superficie irrigada en el mundo ha tenido que quintuplicarse para satisfacer necesidades cada vez mayores, sino porque no se cuenta con un sistema de riego eficiente, razón principal que provoca que las pérdidas sean inmensas. Le sigue el sector industrial con el 25 % mientras el consumo doméstico, comercial y de otros servicios urbanos asume el 10 % restante.

La salida a esta dramática situación, agravada por el eventual agotamiento de las reservas, es el cambio hacia un paradigma basado en el uso eficiente de los recursos naturales disponibles. Gracias a que existe cada vez una mejor comprensión de que el agua es un recurso escaso, que está siendo altamente contaminado por el propio hombre, es que a nivel mundial se está trabajando por integrar "Sistemas de Gestión del Agua" en todos los niveles productivos y de servicios.

Es conocido que el 25 % del agua es consumida en diferentes procesos industriales, que no sólo tienen un impacto marcado en el consumo de agua fresca sino que además contaminan severamente las diferentes fuentes de abasto con los vertimientos de sus residuales.

Industrias como las del cemento, azúcar, alimentos y bebidas, textileras, papeleras, etc. son de las más consumidoras de agua. Dentro de la industria de alimentos y bebidas, están

⁶ Ciencias de la tierra y del medio ambiente. Disponible en Internet:

<http://www.esi.unav.es/asignaturas/ecologia/Hipertexto/03AtmHidr/130Hidr>.

⁷ Crisis del agua: un problema de buen gobierno. Segundo Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. Disponible en Internet: http://www.unesco.org/water/wwap/index_es.shtml

⁸ Fundación Terra, 2006. Disponible en Internet:

<http://www.terra.org/html/s/producto/vida/magatzem/sprv0004i.html>

comprendidas las destilerías de alcohol con un consumo considerable de agua. En ellas se incluye la fábrica objeto de estudio.

En la fábrica de Alcoholes Finos de Caña S.A. (ALFICSA) del Consejo Popular Covadonga, en el municipio de Aguada de Pasajeros, el índice de consumo de agua fresca referido a la producción, según estudios realizados en Cuba ⁹ se comporta superior a lo establecido en las normas internacionales e incluso a las normas ramales de Cuba. Por otra parte este alto consumo de agua trae consigo una afectación en los costos de los portadores energéticos.

Por consiguiente, se hace necesario lograr una disminución en el uso del agua del proceso productivo, que conlleve a la reducción de los costos de producción y aumente la competitividad de la fábrica.

Por lo tanto, el problema científico identificado para este estudio, es que en las actuales condiciones de producción de dicha fábrica, existe un elevado consumo de agua, que además influye en los altos costos de producción y en los costos de portadores energéticos, sin embargo no se logran los índices de consumo de agua establecidos para este tipo de producción.

Por tal motivo, la autora de este estudio sostiene como hipótesis que si se cuenta con una **estrategia de uso racional del agua** en ALFICSA, sustentado técnica y económicamente se podrán disminuir los consumos de este recurso y por consiguiente los costos de producción y de portadores energéticos.

El problema científico planteado sugiere la realización de algunas preguntas científicas que lo enriquece explica y aclara. La autora de este estudio propone analizar las siguientes:

- ¿Cuáles son los factores que atentan contra la eficiencia y eficacia en el uso del agua y la energía asociada en el proceso de producción de alcohol?
- ¿Cómo se comportan los indicadores de uso racional de agua en la fábrica comparándolos con Cuba y el Mundo?
- ¿Cuál es la estrategia indicada para garantizar ahorro y uso racional del agua en ALFICSA?

Es objetivo de este trabajo **proponer una estrategia de trabajo** para lograr un uso racional del agua en el proceso de fabricación de alcohol, con una reducción de los costos energéticos asociados y consigo mejorar la competitividad empresarial.

Además, como objetivos específicos será necesario tener en cuenta los siguientes:

- Proponer una metodología de trabajo que permita realizar un adecuado diagnóstico del consumo de agua en el proceso.

⁹ Vidal Medina J.R. Tesis en opción al grado de Master, 2005.

- Diagnosticar el comportamiento de los principales indicadores de gestión de agua durante el período de estudio.
- Proponer una estrategia de trabajo que solucione las deficiencias detectadas en el diagnóstico realizado al proceso de producción de alcohol.

Esta investigación se hace necesaria porque permitiría disminuir los elevados consumos de agua existentes en la fábrica de alcohol (ALFICSA) y permitiría disminuir los costos energéticos asociados al consumo de agua.

Entonces, desde el punto de vista social, la implementación de los resultados obtenidos contribuirá al perfeccionamiento del proceso de fabricación de alcohol con la reducción del consumo de agua, que tanta repercusión tiene para la sociedad, así como lograr mejores resultados en la conservación del medioambiente al asimilar mayor cantidad de residuales agresivos de la fabricación de alcohol.

El presente trabajo cuenta con un capítulo inicial donde se analiza la literatura existente referida a las metodologías para minimizar el consumo de agua para diferentes procesos tecnológicos. Un segundo capítulo que incluye la caracterización del proceso tecnológico de la fábrica y la propuesta de una metodología para gestionar un uso racional y eficiente del recurso agua. Finalmente se presenta la estrategia trazada como propuesta que permitirá confirmar la hipótesis planteada, así como especificar los aportes concretos al conocimiento, tanto en el orden teórico como práctico, al que se llega como consecuencia del proceso de investigación abordado. Por último las conclusiones demuestran el alcance de los objetivos investigativos trazados y dan respuesta a las preguntas científicas formuladas. Las recomendaciones permitirán conocer la factibilidad de la continuación de estudios en esta temática del conocimiento. Se han incluido varios anexos para complementar la lectura y el análisis de los datos.

CAPÍTULO I

ANÁLISIS DE LA BIBLIOGRAFÍA

Desde los inicios de la humanidad el hombre siempre ha formado asentamientos cerca de los depósitos de agua, esto es debido a la íntima relación que existe entre la vida y dicho recurso. Ahora esa relación no es solo entre el hombre y el agua, también hay que tener en cuenta otros consumos diferentes a la sola supervivencia.

1.1 La molécula de agua

El agua es una molécula polar, que está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno por medio de dos enlaces covalentes. La distribución de los átomos provoca que la molécula tenga dos cargas negativas en un lado y dos cargas positivas en el otro. En estado líquido estas moléculas están apiñadas en forma desordenada. Se pueden mover libremente pero se mantienen adheridas unas a otras por fuerzas atómicas. La disposición tetraédrica de los orbitales sp^3 del oxígeno determina un ángulo entre los enlaces H-O-H aproximadamente de 104° , además el oxígeno es más electronegativo que el hidrógeno y atrae con más fuerza a los electrones de cada enlace.

En el agua siempre están presente iones hidronio y oxidrilo, los cuales surgen como resultado de la descomposición de la molécula de agua según la reacción:



A continuación se puede observar la representación esquemática de la molécula de agua.

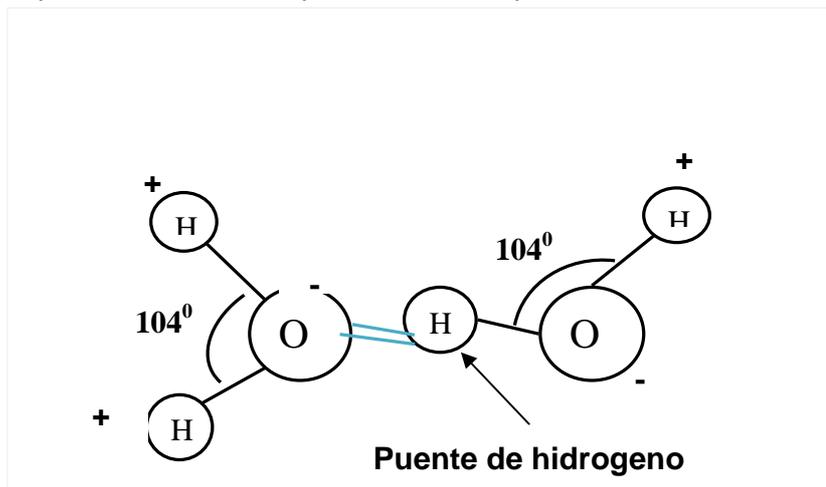


Figura 1.1. La molécula de agua.

Los círculos mayores representan los átomos de oxígeno y los menores representan los átomos de hidrógeno.

1.1.1 Las propiedades del agua ¹⁰

El agua además de ser una sustancia muy abundante en la naturaleza presenta excelentes propiedades, que permite su uso en casi todos los procesos industriales. En estado puro no tiene olor, no es tóxica, disuelve a todas las sales cristalinas y compuestos polares y debido a los valores elevados del calor específico y latente de vaporización constituye verdaderos volantes térmicos. La utilización del agua en la industria como fluido portador del calor se debe a estas razones.

A continuación se relacionan las principales propiedades del agua pura.

- Densidad del agua a 4°C es de 0,9997 g/cm³
- Temperatura de ebullición a la presión atmosférica es de 100 °C.
- Temperatura de solidificación a la presión atmosférica es de 0 °C.
- Calor específico (entre 14,5 a 15,5°C) es de 4180 J / kg / °C.
- Calor de fusión del hielo es de 80 Kcal/kg.
- Calor de vaporización 539 Kcal/kg.
- Energía de formación molecular es de 58 000 cal/mol.
- La viscosidad del agua es de 1,007.10⁻² Poise a 20 °C.
- Tensión superficial del agua a 18°C es de 73 dina/cm³.
- La permisividad del agua es del orden de 80
- La conductividad eléctrica del agua es de 4,2.10⁻⁶ mho/m.

La transparencia del agua depende de la longitud de onda de la luz que atraviesa. Los rayos ultravioletas pasan bien, pero los infrarrojos, tan útiles desde el punto de vista físico y biológico, apenas penetran en ella. El agua absorbe fuertemente el anaranjado y el rojo en el espectro visible, debiéndose a ello el color azul de la luz transmitida en capa espesa.

1.1.2 El ciclo del agua.

El agua en el planeta tierra se encuentra en las tres fases: sólida, líquida y gaseosa, constituyendo la hidrósfera y se distribuye en los océanos, los continentes y la atmósfera; entre los cuales existe una circulación continua - el ciclo del agua o ciclo hidrológico. El movimiento

¹⁰ Bastida Lopez E., Martín W.F., Monteagudo Yanes J.P. Uso Racional del Agua. Cienfuegos, noviembre, 2007.

del agua en el ciclo hidrológico es mantenido por la energía radiante del sol y por la fuerza de la gravedad.

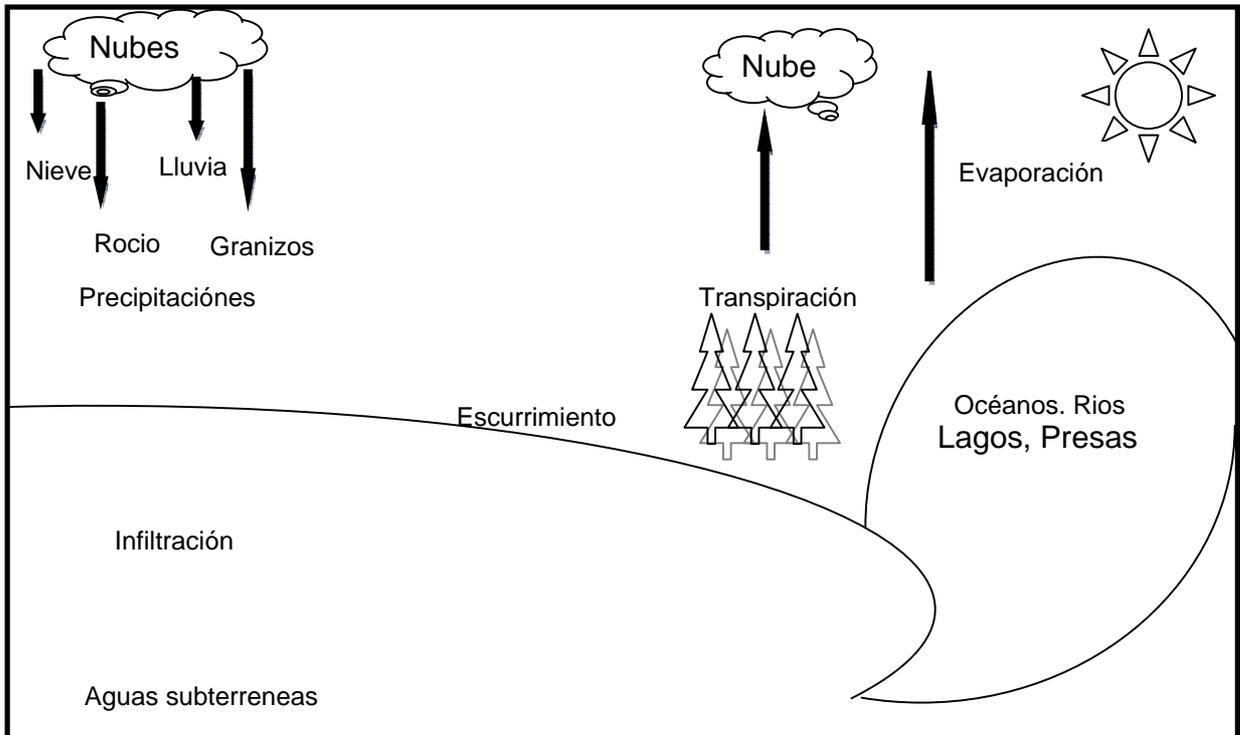


Figura 1.2 Ciclo de agua.

El ciclo hidrológico se define como la secuencia de fenómenos por medio de los cuales el agua pasa de la superficie terrestre, en la fase de vapor, a la atmósfera y regresa en sus fases líquida y sólida. La transferencia de agua desde la superficie de la tierra hacia la atmósfera, en forma de vapor de agua, se debe a la evaporación directa, a la transpiración por las plantas y animales y por sublimación (paso directo del agua sólida a vapor de agua).

La cantidad de agua movida, dentro del ciclo hidrológico, por el fenómeno de sublimación es insignificante con relación a las cantidades movidas por evaporación y por transpiración, cuyo proceso conjunto se denomina evapotranspiración.

El vapor de agua es transportado por la circulación atmosférica y se condensa luego de haber recorrido distancias que pueden sobrepasar 1,000 Km. El agua evapotranspiración da lugar a la formación de nieblas y nubes y, posteriormente, a la precipitación.

La precipitación también incluye el agua que pasa de la atmósfera a la superficie terrestre por condensación del vapor de agua (rocío) o por congelación del vapor (helada) y por intercepción de las gotas de agua de las nieblas (nubes que tocan el suelo o el mar).

El agua que precipita en la tierra puede tener varios destinos. Una parte es devuelta directamente a la atmósfera por evaporación; otra parte se escurre por la superficie del terreno, escurrimiento superficial, que se concentra en surcos y va a originar las líneas de agua. El agua restante se infiltra, ésta penetra en el interior del suelo; esta agua infiltrada puede volver a la atmósfera por evapotranspiración o profundizarse hasta alcanzar las capas freáticas.

La precipitación puede ocurrir en la fase líquida (lluvia o rocío) o en la fase sólida (nieve o granizo). El agua precipitada en la fase sólida se presenta con una estructura cristalina, en el caso de la nieve y con estructura granular, en el caso del granizo.

Tanto el escurrimiento superficial como el subterráneo van a alimentar los cursos de agua que desaguan en lagos y en océanos.

El escurrimiento superficial se presenta siempre que hay precipitación y termina poco después de haber terminado la precipitación. Por otro lado, el escurrimiento subterráneo, especialmente cuando se da a través de medios porosos, ocurre con gran lentitud y sigue alimentando los cursos de agua mucho después de haber terminado la precipitación que le dio origen.

Así, los cursos de agua alimentados por capas freáticas presentan unos caudales más regulares. Como se mencionó, los procesos del ciclo hidrológico ocurren en la atmósfera y en la superficie terrestre por lo que se puede admitir dividir el ciclo del agua en dos ramas: aérea y terrestre.

El agua que precipita sobre los suelos una parte es devuelta a la atmósfera por evapotranspiración y la otra produce escurrimiento superficial y subterráneo. Esta división está condicionada por varios factores, unos de orden climático y otros dependientes de las características físicas del lugar donde ocurre la precipitación.

La energía solar es la fuente de energía térmica necesaria para el paso del agua desde las fases líquida y sólida a la fase de vapor, y también es el origen de las circulaciones atmosféricas que transportan el vapor de agua y mueven las nubes. Por este motivo, y bajo un enfoque global o sistemático el ciclo del agua hay que entenderlo como una gran máquina térmica que utiliza una cuarta parte de la energía que llega del sol a la tierra, que es solo un 0,23 %.

La fuerza de gravedad da lugar a la precipitación y al escurrimiento. El ciclo hidrológico es un agente modelador de la corteza terrestre debido a la erosión, al transporte y deposición de sedimentos por vía hidráulica. Condiciona la cobertura vegetal y, de una forma más general, la vida en la tierra.

El ciclo hidrológico puede ser visto, en una escala planetaria, como un gigantesco sistema de destilación, extendido por todo el Planeta. El calentamiento de las regiones tropicales debido a la radiación solar provoca la evaporación continúa del agua de los océanos, la cual es transportada bajo forma de vapor de agua por la circulación general de la atmósfera, a otras

regiones. Durante la transferencia, parte del vapor de agua se condensa debido al enfriamiento y forma nubes que originan la precipitación. El regreso a las regiones de origen resulta de la acción combinada del escurrimiento proveniente de los ríos y de las corrientes marinas.

El ciclo del agua tiene dos partes principales. La parte terrestre del ciclo hidrológico comprende todo lo que tiene que ver con el transporte, el almacenamiento de las aguas en la Tierra y en el mar. La parte atmosférica constante en el transporte de agua en la atmósfera principalmente en forma de vapor. En la figura 1.2 del ciclo del agua son claramente visibles la parte atmosférica del ciclo y su parte terrestre. Los procesos de transferencia de agua entre estas distintas reservas de la hidrosfera están indicadas por flechas de color malva acompañadas por la cantidad anual de agua implicada en el proceso.

El balance hidrológico del agua está dado por la siguiente expresión: Precipitaciones = evapotranspiración + escurrimiento + infiltración.

Los consumos de agua se producen en diferentes sectores como agricultura, industria, domiciliario, entre otros.

El hombre ha conocido las bondades del agua en diferentes campos de la industria y fue después de la revolución industrial cuando comenzó su consumo a gran escala.

De numerosos datos de referencia se han relacionado muchas informaciones que un amplio círculo de especialistas en la materia emplean en la práctica. De esta forma, se sientan las bases investigativas para dar respuesta al problema científico que relaciona el consumo de agua en la producción de alcohol para las condiciones actuales en la fábrica objeto de estudio.

Para tener una mejor visión de esta problemática se hace un análisis de la situación actual del agua.

1.2 Problemática del agua en el mundo y en Cuba

El agua constituye el 70 % del planeta y se encuentra dispersa en los océanos, ríos, lagos y casquetes polares. Del total de agua que existe en el mundo, sólo se puede utilizar 0.35 % para consumo humano. Los problemas relacionados con este importante recurso natural han sido reconocidos como las amenazas más serias e inmediatas a la humanidad. El Diario Hoy de Argentina,¹¹ plantea que analistas políticos aventuran que las guerras del futuro serán por el control de este vital elemento.

Se estima que en el mundo existen unos 1 386 millones de km³ de agua, de los cuales 35 millones (2,53 %) son de agua dulce, y 1 351 son aguas salinas (97.47 %). De los 35 millones de km³ de agua dulce; 24.4 millones de km³ se encuentran en estado sólido en los casquetes

¹¹ Diario Hoy, Argentina, 19-2-06. Disponible en Internet: [http:// www.elpais.uy](http://www.elpais.uy).

polares, 10.5 millones de km³ corresponden a aguas subterráneas y 0.1 millones de km³ corresponden a aguas superficiales.¹²

La gran cantidad de agua dulce de las capas polares, glaciares y acuíferos profundos no es utilizable. El agua dulce que puede ser usada procede esencialmente de la escorrentía superficial del agua de lluvia, generada en el ciclo hidrológico, donde el agua se recicla continuamente por la evaporación causada por la energía solar.¹³

La dotación renovable de agua dulce en el mundo se estima en 38.830 km³ al año, cifra que representa una dotación cercana a los 7.400 m³ por habitante al año. Estos 38.830 km³ forman escurrimientos y únicamente quedan cerca de 14.000 km³ por año como fuente de abastecimiento relativamente estable.¹⁴

La cantidad de agua superficial varía en dependencia del continente, de esta forma las cantidades de aguas superficiales renovables en Asia son 6 veces más altas que las de Antártida. En la tabla 1.1 se muestra la distribución de agua superficial por continentes.

Tabla 1.1 Distribución de agua superficial por continentes

América del Sur	10.533 km ³ /año
América del Norte	8.199 km ³ /año
África	4.573 km ³ /año
Asia	14.443 km ³ /año
Europa	3.217 km ³ /año
Oceanía/Australia	2.397 km ³ /año
Antártida	2.302 km ³ /año

Los países y territorios del mundo más pobres en agua son:¹⁵ **Kuwait** (10 m³ anuales por habitante), la faja de Gaza (52 m³), los **Emiratos Árabes Unidos** (58 m³), **las islas Bahamas** (66 m³), Qatar (94 m³), **las islas Maldivas** (103 m³), **la Jamahiriya Árabe Libia** (113 m³), **Arabia Saudita** (118 m³), **Malta** (129 m³), y **Singapur** (149 m³).

Si se exceptúan Groenlandia y Alaska, los 10 territorios y países que más agua poseen son: la **Guyana francesa** (812.121 m³ anuales por habitante), **Islandia** (609.319 m³), **Guyana** (316.689 m³), **Suriname** (292.566 m³), **Congo** (275.679 m³), **Papua Nueva Guinea** (166.563 m³), **Gabón**

¹² El agua en América y el mundo. Disponible en Internet:
http://naolinco.igeofcu.unam.mx/atlas/ame_mundo/agua_dulce1.htm

¹³ Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Roma, 2002. Disponible en Internet:
http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/005/Y3918S/y3918s02.htm

¹⁴ El agua en América y el mundo. Disponible en Internet: Loc. cit.

¹⁵ Informe mundial sobre el desarrollo de los recursos hídricos (wwdr). Centro de Información de Naciones Unidas (CINU). Enero / Marzo 2003.

(133.333 m³), **las Islas Salomón** (100.000 m³), **Canadá** (94.353 m³) y **Nueva Zelandia** (86.554 m³).

En la peor de las hipótesis, a mediados del presente siglo 7.000 millones de personas sufrirán de escasez de agua en 60 países, y en el mejor de los casos serán 2.000 millones en 48 países. Se calcula que un 20% del incremento de la escasez mundial de agua obedecerá al cambio climático. La calidad del agua empeorará con la elevación de su temperatura y el aumento de los índices de contaminación.¹⁶

A diario se vierten dos millones de toneladas de desechos en ríos, lagos y arroyos. Un litro de agua residual contamina unos ocho litros de agua dulce. Se estima que hay unos 12.000 km³ de agua contaminada en el mundo entero, es decir una cantidad superior a la que contienen en total las diez cuencas fluviales más grandes del mundo en cualquier época del año. Si la contaminación sigue el mismo ritmo de crecimiento que la población, en el año 2050 el mundo habrá perdido efectivamente 18.000 km³ de agua dulce, o sea una cantidad casi nueve veces mayor que la utilizada actualmente cada año por los países para el regadío, que representa el 70% del total de las extracciones de agua y constituye con gran diferencia el principal consumo de recursos hídricos.

En el informe se clasifican 122 países, en función de la calidad de sus aguas, así como de su capacidad y grado de compromiso contraído para mejorar la situación existente. Los diez primeros países de la clasificación son **Finlandia, Canadá, Nueva Zelandia, el Reino Unido, Japón, Noruega, la Federación de Rusia, la República de Corea, Suecia y Francia.**

La energía hidráulica, que es la fuente energética renovable más importante y de uso más ampliamente extendido, suministró en 2001 el 19% del total de la producción de electricidad. Los países industrializados explotan aproximadamente el 70% de su potencial de energía eléctrica, mientras que los países en desarrollo sólo aprovechan el 15%. Canadá es el mayor productor de este tipo de energía, seguido por los Estados Unidos y Brasil. En América Latina, India y China hay todavía abundantes recursos hidroeléctricos sin explotar. Desarrollando ese potencial, se pueden reducir las emisiones de gases de invernadero en un 13% aproximadamente.¹⁷

El Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos de Cuba (INRH),¹⁸ reporta que los recursos hídricos cubanos se estiman aproximadamente en 38 km³, compuestos por 83 % de aguas superficiales y 17 % de aguas subterráneas. De estos, el potencial aprovechable se ha calculado en 24 km³ (75 % en aguas superficiales y 25 % en aguas subterráneas).

¹⁶ Objetivos de Desarrollo para el Milenio de las Naciones Unidas (ODM)

¹⁷ Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP). Disponible en Internet: <http://www.waterportal-americas.org>.

¹⁸ Oficina Nacional de Estadísticas, 2006. Diagnóstico de la Gestión Ambiental, Dirección de Industria, ONE, La Habana, 25 pp.

En la siguiente tabla se muestra como se comporta el uso del agua en Cuba.

Tabla 1.2 Uso del agua en Cuba ¹⁹

Fuente	Riego hm ³	Población hm ³	Industria hm ³	Otros usos hm ³	Total hm ³
Agua superficial	1 868.62	488.34	317.00	1 351.87	4 025.83
Agua subterránea	548.31	847.54	73.22	130.40	1 599.47
Total	2 416.93	1 335.88	390.22	1 482.27	5 625.30

En esta tabla se observa además una mayor utilización para el regadío de cultivos (43 %), le sigue el agua cuantificada en otros usos, que incluye pérdidas por transporte, distribución, etc. (26 %), luego el agua para el abasto de la población (24 %) y en menor proporción el agua empleada para actividades industriales (7 %).

A pesar de estos datos se hace necesario lograr medidas eficientes que conlleven a minimizar los elevados consumos de agua industrial, si se conocen en el ámbito nacional las empresas más consumidoras de este preciado recurso natural.

1.3 El uso de agua

El agua es un elemento común en todas las actividades de la vida diaria, puede constituir un factor limitante en el desenvolvimiento económico en el ordenamiento nacional y territorial, así como puede ser fuente de transmisión de enfermedades al hombre y a los animales.

El agua según el uso se clasifica en tres grandes grupos: aguas de población, aguas industriales, aguas de regadíos. Las aguas de población son destinadas a los servicios comunes de las localidades, tales como: uso residencial, hoteles, hospitales, comercios, etc. y en general son desinfectadas y clarificadas. Las aguas destinadas a los procesos industriales reciben diferentes tratamientos, en dependencia a su uso. Las aguas de regadíos generalmente no llevan tratamientos. Las aguas de servicios e industriales después de ser usadas se convierten aguas residuales, las cuales llevan su tratamiento para que entren nuevamente en el ciclo del agua o ser reutilizadas en cualquiera de los usos mencionados.

Cada año se planifica utilizar más de 7000 hm³ en nuestro país, lo que equivale a más del 50% de los recursos disponibles para la explotación. De este volumen utilizado (año 2007) el 51,7% corresponde al riego; el 3,1% a la industria; el 23,1 al abasto a la población y servicios; el 8,4%

¹⁹ Reporte Situación Ambiental Cubana. CITMA, 2004.

a otros consumos; el 5,6% a los requerimientos ecológicos (gasto sanitario), y el 7,9% a las pérdidas en la explotación.

1.4 Principales industrias consumidoras de agua en Cuba

La calidad y cantidad del agua depende de los procesos industriales a los que se incorpore, existen algunos procesos con muy bajo requerimiento de calidad y volumen como por ejemplo los que la utilizan para la limpieza de materias primas, procesos de cocción, etc. y otros con gran consumo en que el agua hace parte del proceso. Dentro de las industrias más consumidoras aparecen ²⁰

- Industria Azucarera
- Industria Textilera
- Industria de alimentos y bebidas
- Industria de cebada
- Industria del acero
- Industria Papelera
- Industria de cemento

En la industria de alimentos y bebidas por ejemplo, se requiere de grandes cantidades de agua con alta calidad, sobre todo en aquellas que realizan procesos fermentativos, cuyas aguas residuales se caracterizan por ser muy agresivas²¹.

Dentro de la industria de alimentos y bebidas, están comprendidas las destilerías de alcohol con un consumo considerable de agua, según aparece reflejado en la siguiente tabla.

Según estudio realizado, ²² el consumo de agua en las destilerías de Cuba se comporta muy superior al promedio referido internacionalmente, y en el caso particular de objeto de estudio estos índices de consumo se comportan de igual manera. En el ámbito nacional ALFICSA se comporta entre las mayores consumidoras, a pesar de ser la fábrica más moderna. En el gráfico 1.1 se muestra los resultados del análisis referido a este estudio.

²⁰ Vidal Medina J. R. Tesis en Opción al Título de Máster en Ciencias Técnicas, 2005.

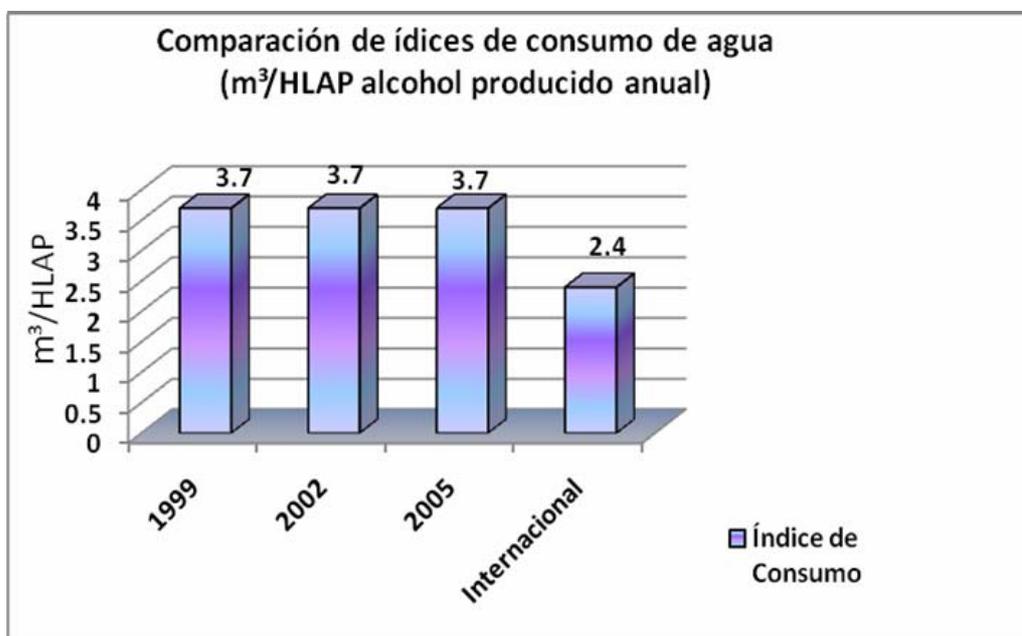
²¹ Arias Lafargue, T. Alternativa para disminuir los residuales de la destilería Hatuey. Disponible en Internet: <https://www.uo.edu.cu/ojs/index.php/tq/article/viewPDFInterstitial/186/182>

²² Rivera Rojas, A. Estrategia integrada de producción más limpia en el sector ronero. Red Nacional de Producción Más Limpia Proyecto ONUDI - CUBA

Tabla 1.3 Índices de Consumo Reales de Agua en las Destilerías de Alcohol en Cuba. ^{23, 24}

Destilerías	1999 m ³ /hl	2000 m ³ /hl	2001 m ³ /hl	2002 m ³ /hl	2003 m ³ /hl	2004 m ³ /hl	2005 m ³ /hl
Héctor Molina	-	-	9.26	8.02	5.40	8.01	3.7
Habana	-	-	0.48	0.48	0.3	0.18	-
Jesús Rabí	-	-	2.00	2.80	-	2.80	2.80
H. Duquesne	-	-	1.92	1.40	1.40	1.39	3.00
ALFICSA	-	-	3.00	3.00	3.00	3.00	2.5
Melanio Hdez	-	3.10	3.00	3.00	2.70	3.00	2.00
Enrique Varona	-	4.10	3.60	3.20	2.20	2.20	4.20
Amancio Rdguez	-	4.00	3.70	3.50	2.50	1.24	3.00
Antonio Guiteras	-	4.00	3.70	3.50	3.80	2.20	2.50
Antonio Maceo	1.70	1.70	1.70	2.10	-	2.23	-
Urbano Noris	1.80	1.80	1.80	2.30	2.70	2.19	1.80
Arquímides Colina	-	2.50	1.76	1.76	0.76	1.76	2.00
Argeo Martínez	1.80	1.60	1.43	0.89	2.75	1.40	3.60

Gráfico 1.1 Comparación de índices de consumo de agua en destilerías nacional e internacional.



²³ ICINAZ. Reporte sobre el Uso Eficiente del agua en la operación industrial. Resumen ejecutivo, 2005.

²⁴ ICIDCA. "Diagnóstico del empleo de agua en las plantas de derivados". – Taller Agua, 2006.

1.5 La gestión del agua

La gestión del agua supone actuar sobre el manejo de los recursos hídricos, o sea los cursos de agua o la demanda y sobre las infraestructuras hídricas y recursos económicos y humanos disponibles. La correcta gestión debe incorporar elementos de equilibrio económico del servicio y elementos para poder mejorar continuamente, la calidad interna y externa de la organización. Si a las herramientas de gestión se incorporan conocimientos sobre la tecnología de las redes de distribución y saneamiento, los procesos de acondicionamiento de la calidad del agua y los temas analíticos y biológicos, junto con el global del ciclo del agua, de los aspectos sanitarios y otros como reutilización, se consigue una perfecta preparación para integrar los servicios del agua.

Esta puede dividirse en cuatro etapas fundamentales vinculadas a la gestión de provisión mayorista de las fuentes de abasto hacia los consumidores, la gestión de distribución del agua, la gestión del agua dentro de la organización o la comunidad donde se utiliza y la gestión de las aguas residuales producto de los procesos que en ellos se desarrollan.

¿Qué es el sistema de gestión de agua en una organización empresarial?

Es parte de la gestión general de la organización que incluye la estructura organizativa, las actividades de planificación, responsabilidades, prácticas, procedimientos, procesos y recursos para desarrollar, implantar, revisar y mantener la política sobre el ahorro y uso del agua y forma parte de su sistema de gestión ambiental.

Objetivos de la gestión del agua empresarial.²⁵

La Gestión del Agua debe contemplar al menos los siguientes objetivos fundamentales:

1. La necesidad de tomar medidas para la conservación de este recurso tan importante para la vida.
2. El agua debe ser reciclada y reutilizada dentro de las propias producciones, y cuando finalmente deban ser dispuestas como un efluente no deben causar impacto negativo sobre el Medio Ambiente de acuerdo al cumplimiento de los aspectos legislativos vigentes.
3. Las aguas tanto residuales como para su uso en la industria y los servicios deben ser controladas desde los puntos de vistas de sus cantidades y de sus cualidades.
4. Es necesario particularizar cada utilización del agua para decidir la calidad que se requiere y su volumen.

²⁵ Bastida Lopez E., Martín W.F., La gestión del agua y su vinculación con el ahorro de energía. Cienfuegos, noviembre, 2007.

5. El agua debe verse vinculada a los consumos de energía, ya que de un aumento de su consumo, o un mal tratamiento o utilización de esta, es responsable de un aumento considerable de los gastos energéticos de las empresas.
6. Identificar los puntos que signifiquen ahorros inmediatos con pequeñas inversiones.
7. Localizar posibles ahorros de mayor cuantía que requieran inversiones y evaluar su rentabilidad.
8. Crear una cultura y educación empresarial sobre la necesidad del uso racional del agua y evitar su contaminación con residuales de diferentes tipos.

La gestión del agua debe tener un punto de vista global que considere el ciclo del agua en la industria y los servicios:

- **Abastecimiento:**

La gestión de abastecimiento tiene por objeto garantizar la cantidad y calidad del agua destinada a cada uso específico de la industria y los servicios. Otro objetivo es definir los tratamientos previos requeridos y los costos que ellos implican.

- **Proceso productivo:**

La gestión del proceso productivo está orientada a la optimización del uso del agua como medida de la reducción del volumen y minimización de los elementos contaminantes. Para lograr esto es necesario un profundo conocimiento del proceso productivo y de las operaciones auxiliares relacionadas ambas con la utilización del agua.

- **Depuración:**

La gestión de la depuración ha de garantizar la adecuación del efluente a la normativa vigente, maximizar la protección del medio hídrico y minimizar la inversión y el costo de explotación de las plantas de depuración.

1.5.1 La gestión del agua en las organizaciones o la comunidad

El concepto de gestión en las organizaciones se ha hecho popular en los últimos años. La correcta gestión de un sistema es incorporar elementos de equilibrio económico, social y técnico a los servicios y la producción para poder mejorar continuamente, la calidad interna y externa de la organización.

Los sistemas más usados son los de gestión de los procesos, gestión de calidad, gestión ambiental, gestión de seguridad, salud en el trabajo, gestión energética, gestión del agua, ecoeficiencia, producciones más limpia, etc. Los tres primeros sistemas de gestión se han hecho muy populares, basados en las normas ISO 9000, ISO 14000 y ISO 18000 y con la aplicación integrada en las organizaciones, es conocido como el Sistema de Gestión Integrado.

La gestión de agua en una organización se puede definir como un conjunto de actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización en lo relativo al uso del agua.

La gestión del agua dentro de las organizaciones y en las comunidades debe enfocarse como un sistema documentado integrado por procedimientos técnicos y administrativos para guiar y coordinar las acciones del personal y el estado de la infraestructura vinculada, así como disponer de la información con los mejores y más prácticos métodos para asegurar la satisfacción de los requisitos sobre el uso del agua establecidos por las regulaciones del país y las comunidades, al menor costo posible para la organización o la comunidad.

Para ello debe tomarse en cuenta el liderazgo, con una administración comprometida con un programa de gestión del agua dentro de las estrategias adoptadas, que satisfaga las expectativas de los grupos sociales vinculados como pueden ser los trabajadores de la empresa, los pobladores de una comunidad y el estado en su conjunto.

La participación consiente de los grupos sociales como uno de los actores de esta gestión, propiciando una cultura y valores en el entorno de la importancia del uso y conservación del recurso agua, la que debe reforzarse con capacitación, educación y reconocimientos a los grupos más destacados en la buena gestión del agua.

El diseño adecuado de los procesos que asegure que se ha considerado el uso más racional del agua en sus actividades, así como que en los efluentes producidos no sean contaminantes o tratados antes de su vertimiento.

En la realización de los productos o servicios, así como en la comunidad en general, deben establecerse y controlarse los requisitos establecidos para la gestión del agua, de forma que puedan evaluarse las desviaciones en los indicadores y tomar las medidas preventivas y correctivas necesarias.

Las evaluaciones periódicas de la gestión del agua deben conducir a la realización de proyectos de mejora organizacionales o comunitarios que pueden estar destinados a la normalización de las actuaciones, al mejoramiento de la infraestructura y a la interiorización y creación de valores en las personas, entre muchos otros.

1.5 Métodos para gestionar un uso racional del agua en los procesos productivos y en los servicios.

Según las experiencias obtenidas en el mundo algunos autores,^{26, 27, 28} coinciden que existen

²⁶ Sobrepera. Rita. Metodología para evaluar la gestión del agua en la producción y en los servicios. (En opción al título de master en ciencias).Universidad de Cienfuegos.

²⁷El-Halwagi, M. M. and V. Manousiouthakis, Simultaneous Synthesis of Mass Exchange and Regeneration Networks, AIChE J. Disponible en Internet: <http://www.p2pays.org/ref/01/text/00034fa.htm>

²⁸ Wang Y.P., Smith R. (1994) Wastewater minimization. Chem. Eng. Science. Disponible en Internet: <http://www.extenza-eps.com/ICE/ doi/ref/10.1205/095758204323066019.htm>

cuatro formas para minimizar el consumo de agua en la industria.

- 1) Cambios en el proceso - Esto involucra reducir la demanda asociada al agua de proceso.
- 2) Reuso - en algunos casos el agua desechada por un proceso puede reusarse directamente en otros procesos, en este caso se debe tener en cuenta que el nivel de contaminantes proveniente del proceso anterior no afecte el proceso actual.
- 3) Regeneración y Reuso - el agua de desecho puede regenerarse parcialmente para disminuir los contaminantes que impiden su reuso en otra operación. En algunos casos puede ser que no sea posible utilizar esa agua en el mismo proceso del cual ella viene, porque esa agua puede aumentar los contaminantes paulatinamente en el proceso. En este caso el agua contaminada puede ser mezclada con agua fresca u otra agua regenerada.
- 4) Regeneración y recirculación - el agua desechada puede ser regenerada para quitar contaminantes que se han acumulado en el agua, el agua entonces se recicla y se utiliza en el mismo proceso.

Tomando como base estas experiencias y formas de reducir el consumo de agua, en el mundo se trabajan varios métodos y tecnologías que conllevan al cumplimiento de esos objetivos. Estos métodos son los que generalmente se emplean en la gestión del recurso agua:

- Métodos estadísticos
- Métodos con Tecnología Pinch
- Métodos con Tecnología Water Pinch
- Inteligencia artificial para minimizar consumos de agua

1.6.1 Método estadístico: Esta metodología se basa en una serie de herramientas generales muy conocidas como por ejemplo los diagramas de Pareto, diagramas causa-efecto, gráficos de control, y otras herramientas específicas como los balances de masa y energía.

Herramientas generales: Este es un grupo de herramientas estadísticas que se pueden aplicar a la gestión de recursos en general. Dichas herramientas proporcionan una evaluación del problema de forma rápida y sencilla. ²⁹

Gráfico de Pareto: ^{30, 31} Estos gráficos se utilizan para detectar los grandes consumidores del recurso que se quiere minimizar. En este estudio en particular se analiza el recurso agua.

²⁹ Sen Samanta. Medio ambiente y desarrollo. Disponible en Internet:
<http://www.tierramerica.net/2001/0401/noticias3.shtml>

³⁰ Monteagudo, José. Eficiencia energética en la competitividad de las empresas, Ceema. UCF)

³¹ Herramientas para mejorar la calidad. Disponible en Internet: <http://www.calidad.com>

Figura 1.3 Gráfico de Pareto

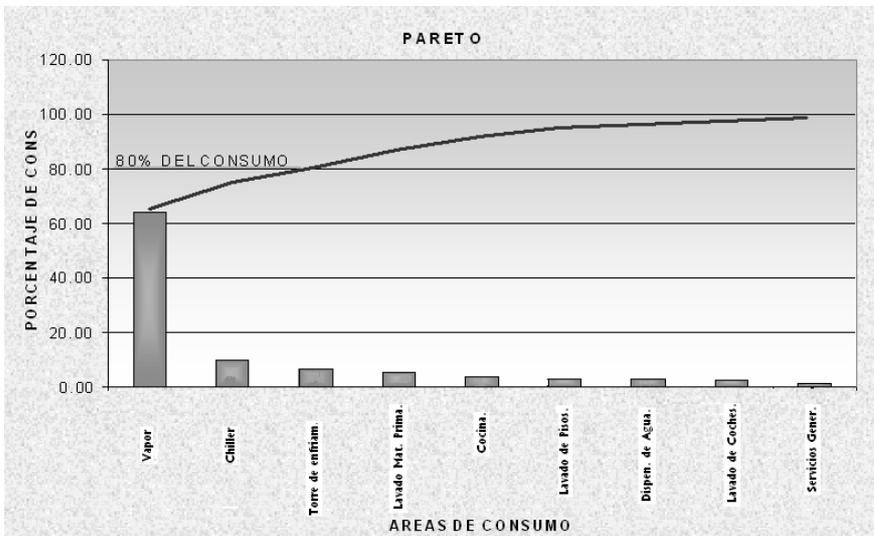


Diagrama Causa – Efecto o Diagrama de Ishikawa: Esta herramienta representa de forma ordenada todos los factores causales que pueden originar un efecto específico.

Figura 1.4 Gráfico Causa-efecto

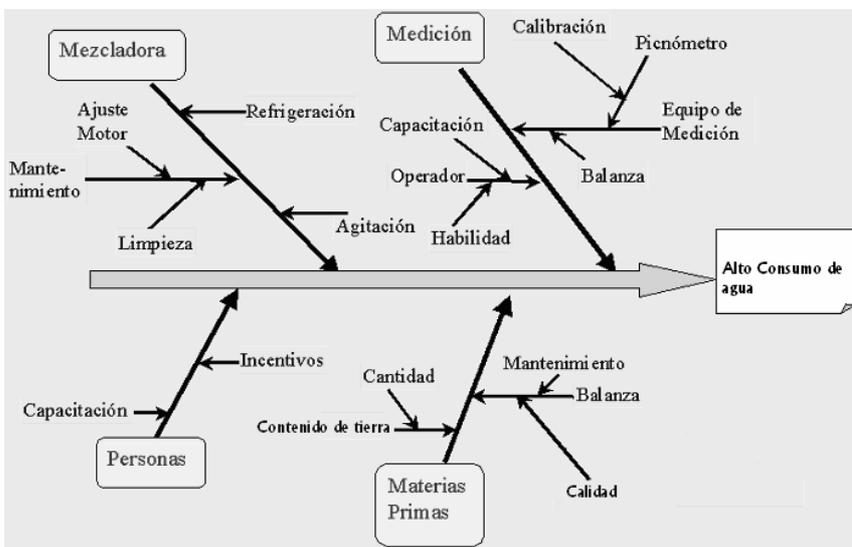
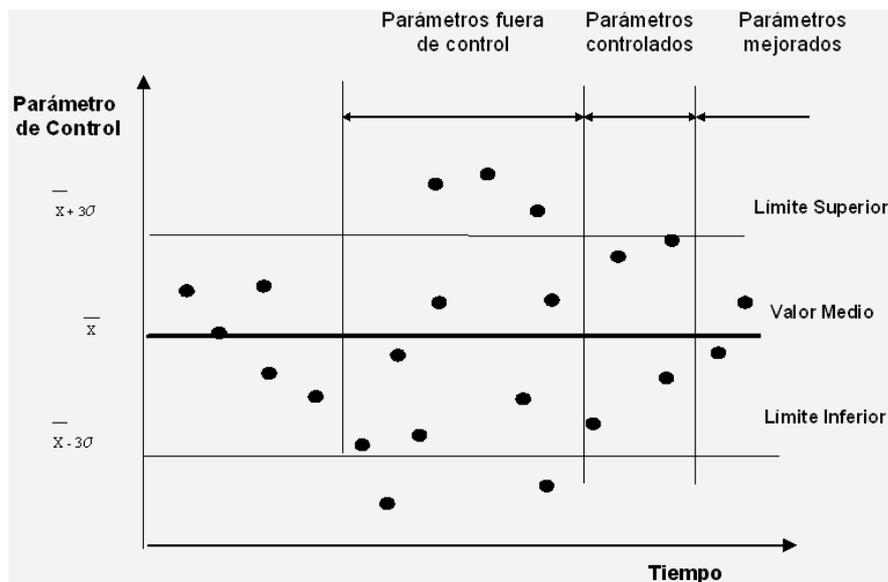


Gráfico de Consumo Vs Producción: Permite conocer el comportamiento de ambos parámetros en el tiempo.

Gráfico de Dispersión: Este gráfico permite conocer el comportamiento de los consumos y la producción y determinar en ellos la tendencia y su respectiva correlación.

Gráfico de control de parámetros: Los gráficos de control de parámetro son diagramas lineales que dan la posibilidad de observar el comportamiento del parámetro seleccionado, permitiendo determinar si el parámetro está controlado o no.

Figura 1.5 Gráfico de control



1.6.2 Tecnología Pinch: La tecnología de pliegue o pinch^{32, 33} ha demostrado que es un buen método de integración y optimización de energía y agua. Este método se fundamenta en la filosofía de las “capas de cebolla”. Esta metodología se puede resumir en los siguientes pasos:

34

1. Se comienza el diseño en la capa más interna de la cebolla, que representa la parte fundamental del proceso, ya que el funcionamiento de la capa interna afecta a todas las capas externas. Se diseña esta sección de forma óptima de acuerdo a la información disponible.
2. Se diseña el sistema de separación y recirculación, con lo que los balances de materia y energía quedan establecidos.
3. Se diseña el sistema de intercambio de calor y de recuperación energética de la planta, de forma que los consumos energéticos sean mínimos.

³² Arriola, Alejandro y Gutierrez, Eduardo, El análisis de pliegue (pinch analysis) una técnica de integración energética de proceso. Disponible en Internet:

<http://www.iie.org.mx/publica/boljul96/aplitec.htm>

³³ Carmona, Gabriel. Cogeneración basada en tecnología pinch. (En opción al título de master en ciencias).Universidad de Cienfuegos.

³⁴ El algoritmo de la tabla del problema. Disponible en Internet:

<http://gpinch.sourceforge.net/pinch/node1.html>

4. Se diseña el sistema de servicios generales (calefacción y refrigeración), que mejor cubran las necesidades energéticas de la planta.
5. Este proceso de diseño es iterativo, ya que la información obtenida del diseño de las capas exteriores permite modificar y optimizar las capas más internas.

Esta tecnología se apoya en gráficos que resultan ser de gran ayuda a la hora de entender su funcionamiento. Estos gráficos son los de curvas compuestas.

Curvas compuestas: Para la construcción de estas curvas se debe conocer las necesidades mínimas de un proceso.³⁵

- Corrientes "calientes", que son aquellas corrientes que por necesidades del proceso, deben enfriarse.
- Corrientes "frías", que son aquellas corrientes que por necesidades del proceso, deben calentarse.

La curva compuesta mostrara la cantidad total de calor disponible (corriente caliente) y faltante (corriente fría) en el sistema y los niveles de temperatura entre los cuales se necesita calentar o enfriar. Estas curvas conservan sus características al desplazarse horizontalmente sobre el eje de la entalpía H.

Cuando estas curvas alcanzan la diferencia de temperatura mínima fijada por el diseñador, se produce un cuello de botella denominado punto pinch.³⁶

Este es un método que sólo sirve para la integración energética de una industria, no puede ser utilizado directamente para optimizar agua, porque como se dijo anteriormente, se desarrolla en un marco termodinámico. El autor de este trabajo lo incluye dentro de los métodos para minimizar el agua, ya que de forma indirecta se puede obtener un gran ahorro en agua de enfriamiento y puede también disminuir la cantidad de agua calentada en una industria.

1.6.3 Water Pinch: Esta metodología aplica el razonamiento de la tecnología pinch descrita anteriormente.

La optimización del agua en la industria y la reducción de contaminantes presentes en ella, son las principales características de este método.

Esta metodología permite diseñar una red de intercambiadores de masa. Esto incrementa la regeneración y el reuso de aguas industriales. De tal manera que desde el diseño de la red se puede saber la cantidad de agua limpia demandada por el proceso y la cantidad de agua desechada por el mismo.

³⁵ Introducción a la metodología pinch. Disponible en Internet: <http://ginusss.eresmas.com/introduccion.htm>

³⁶ Diseño integrado de procesos con tecnología de pliegue. Disponible en Internet: <http://www.cheresources.com/pinchtech2.shtml>

Existen diferentes formas de desarrollar la metodología Water Pinch ³⁷ en una industria. A continuación se describen brevemente cada una de ellas.

Las diferentes formas de aplicar el Water Pinch coinciden en identificar el sistema de aguas que pueda dar más ahorros al cambiarlos o reformarlos. Normalmente se trazan gráficos de sensibilidad. Estos gráficos discriminan los sistemas que usan agua que no representen un importante ahorro al ser cambiados.

- **Perfil limite de agua:** ³⁸ Este es un método gráfico que propone una sola fuente de agua. El racionamiento es que un proceso puede tener en su salida aguas que pueden suplir las necesidades de otro proceso.

La construcción de la única curva compuesta comienza con la caracterización de las corrientes. Esto es, las corrientes que por flexibilidad del proceso admitan más carga de contaminantes (corriente de fuente) y las corrientes que por necesidades del proceso tengan que deshacerse de ellas (corrientes de demanda).

Después de la caracterización de las corrientes se debe calcular las cantidades de carga de contaminante que se transferirá de la corriente de demanda a la corriente fuente. Con estos datos se procede a poner en un gráfico todos los valores de masa transferida. Este gráfico tiene en sus ejes el nivel de pureza del agua y la cantidad de masa transferida.

Luego se procede a sumar los tramos anteriormente graficados, y se obtiene la única curva compuesta. La única fuente de corriente se representa con una línea recta y se coloca justo debajo de la curva compuesta (ambas coinciden en el origen), el punto donde estas dos curvas se unen es el punto pinch.

Esta curva permite el diseño de la red de intercambiadores de masa junto con los valores de consumo óptimos de agua limpia y valores mínimos de agua de desecho. Esta variante del método Water Pinch es complicado y requiere mucha destreza del diseñador de la red.

- **Dos curvas compuestas:** Esta metodología es muy parecida al método de integración energética descrito anteriormente.

Propone dos curvas compuestas en un plano con pureza y flujo de masa en los ejes. De la misma forma anterior se requiere caracterizar las corrientes de proceso. La diferencia entre estos dos métodos es que las gráficas se hacen separadas. Estas curvas se pueden desplazar en forma paralela al eje de flujo de masa. El punto donde estas dos curvas se tocan ocurre el punto de pinch.

³⁷ Diseño integrado de procesos con tecnología de pliegue. Disponible en Internet:
<http://www.cheresources.com/pinchtech2.shtml>

³⁸ Coastal Waters of the World: Trends, Threats and Strategies. Washington, D.C., Island Press, 1998
http://www.uneptie.org/outreach/wssd/docs/TM/tm_notes_and_resources.pdf

Esta gráfica define un traslape donde se debe dar el reuso, y dos regiones sin traslape donde refleja las necesidades de agua fresca y agua desechada.

Las dos metodologías vistas anteriormente son muy útiles para entender el funcionamiento del método Water Pinch desde el punto de vista gráfico. Pero cuando se requieren cálculos más exactos, es poco lo que estos dos métodos pueden hacer.

Existe un método de Water Pinch que cubre las debilidades de los métodos anteriores. Además, es muy sencillo de programar en un procesador. Este método es conocido como la tabla de cascada de agua (wct).

- **La tabla de cascada de agua (wct):**^{39, 40} Este método consiste en la realización de una tabla donde se requieren los datos de las corrientes del sistema (carga de contaminantes, pureza de las corrientes). Dichos datos se operan con ecuaciones muy sencillas para terminar de llenar la tabla de datos. Esta tabla da la información de cantidad de agua fresca requerida y la cantidad de agua desechada. También proporciona los puntos pinch.

La tabla de cascada de agua se puede extender a procesos discontinuos, y proporcionar consumos óptimos de agua en intervalos de tiempo distintos.

1.6.4 Inteligencia artificial para minimizar consumos de agua

Este método se basa en el uso de los algoritmos genéticos y las redes neuronales para optimizar los consumos de agua en la industria.

Los algoritmos genéticos otorgan valores óptimos de las variables de un proceso en forma puntual. Mientras que las redes neuronales extienden esos valores a procesos discontinuos

- **Algoritmos genéticos:**⁴¹ En la actualidad, las técnicas de optimización de recursos se basan fundamentalmente en la programación matemática (modelos matemáticos). Los algoritmos genéticos han sido una buena solución de problemas de optimización, en donde han mostrado ser muy eficientes y confiables.^{42, 43}

Los algoritmos genéticos son un resultado de los avances de la computación y de la genética. Son herramientas de la inteligencia artificial porque aprenden simulando parcialmente los

³⁹ Dominic Chwan, Y. F, Zainuddin, A. M, Yin Ming Tan. Usset Cascade Analysis Optimize Water Networks. University Teknologi Malaysia, 2006. Disponible en Internet: www.cepmagazina.org.

⁴⁰ Tan, Y. L., Manan, Z. A. and Foo, C. Y. (2002). "Water minimisation by pinch technology – water cascade table for minimum water and wastewater targeting". 9th Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering (APCChE 2002) Congress.

⁴¹ Vasile LAVRIC, Drd. Petrica IANCU, Prof. Valentin plesu. University politehnica of Bucharest, centre for technology transfer in the process industries. Fresh-water minimization through constrained topology design with Genetic Algorithm.

⁴² Introducción a la vida artificial. Disponible en Internet: <http://icgeocities.com/CapeCanaveral/8104/ivan.htm>

⁴³ Marczyk, Adam, Algoritmos genéticos y computación evolutiva. Disponible en Internet: <http://the-geek.org/docs/algen/>

mecanismos de la evolución. Su característica principal es su eficacia para optimizar casi cualquier problema.

Los algoritmos genéticos son parte de la Computación Evolutiva, que simula el proceso de selección natural. Un algoritmo genético consiste en una función matemática o una rutina de software que toma como entradas a los ejemplares y retorna como salidas, las cuales deben generar descendencia para la nueva generación.

En un algoritmo genético se genera un conjunto con algunas de las posibles soluciones. Cada una va a ser llamada individuo, y a dicho conjunto se le denominará población. Cada individuo tiene una información asociada a él. En un problema de optimización corresponde a las variables libres, es decir, aquellas a las que el algoritmo tiene que asignar un valor para que una función sea mínima o máxima para esos valores. Esa función se denominará función aptitud. A dicha información se la va a denominar código genético.^{44, 45}

La función de aptitud no es más que la función objetiva del problema de optimización. El algoritmo genético únicamente maximiza, pero la minimización puede realizarse fácilmente utilizando el recíproco de la función maximizante (debe cuidarse, por supuesto, que el recíproco de la función no genere una división por cero).

Un algoritmo genético bien diseñado esta en condición de entregar buenas soluciones. La forma de trabajar de un algoritmo genético es mediante operadores que se encargan de simular la evolución natural.

- **Redes neuronales artificiales (RNA):** Las redes neuronales artificiales⁴⁶ son sistemas paralelos para el procesamiento de la información, inspirados en el modo en el que las redes de neuronas biológicas del cerebro procesan información.^{47, 48}

El punto clave de las RNA es la nueva estructura de estos sistemas para el procesamiento de la información. Estos están compuestos, al igual que el cerebro, por un número muy elevado de elementos básicos (las neuronas), altamente interconectados entre ellos y con modelo de respuesta para cada elemento en función de su entorno muy parecido al comportamiento de las neuronas biológicas. Estos modelos son simulados en ordenadores convencionales y es el

⁴⁴ Construcción de bases de conocimiento con Computación Evolutiva. Disponible en Internet:
<http://www.fcencias.unam.mx/revista/soluciones/N17/Vlad1.html>

⁴⁵ Los algoritmos genéticos. Disponible en Internet:
<http://www.orcero.org/irbis/disertacion/node210.html>

⁴⁶ Descripción de red neuronal y conceptos básicos. Disponible en Internet:
<http://www.aernsoft.com/cas/ayuda/apendic11.htm>

⁴⁷ Catalina, Alfredo, Introducción a las redes neuronales artificiales. Disponible en Internet:
<http://www.gui.uva.es/login/13/redesn.html>

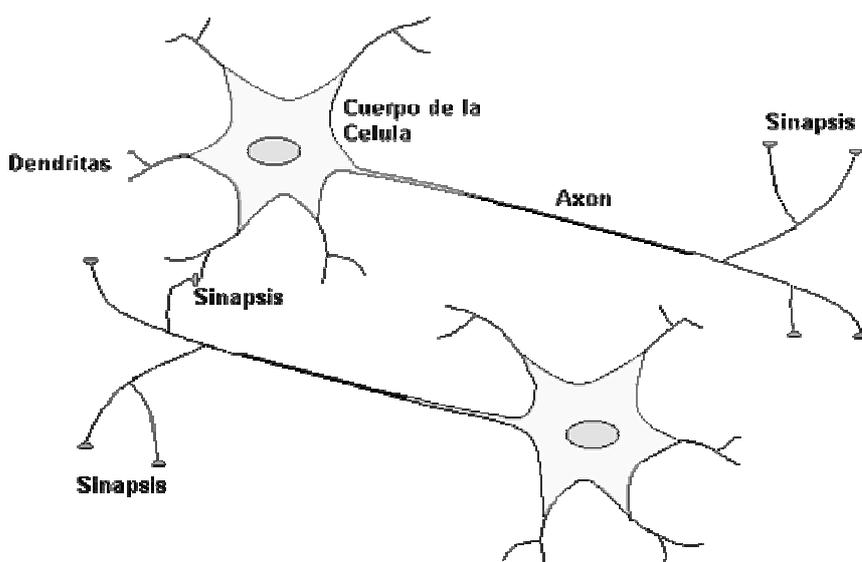
⁴⁸ Bollilla, Ana, Introducción a la Computación Neuronal. Disponible en Internet:
<http://www.monografias.com/trabajos12/redneuro/redneuro.shtml>

comportamiento colectivo de todos los elementos lo que le confiere esas características tan peculiares para la resolución de problemas complejos. Las RNAs, como las personas, aprenden a partir de ejemplos. Aprender en sistemas biológicos involucra la modificación de la ínter conectividad entre las neuronas y esto es también cierto para las RNAs. En esta simulación, la reorganización de las conexiones sinápticas biológicas se modela mediante un mecanismo de pesos, que son ajustados durante la fase de aprendizaje. En una RNA entrenada, el conjunto de los pesos determina el conocimiento de esa RNA y tiene la propiedad de resolver el problema para el que la RNA ha sido entrenada.

Para entender el funcionamiento de la RNA es necesario entender primero como funciona una neurona biológica.

Las neuronas biológicas tienen tres componentes principales, las dendritas, el cuerpo de la célula o soma, y el axón. Las dendritas, son el árbol receptor de la red, son como fibras nerviosas que cargan de señales eléctricas el cuerpo de la célula. El cuerpo de la célula, realiza la suma de esas señales de entrada. El axón es una fibra larga que lleva la señal desde el cuerpo de la célula hacia otras neuronas. El punto de contacto entre un axón de una célula y una dendrita de otra célula es llamado sinápsis, la longitud de la sinápsis es determinada por la complejidad del proceso químico que estabiliza la función de la red neuronal. Un esquema simplificado de la interconexión de dos neuronas biológicas se observa en la figura 1.6 ⁴⁹

Figura 1.6 Conexión de neuronas del cerebro



⁴⁹ Características principales de las redes neuronales. Disponible en Internet: <http://www.iwaponline.com/wst/04609/09/default.htm>

Las estructuras neuronales continúan cambiando durante toda la vida, estos cambios consisten en el refuerzo o debilitamiento de las uniones sinápticas; por ejemplo se cree que nuevas memorias son formadas por la modificación de esta intensidad entre sinápsis, así el proceso de recordar el rostro de un nuevo amigo, consiste en alterar varias sinápsis.

Los diferentes métodos y tecnologías que se siguen en el mundo para gestionar el mejor uso del recurso agua y que se estudian en este trabajo, buscan un aumento en la competitividad de las empresas a través de una mejora en la eficiencia del consumo del agua y reportan menores costos de producción, así como menor impacto medioambiental.

1.7 Generalidades del proceso de producción de alcohol

Los alcoholes⁵⁰ son compuestos derivados de hidrocarburos en los que uno o varios hidroxilos remplazan a otros tantos átomos de hidrógeno ligado a un carbón saturado. Estos se elaboran también utilizando como materia prima el almidón de patatas, cereales o materias azucaradas como las melazas y azúcar de remolacha. La extracción se opera por destilación de las pulpas o mostos fermentados. Otra materia prima para producir alcohol es el etileno procedente de la coquefacción del carbón o del cracking del petróleo que mediante la hidratación se obtiene alcohol. El alcohol más importante es el etanol o alcohol etílico. Las bebidas fermentadas lo contienen en proporciones grandes: cerveza de 2 a 5 %, vinos de 8 a 15 % y hasta 60 % en los aguardientes, además es un disolvente usado para preparar barnices, medicamentos, perfumerías, etc.

El proceso de fermentación en la producción alcoholera constituye la etapa más importante porque es donde se transforman las materias orgánicas producto de las enzimas segregadas por microorganismos. Otra etapa importante en la obtención de alcoholes es la destilación que consiste en la separación de los distintos componentes de una mezcla líquida mediante evaporación y condensación.

El proceso de elaboración de alcohol a partir de melaza, está basado en las propiedades que tienen algunos microorganismos de metabolizar azúcares y producir como residuo, alcohol etílico. Como el alcohol que se produce es de baja graduación, es necesario eliminar el agua por destilación.

Para efectuar este proceso biológico, en una planta industrial a partir de melaza de caña es necesario efectuar varias operaciones que se resumen generalmente en cinco fases:

- Descarga y almacenamiento de materia prima
- Preparación de mosto
- Fermentación

⁵⁰ Galiana Míngot, T. Pequeño Larousse de Ciencias y Técnicas. – La Habana: Editorial Científico Técnica. Ministerio de Cultura, 1988, 1056 pp.

- Destilación
- Almacén de producto terminado

1.7.1 Preparación de mosto

Todo proceso de fermentación requiere previamente de una preparación del sustrato a fermentar y una adecuación de la materia prima a las necesidades del metabolismo celular de la levadura. Aunque existen otros métodos para la preparación de mostos, a continuación se describe el proceso de preparación de mosto de esta fábrica. ⁵¹

1.7.1.1 Preparación de mosto de melazas: Proceso "HYMOL".

El proceso "HYMOL" para el caso de melazas comienza por el control preciso de la alimentación de melaza y su pre-dilución con agua en un mezclador continuo. Se precalienta en contra corriente con el mosto pasteurizado en un intercambiador de calor para posteriormente pasteurizar a 95°C con inyección de vapor directo en otro intercambiador de calor. Después de una filtración y de la adicción de nutrientes y corrección de pH, se enfría y diluye a las concentraciones previstas para la fermentación aeróbica, y anaeróbica. EL proceso es continuo y está totalmente automatizado.

1.7.2 Fermentación alcohólica

Los procesos de fermentación alcohólica se pueden clasificar en dos grupos: continuas o discontinuas, y dentro de cada grupo se pueden distinguir a su vez dos tipos dependiendo de que el proceso de producción de levadura sea con la "cuba madre" o con "reciclaje de levadura" (proceso Melle Boinot, Proceso de fermentación de reciclaje de levadura: "HY-YEAST", Proceso de fermentación con reciclado de vinazas: "STILL-YEAST"). En este caso se describirá el proceso de fermentación que tiene lugar en la fábrica objeto de estudio.

1.7.2.1 Proceso de fermentación con cuba madre: "PRO-YEAST".

Consiste en desarrollar permanentemente a partir de un mosto de baja concentración la levadura que se utilizará para la fermentación alcohólica no recuperándose después la levadura sobrante.

Las cubas madres siempre se airean (fermentación aeróbica). El medio fermentado que producen constituirá la biomasa de levadura que será enviada a la cuba de fermentación bajo el nombre de "pie de levadura". Las cubas de fermentación de volumen mayor que las cubas madre nunca se airean (fermentación anaeróbica), se alimentan con un mosto de concentración

⁵¹ TOMSA DESTIL S.L., Datos de Compañía especializada. Disponible en Internet:
<http://www.tomsadestil.com/downloads/ESP/CATALOGO.pdf>.

alta una vez trasvasado el pie de levadura. Si el proceso es discontinuo se dispondrá de varias cubas de fermentación que trabajan intermitentemente según la secuencia clásica: pie de levadura llenado, muerte y destilado. Por el contrario si el proceso es continuo podrán disponerse de una o más cubas en cascada de tal manera que la primera recibe continuamente un flujo de pie de levadura y otro de flujo de mosto abandonando la última cuba el mosto totalmente fermentado.

En todos los casos todas las fermentaciones producen un desprendimiento de calor (reacciones exotérmicas) por lo que siempre hay que disponer un sistema de enfriamiento de las cubas.

1.7.3 Destilación

En la obtención de alcoholes la destilación es la última etapa del proceso de fabricación y consiste en la separación de los distintos componentes de una mezcla líquida mediante evaporación y condensación.⁵²

Una columna de destilación típica debe estar dotada de los equipos auxiliares e instrumentación necesarios para su correcto funcionamiento y control:

1. Adecuado diseño de los componentes internos con especial dedicación al diseño hidráulico de los platos y su eficiencia en transferencia de materia.
2. Correcta elección y diseño del sistema de calefacción de la columna (ebullidor, vapor directo, etc.) y de la sección de vapores de cabeza.
3. Sistema de control automático y supervisión, con la elección óptima del tipo de instrumentación requerida, localización de las zonas de mayor rigor adecuada al proceso. Se conocen diferentes procesos de destilación como el PROVAC con una o dos columnas, el proceso HIDROVAC de tres columnas y el proceso FINECVAC que es una combinación de los dos procesos mencionados anteriormente, pero en la fábrica objeto de estudio se utiliza el proceso STILLVAC que se describe a continuación:

1.7.3.1 Proceso de destilación: Sistema "STILLVAC" (dos columnas).

Con este sistema se aporta la mejor solución tecnológica para producir alcohol rectificado de alto grado (hasta 96,5 °GL) a partir de mostos fermentados dentro de unos parámetros de calidad típicos para la producción de bioetanol o de bebidas para añejamiento (ron, whisky, brandy, tequila). El proceso aprovecha todas las ventajas del sistema "PROVAC" de destilación a vacío para mostos fermentados, puesto que la columna de mosto trabaja a vacío, añadiéndose el ahorro energético que supone utilizar la columna rectificadora trabajando a presión para poder efectuar un doble efecto entre los vapores de cabeza de la rectificadora (alta

⁵² Acón J. Elementos de Ingeniería Química. – La Habana: Editorial Pueblo y Educación. 1987

temperatura) para calentar el pie de la columna de mosto (baja temperatura) sin consumo de energía en esta última, mediante un ebullidor de flujo descendente, sistema que suele llamarse "multipressure columns".

Las impurezas volátiles (cabezas) en el mosto fermentado son eliminadas por la zona de cabeza de cada una de las columnas y las impurezas pesadas (colas) se eliminan por el pie de la columna de mosto y por la zona centro de la columna rectificadora.

Dependiendo del tipo de materia prima utilizada, el ebullidor de la columna de mosto trabajará con recirculación de la propia vinaza de la columna para producir vapor con las flemazas del pie (agua destilada) de la columna rectificadora si se presume alguna posibilidad de incrustaciones en los tubos del ebullidor.

CAPITULO II

PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA DIAGNOSTICAR EL PROCESO DE CONSUMO DEL AGUA EN ALFICSA

2.1 Caracterización la fábrica de producción de alcoholes finos de caña. ALFICSA.

El 21 de julio de 1997, se expide la certificación del Acuerdo No.3178 del Comité ejecutivo del concejo de Ministros que autoriza la creación de la Empresa Mixta Alcoholes Finos de Caña S.A, ALFICSA. Esta empresa está conformada por las sociedades CUBALCOL S.A. VINUMAR S.A. de España, y THUNDERGUST LTD de Gibraltar. ALFICSA tiene su domicilio legal en el Consejo Popular de Covadonga, Municipio de Aguada de Pasajeros, Provincia de Cienfuegos y se constituye por un término de 15 años con el objetivo de producir alcoholes finos y de otras calidades y comercializarlos fundamentalmente en el mercado externo.⁵³

ALFICSA es una Empresa Mixta Cubano-Española, ubicada en la Región Central del país, que combina los últimos avances tecnológicos y el cuidado del medio ambiente con la experiencia cubana en la producción de alcoholes a partir de las melazas de caña de azúcar, y su misión es ofertar materias primas de alta calidad a las industrias licoreras, farmacéuticas y de cosméticos de todo el mundo.

El 14 de octubre del 2000 se inaugura la destilería con una capacidad potencial superior a los 80000 lts/día de alcohol extrafino de 96.3 °GL almacenados en depósitos de acero inoxidable y contando con un sistema de control automático para el proceso, aspectos que garantizan la calidad del producto y disminuyen el número de trabajadores en comparación con otras fábricas de similar capacidad de producción. El proceso general de producción de alcohol de esta fábrica, aparece reflejado en diagrama de bloque del **Anexo 1** de flujo general.

2.2 Descripción del proceso a diagnosticar

2.2.1 Preparación de mostos. Ver Anexo 2.

Las materias primas procedentes del almacenamiento, se mezclarán y diluirán hasta 24 °Brix, controlando la proporción automáticamente con un medidor de densidad y válvulas automáticas. Se esterilizarán mediante calentamiento hasta 100/105 °C y posteriormente se diluirán a 16 °Brix, con agua de proceso.

- Se mantendrá un pH de 4/4.5 mediante inyección de H₂SO₄.
- El mosto de 24 °Brix se utilizará en la fermentación y el de 16 °Brix en las Cubas Madres.
- En la producción de mosto de 16 °Brix se añade en continuo una solución de nutrientes necesarios para la regeneración de la levadura.

⁵³ Alemán López, J. F. Gerente ALFICSA, Datos personales, 2007.

En el proceso de preparación de mosto se utiliza agua cruda procedente del depósito general de agua a razón de 56015 kg/h, de ellos 54542 kg/h son para la dilución y la diferencia en la preparación de los nutrientes.

Una vez preparado el mosto hacia las cubas hijas se envían 56972 kg/h de mosto fuerte a 21 °Brix y 4.5 pH mientras hacia la cuba madre se envía el mosto débil a razón 13480 hg/h 13 °Brix y 5.2 de pH con una temperatura de 33.6 ° C. Posteriormente ambos mostos son enviados al proceso de fermentación.

2.2.2 Fermentación. Ver anexo 3

La fermentación escogida es la semicontinua, es decir, cada cuba trabaja separadamente y desplazada en el tiempo de tal forma que continuamente se está alimentando con mosto fermentado de la sección de destilación, mientras que la cuba madre trabaja siempre en continuo simultáneamente.

Las cubas irán tapadas y estarán provistas de bomba de agitación y extracción de vino, así como de un sistema de enfriamiento exterior.

El proceso dispondrá de dos cubas Madres o de propagación de levadura autóctona.

Esta sección se complementa con un sistema de preparación, distribución de antiespuma y de sales nutritivas y lavado de gas CO₂.

En el proceso de fermentación se utiliza agua cruda para la limpieza de los fermentadores a razón de 1974 kg/h, pero para esta labor se trabaja 1h por cada fermentador, o sea 6 horas.

El producto de la fermentación pasa posteriormente a las torres de destilación.

2.2.3 Destilación – Rectificación. Anexo 4.

El proceso de destilación-rectificación a vacío es el siguiente:

La materia prima se introduce en la columna C-510, unos platos por debajo de la cabeza, una vez precalentada en el E-525. Por el pie salen las vinazas, a través de una columna barométrica, y los vapores que se desprenden en la parte superior se desgasifican por medio del E-515, y pasan a la columna C-520, cuyos vapores pasan a su vez al conjunto E-525, E-526 y E-527, donde se condensan.

El alcohol se concentra en esta columna hasta 80 °GL aproximadamente, y se lleva a la columna C-536, hidroselectora, donde se efectúa una depuración del alcohol por medio de un lavado con agua y vapor, con el fin de eliminar las impurezas volátiles a baja concentración alcohólica. Para esta operación se consumen 2771 kg/h de agua.

Esta columna consta de dos partes diferenciadas: los primeros platos constituyen la columna de hidroselección propiamente dicha, le sigue un decantador en caliente de aceites de fusel, y los platos superiores constituyen la columna de cabezas, donde se producen los vapores

alcohólicos, que se condensan en E-550 y E-552 (siendo E-550 el ebullidor de la columna C-550) y se dividen en dos partes: el reflujo y las cabezas respectivamente.

El alcohol centro sale por el pie de la columna a una concentración de 15 °GL, gracias al abundante lavado proveniente de las vinazas de la rectificadora.

El alcohol centro llega a la rectificadora C-540 donde se concentra hasta 96,3°GL, extrayéndose lateralmente unos platos por debajo de la cabeza.

Los vapores alcohólicos producidos se condensan en el grupo E-510 y E-511, (siendo E-510 el ebullidor de la columna C-510), y se divide en dos: el reflujo y las cabezas o primas, respectivamente.

El alcohol rectificado y pasteurizado penetra en la columna C-550 o columna de repaso final, donde se eliminan las impurezas volátiles a alta concentración alcohólica, tales como metanol, etc.

Finalmente el alcohol centro se extrae por el pie de la columna y después de pasar al refrigerante de alcohol E-551 y se almacena.

Las columnas funcionan a doble efecto de la siguiente forma:

La columna C-540, rectificadora, está a presión, y sus vapores al condensarse, calientan la columna C-510, destrozadora, que está bajo vacío, al igual que la columna C-520 o de alto grado.

La columna C-536 o hidroselectora, funciona a presión atmosférica y los vapores emitidos por esta columna calientan, por medio de un ebullidor E-550, la columna C-550, o de repaso final, que funciona a vacío.

Sus principales ventajas son:

Consumo mínimo de vapor (del orden de 320 kg./hl de alcohol centro a 96,3°GL). Representa una economía del orden del 40-50% de vapor, frente al sistema a presión atmosférica convencional.

Como se aprecia en el anexo x, del depósito general de agua se utilizan 47688 kg/h para otras facilidades del proceso, de ellos se pasan a la ósmosis inversa 22450 kg/h, de donde salen en forma de rechazo 8419 kg/h, mientras otros 14031 kg/h se recogen en el depósito de condensados y 3038 kg/h para los descarbonatadores y la torre de enfriamiento asimila 19 500 kg/h.

2.3 Propuesta de metodología de diagnóstico.

Las organizaciones son tan eficaces y eficientes como lo son sus procesos. La mayoría han tomado conciencia de esto y por las normas ISO y EFQM se plantean cómo mejorar los procesos y evitar algunos males habituales como: bajo rendimiento de los procesos, poco enfoque al cliente, barreras departamentales, subprocesos inútiles debido a la falta de visión

global del proceso, excesivas inspecciones entre otras. En tal sentido es importante sentar las bases para la simplificación y optimización de aquellos procesos que mediante la mejora de su operación, contribuyan al logro de los objetivos de la organización.

Un proceso puede ser definido como un conjunto de actividades interrelacionadas entre sí que, a partir de una o varias entradas de materiales o información, dan lugar a una o varias salidas también de materiales o información con valor añadido. En otras palabras, es la manera en la que se hacen las cosas en la organización.

El mejoramiento de un proceso se realiza con el propósito de incidir de manera significativa en la reorientación y/o mejora del mismo, hacia un mejor y más eficiente esquema de trabajo con resultados trascendentes que permitan iniciar un cambio en la forma de administrar los recursos.

Al analizar un proceso tecnológico se atienden las áreas de oportunidades vitales y las acciones de mejora que se generan a partir de este análisis, están encaminadas a modificar los métodos y procedimientos de trabajo actuales, con las que se obtendrán el mayor beneficio, al menor costo para la organización, con impactos significativos en la mejora del medio ambiente y en la seguridad de los trabajadores.

La entidad objeto de estudio define el consumo de agua como unos de sus procesos logísticos, en tal sentido es objetivo del presente trabajo diseñar una metodología que permita desarrollar un adecuado diagnóstico del mencionado proceso.

La propuesta de la metodología para ejecutar el diagnóstico del proceso del consumo de agua en el ALFICSA descrito en el epígrafe anterior toma como base de referencia los aspectos teóricos acerca del desempeño de un proceso así como, resultados de investigaciones precedentes. La metodología plantea tres etapas cada una con un objetivo específico, sus pasos y las técnicas a utilizar para desarrollar esta metodología Como se presenta en la Tabla 2.1, para obtener la información se aplicaran simultáneamente y de manera combinada las técnicas referenciadas a los trabajadores seleccionados de manera aleatoria

2.3.1 Etapa I: Identificación

Esta etapa tiene el objetivo la creación del equipo de trabajo, su preparación y obtener toda la información necesaria para la ejecución de la investigación y cumplir adecuadamente con los objetivos previstos. La base del trabajo está en dividir el proceso en actividades y a partir de ahí buscar las insuficiencias y eliminar las que no agregan valor al proceso.

La capacitación está dirigida en lo fundamental a la aplicación correcta de las técnicas de búsqueda y análisis de información así como la búsqueda de soluciones.

El proceso de instrucción se desarrolla de manera individual con cada trabajador, con una explicación detallada de los objetivos que se persiguen con el trabajo y se aclaran todas las

dudas que se presenten prestando especial atención al empleo de las herramientas seleccionadas.

Tabla 2.1 Etapas, pasos y técnicas de la metodología propuesta.

Etapas	Pasos	Técnicas
I. Identificación	1.1 Creación del equipo de trabajo 1.2 Preparación de los trabajadores participantes 1.3 División del proceso en actividades 1.4 Aplicación de las técnicas de búsqueda de información.	1. Tormenta o lluvia de ideas. 2. Observación 3. Entrevista 4. Trabajo de grupo 5. Revisión documental
II. Procesamiento y Análisis de la información	2.1 Trabajo en equipo de los trabajadores, investigadores seleccionados. 2.2. Detectar problemas y causas	1. Análisis documental 2. Diagrama causa-efecto 3. Diagrama de Pareto. 4. Diagrama Consumo Vs Producción 5. Gráfico de Tendencia y de Correlación 6. Gráficos de Control.
III. Presentación de informe y toma de decisiones	3.1 Presentación del informe y propuestas de alternativas de mejora.	1. Trabajo de grupo 2. Selección Ponderada

El número de expertos a trabajar como miembros del equipo es de cinco, para esto no se tuvieron en cuenta los métodos estadísticos matemáticos conocidos ya que se utilizó expertos de la propia organización y fueron invitados todos los que reunían los requisitos de conocimiento sobre el tema

Los trabajadores encuestados fueron 26 que representan el 60 % de la población A continuación se describen los objetivos de cada técnica y su algoritmo de aplicación

2.3.1.1 Herramientas para el diagnóstico.

Para el desarrollo del diagnóstico serán utilizadas las herramientas que a continuación se detallan.

1- Tormenta de Ideas (Brainstorming)

La Lluvia de Ideas (Brainstorming) es una técnica de grupo para generar ideas originales en un ambiente relajado. Esta herramienta fue creada en el año 1941 por Alex Osborne, cuando su búsqueda de ideas creativas resultó en un proceso interactivo de grupo no estructurado de "lluvia de ideas" que generaba más y mejores ideas que las que los individuos podían producir trabajando de forma independiente

Algoritmo para su utilización:

Cuándo se utiliza:

Se deberá utilizar la Lluvia de Ideas cuando exista la necesidad de:

- Liberar la creatividad de los equipos
- Generar un número extenso de ideas
- Involucrar a todos en el proceso
- Identificar oportunidades para mejorar

Cómo se utiliza:

No estructurada (flujo libre)

- Escoger a alguien para que sea el facilitador y apunte las ideas.
- Escribir en un rotafolio o en un tablero una frase que represente el problema y el asunto de discusión.
- Escribir cada idea en el menor número de palabras posible. Verificar con la persona que hizo la contribución cuando se esté repitiendo la idea. No interpretar o cambiar las ideas.
- Fomentar la creatividad. Construir sobre las ideas de otros. Los miembros del grupo de Lluvia de Ideas y el facilitador nunca deben criticar las ideas.
- Revisar la lista para verificar su comprensión.
- Eliminar las duplicaciones, problemas no importantes y aspectos no negociables. Llegar a un consenso sobre los problemas que parecen redundantes o no importantes.

Estructurada (en círculo): Tiene las mismas metas que la Lluvia de Ideas No Estructurada. La diferencia consiste en que cada miembro del equipo presenta sus ideas en un formato ordenado, Ej. de izquierda a derecha. No hay problema si un miembro del equipo cede su turno si no tiene una idea en ese instante.

Cómo se utiliza:

Silenciosa (lluvia de ideas escritas): Es similar a la Lluvia de Ideas, los participantes piensan las ideas pero registran en papel sus ideas en silencio. Cada participante pone su hoja en la mesa y la cambia por otra hoja de papel. Este proceso continúa por cerca de 30 minutos y permite a los participantes construir sobre las ideas de otros y evitar conflictos o intimidaciones por parte de los miembros dominantes.

2- La Observación: Es otra técnica útil que consiste en observar a las personas cuando efectúan su trabajo. Como técnica de investigación, la observación tiene amplia aceptación científica; se utiliza extensamente ésta técnica con el fin de estudiar a las personas y los procesos. Su propósito es múltiple: permite determinar qué se está haciendo, cómo se está haciendo, quién lo hace, cuándo se lleva a cabo, cuánto tiempo toma, dónde se hace y por qué se hace.

Preparación para la observación

- Determinar y definir lo que se va a observar.
- Estimar el tiempo necesario de observación.
- Obtener la autorización de la gerencia para llevar a cabo la observación.
- Explicar a las personas que van a ser observadas lo que se va a hacer y las razones para ello.

Conducción de la observación

- Familiarizarse con los componentes físicos del área inmediata de observación.
- Mientras se observa, medir el tiempo en forma periódica.
- Anotar lo que se observa lo más específicamente posible, evitando las generalidades y las descripciones vagas.
- Si se está en contacto con las personas observadas, es necesario abstenerse de hacer comentarios cualitativos o que impliquen un juicio de valores.
- Observar las reglas de cortesía y seguridad.

3- La Entrevista: La entrevista se utiliza para recabar información en forma verbal, a través de preguntas que propone el analista. Quienes responden pueden ser directivos o trabajadores, los cuales son usuarios actuales del sistema existente, usuarios potenciales del sistema propuesto o aquellos que proporcionarán datos o serán afectados por la aplicación propuesta. El analista puede entrevistar al personal en forma individual o en grupos.

Dentro de una organización, la entrevista es la técnica más significativa y productiva de que dispone el analista para recabar datos. En otras palabras, la entrevista es un intercambio de información que se efectúa cara a cara. Es un canal de comunicación entre el analista y la organización; sirve para obtener información acerca de las necesidades y la manera de satisfacerlas, así como consejo y comprensión por parte del usuario para toda idea o método nuevo. Por otra parte, la entrevista ofrece al analista una excelente oportunidad para establecer una corriente de simpatía con el personal usuario, lo cual es fundamental en el transcurso del estudio.

2.3.2 Etapa II: Procesamiento y análisis de la información

El objetivo de la etapa es el análisis de toda la información recopilada de manera tal que se puedan detectar las causas fundamentales que provocan el desvío de los indicadores del proceso, apoyado en las técnicas previstas. En esta metodología la autora del trabajo propone las siguientes herramientas generales y algunas herramientas específicas.

2.3.2.1 Herramientas generales

- **Diagrama Causa – Efecto o Diagrama de Ishikawa.**

Esta herramienta representa de una forma ordenada todos los factores causales que pueden originar un efecto específico. Para su desarrollo deben realizarse los cinco pasos requeridos para el análisis de la causa.

1. Definir el efecto. Este debe ser claro, preciso y medible.
2. Identificar las causas. Mediante una lluvia de ideas con el personal que puede aportarlas.
3. Definir las principales familias de causas. Agrupar las causas y subcausas.
4. Trazar el diagrama. Se traza la línea central y las que representan las causas principales.
5. Seleccionar la causa. Concluido el diagrama se obtienen todas las posibles causas y mediante una selección ponderada se determinan las de mayor importancia.

Después de trazar la línea central y agrupar las causas y subcausas, entonces se aplica la selección ponderada descrita anteriormente para seleccionar la causa fundamental que impide un mejor aprovechamiento de este recurso.

- **Diagrama de Pareto.** Esta herramienta se selecciona porque permite observar de forma muy clara donde se encuentran las potencialidades de mayor eficiencia y predice o determina la efectividad de una mejora. Está basado en el principio de los pocos vitales y muchos útiles, o

sea que permitirá conocer cuál es el 20 % de las causas que producen el 80 % o más de los efectos.

La utilidad del Diagrama de Pareto es:

- Identificar y concentrar los esfuerzos en los puntos claves de un problema o fenómeno como puede ser los mayores consumidores de agua, las mayores pérdidas de agua o los mayores costos del recurso agua.
- Predecir la efectividad de una mejora al conocer la influencia de la disminución de un efecto al reducir la barra de la causa principal que lo produce.
- Determinar la efectividad de una mejora comparando los diagramas de Pareto anterior y posterior a la mejora.
- Para poder identificar los dispositivos de mayor consumo del recurso se recomienda hacerlo de la siguiente forma:
 1. Pareto general de los gastos del recurso agua y otros insumos energéticos de la industria.
 2. Pareto de los consumos del recurso agua por departamento o área de la industria.
 3. Pareto por dispositivos consumidores del recurso agua.

- **Diagrama de consumo vs producción.**

Con la aplicación de esta herramienta al proceso general del agua, se podrá analizar el comportamiento del consumo de agua respecto a la producción de alcohol en el tiempo, para lo cual se trazará un gráfico de consumo contra producción en el período analizado.

- **Diagrama de Dispersión:** Este diagrama permite relacionar los consumos de agua referidos a la producción, en ellos se puede determinar la tendencia de ambos parámetros y determinar además su correlación. Además se podrá hacer un análisis de dicho comportamiento referido a la norma nacional.

Los gráficos de tendencia y de correlación pueden acercar el análisis a las condiciones reales de operación de la fábrica.

- **Gráfico de control de parámetros:** Los gráficos de control de parámetro son diagramas lineales que dan la posibilidad de observar el comportamiento del parámetro seleccionado, permitiendo determinar si el parámetro está controlado o no.

La Utilidad de los gráficos de Control es:

- Conocer si las variables evaluadas están bajo control o no.
- Conocer los límites en que se puede considerar la variable bajo control.

- Identificar los comportamientos que requieren explicación e identificar las causas no aleatorias que influyen en el comportamiento de los consumos.
- Conocer la influencia de las acciones correctivas sobre los consumos o costos de agua.

2.3.2.2 Herramientas específicas.

Para hacer una adecuada gestión del agua en la industria se debe considerar un conjunto de herramientas más particulares a cada industria. A continuación se muestra una de las que más utilidad tiene para la gestión del agua.

- **Balance de agua en la instalación:** Esta herramienta es fundamental para hacer el diagnóstico, compatibilización, contabilización y análisis de datos. Ya que suministra los datos de consumo de agua por sección o si es necesario por equipo. No está de más decir que es de vital importancia tener tantos medidores como sea necesario, y aún más, tenerlos en los lugares correctos.

2.3.3 Etapa III: Presentación de informe y toma de decisiones

En esta etapa, una vez detectadas las causas que provocan el excesivo consumo de agua, mediante la técnica de votación ponderada se procede a la determinación de la causa fundamental que genera dicha ineficiencia y sobre ella se podrán generar varias alternativas de solución que puedan contribuir a la mejora del funcionamiento del proceso.

El objetivo de esta etapa es permitir que el equipo tome las decisiones que tributen de forma más directa a minimizar el consumo de agua, o sea mejorar el proceso del agua y para esto se hará un análisis de las diferentes propuestas de posibles ahorros, tomando como base fundamental los conocimientos y experiencias de operadores y especialistas, siempre teniendo en cuenta la filosofía del Mejoramiento Continuo.

A continuación se explica el procedimiento para aplicar la técnica de selección ponderada.

2.3.3.1 Selección Ponderada (Multivoting)

La Selección Ponderada es una herramienta utilizada para la toma de decisión en base a factores cualitativos o a múltiples factores no homogéneos que intervienen en un suceso.

Cómo se utiliza: Algoritmo.

Paso 1: Listar el conjunto de factores sobre el que ha de tomarse la decisión.

- Escribir a la vista de todos los participantes la decisión a tomar.
- Listar todos los factores o hechos entre los que se quiere encontrar un factor o conjunto de factores prioritarios, atendiendo a la decisión a tomar.

Paso 2: Identificar el criterio de priorización o selección.

- Definir el criterio básico que todos los participantes deben utilizar para evaluar cada factor.
- Escribir el criterio a la vista de todos los participantes

Paso 3: Definir el sistema de puntuación a utilizar.

Se tendrán en cuenta dos aspectos:

- Número de factores a puntuar del total
- Puntos a dar a cada factor
- Priorización simple: Se evalúan correlativamente desde el 1 al número de factores a puntuar
- Priorización destacada: Se evalúan de forma no correlativa los diferentes factores para destacar los más valorados

Paso 4: Puntuar los factores de forma personal.

- Cada participante debe evaluar de forma personal, sin conocer las puntuaciones del resto del grupo.

Paso 5: Construir la tabla de puntuación e incluir las puntuaciones personales.

- Dibujar la tabla de puntuación a la vista de todos los participantes.
- Incluir las puntuaciones de cada participante

Paso 6: Determinar los valores cuantitativos para la toma de decisión.

- Sumar las puntuaciones otorgadas a cada factor (casilla suma).
- Obtener el número de personas que ha puntuado a cada factor (casilla frecuencia puntuación)

Paso 7: Determinar el orden de prioridad.

- Criterio principal: El factor más importante es el que obtiene una puntuación más alta.
- Criterio secundario: En caso de que dos factores obtengan igual puntuación, el factor más importante es el que haya sido puntuado por más participantes (frecuencia de puntuación mayor).

Posibles problemas y deficiencias en la interpretación:

Las herramientas de selección proporcionan pautas para tomar decisiones. La bondad de dichas decisiones dependerá de la capacidad de valoración de los componentes del grupo y del seguimiento de la metodología propuesta.

1. La priorización o selección no será adecuada cuando los componentes del grupo no dispongan de la información necesaria para evaluar los factores o priorizar según el criterio seleccionado.
2. Así mismo, la priorización o selección estará sesgada cuando alguno de los componentes del grupo evalúe los factores atendiendo a criterios diferentes de los seleccionados.

Finalmente el equipo de trabajo presentará el informe a la dirección de la fábrica de ALFICSA, y este deberá ser discutido y aprobado por todos los trabajadores, con el fin de que todos sean partícipes del proceso de uso racional del agua, que ganen en cultura de ahorro y de ser posible se podrá establecer un sistema de estimulación por brigadas, que contribuya a lograr los objetivos trazados.

CAPÍTULO III

DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE ESTRATEGIA PARA USO RACIONAL DEL AGUA EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ALCOHOL.

3.1 Diagnóstico del proceso de consumo de agua.

El proceso de utilización del agua dentro del proceso de fabricación de alcohol, como se describió en el capítulo anterior desempeña un papel fundamental en el logro de los objetivos del esquema tecnológico de la organización; en tal sentido es importante encontrar reservas que permitan su mejoramiento continuo. Para ello se realiza un diagnóstico general del proceso que incluye un conjunto de herramientas que facilitan detectar aquellas insuficiencias e irregularidades que existen en el proceso que limitan su buen desempeño.

Para la realización del diagnóstico la autora de este trabajo dedicó un período de su tiempo a su preparación in situ para enfrentar la tarea, lo cual consistió en conocer detalladamente el proceso, los parámetros de diseño, estándares y su funcionamiento real.

Para comenzar el estudio sobre el consumo de agua en la fábrica de alcoholes finos de caña ALFICSA, primero se realizó una reunión con el Consejo de Dirección de la empresa para explicarles los objetivos del estudio a realizar y recabar del gerente su autorización para el desarrollo del mismo y el acceso a la información. Además se explicó la metodología diseñada para realizar el diagnóstico, cuya propuesta fue probada como documento rector del mismo. De esta reunión salió como acuerdo participar en una reunión de producción con todos los trabajadores, donde se les explicaría la necesidad del estudio, los objetivos que se persiguen, importancia del trabajo, necesidad de cooperación y participación de todos. A propuesta de la gerencia se seleccionaron dos trabajadores por brigada, que junto a la autora del trabajo conformarían el equipo de investigación.

Como fue descrita en el capítulo anterior la metodología diseñada comprende tres etapas para su ejecución, por lo que a continuación se describen las diferentes etapas, los pasos y principales técnicas aplicadas en cada una de ellas.

3.1.1 Primera etapa: Identificación.

Tormenta de ideas: Como acuerdo de la reunión con el Consejo de Dirección, la reunión de producción con todos los trabajadores se realizó el día martes 17 de marzo de 2009, donde se informó que el estudio se prolongaba por 45 días y en ella después de la rendición del informe de producción y su respectivo análisis, se llevó a cabo la tormenta o lluvia de ideas referidas al proceso del agua, en esta tormenta participaron 36 trabajadores que representan el 84 % del total.

Como resultado de esta técnica se recogen un grupo de ideas que son valoradas por el equipo de investigación, siendo seleccionadas las más viables e incorporándose al cuerpo del informe final de este estudio.

Observación: El período de observación fue acotado por el equipo de investigación para 21 días y en la reunión antes mencionada se explicó cómo se desarrollaría esa técnica y se estableció una guía de observación que aparece en el **Anexo 6**.

Como resultado de esta técnica se pudo determinar en qué forma, cómo y dónde se consume el recurso agua por las diferentes áreas del proceso, en el siguiente listado muestran resultados:

1. Area de generación de vapor.
 - Agua de alimentar calderas
 - Pulga de calderas
 - Escape del turbo.
 - Escape de seguridad de la caldera.
 - Vapor para el calentamiento de crudo de la caldera.
 - Vapor del tanque de condensado.
2. Area de tratamiento de aguas.
 - Limpieza de descarbonatadores.
 - Limpieza de ósmosis inversa.
 - Limpieza de filtros.
 - Derrame de tanque del agua.
3. Area de piscina de enfriamiento.
 - Llenado de la balsa (comienzo de producción).
 - Purga de balsa.
 - Condensación por altas temperatura.
 - Salideros del sistema
4. Sistema contra incendio.
5. Area de preparación de mosto:
 - Dilución de melaza (a: 40, 24 y 16 ° Bx).
 - Vapor para esterilización en D-301.
 - Vapor para el bombeo en el D-200.
 - Limpieza del área.
6. Area de fermentación.
 - Limpieza de Fermentadores.
 - Recirculación, esterilización y enfriamiento de fermentadores.
 - Limpieza de área.

7. Area de destilación.
 - Entrada de vapor al sistema
 - Salideros de vapor.
 - Vinazas de C-510.
 - Vinazas de C-520.
 - Salideros de vapor.
8. Area de laboratorio.
 - Sistema de destilación para análisis.
 - Preparación de reactivos.
 - Lavado de utensilios y cristalería.
 - Limpieza en general.
9. Pantry y cocina
 - Cocción de alimentos
 - Limpieza y fregado.
10. Area de oficinas.
 - Limpieza de oficinas y baños.
11. Otros.
 - Limpieza de autos.
 - Limpieza de calles parqueos y áreas.
 - Regar jardines.
 - Salideros en los distintos sistemas.

Como resultado de esta técnica se detectaron además varios problemas o deficiencias que son reflejadas en el cuerpo de informe final del diagnóstico.

Entrevista: Para la realización de esta técnica se elaboró un modelo de entrevista que aparece reflejado en el **Anexo 7**, la misma se desarrolló de forma verbal y se hizo una selección alegatoria del personal que sería entrevistado, a cada uno individualmente se le explicaron los objetivos de la misma y la necesidad de la veracidad de la información. Para la selección se tuvo en cuenta que ese personal tuviera una relación con el proceso tecnológico para garantizar la calidad de las respuestas.

Como resultado de la aplicación de esta técnica se pudo conocer un grupo de valores positivos que demuestran la eficiencia del proceso de la fábrica, pero también un grupo de deficiencias que inciden en el exceso del consumo de agua y por consiguiente impiden que la fábrica sea más eficiente. En el informe final del diagnóstico aparecen los resultados de esta técnica.

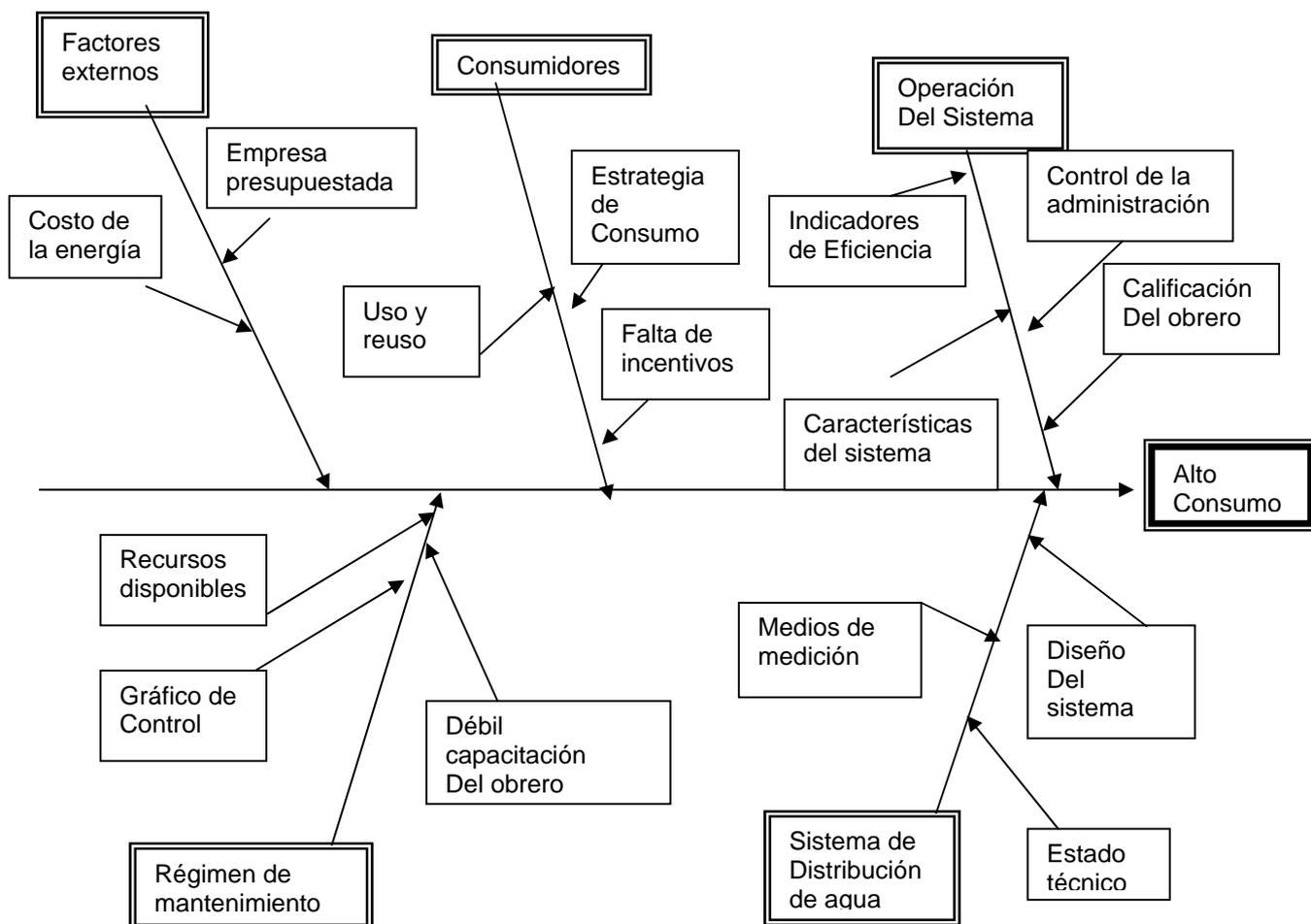
Después de recogida toda la información por las técnicas antes señaladas el equipo de investigación se dedicó al análisis de los mismos para tener una clara visión de los principales

problemas detectados y poder proponer alguna medida que contribuya a la solución de los mismos. Para este análisis se desarrolló la segunda etapa de la metodología propuesta.

3.1.2 Segunda etapa: Análisis de la información--

Con la información recogida en la etapa anterior y la búsqueda de datos estadísticos de la empresa se realiza un profundo análisis del proceso, que debe conducir a la mejor toma de decisiones. En la metodología propuesta se relacionan varias herramientas generales y el resultado de su aplicación se presenta a continuación:

Diagrama de Ishikawa o Causa-efecto: Para la búsqueda de los causales fundamentales que inciden en el alto consumo de agua se construye el diagrama de Ishikawa o Causa-efecto, según se muestra en el siguiente gráfico:



En el desarrollo de esta herramienta aparecen reflejadas las causas que provocan los excesos en el consumo de agua. Pero para un adecuado análisis y para poder buscar posibles vías de

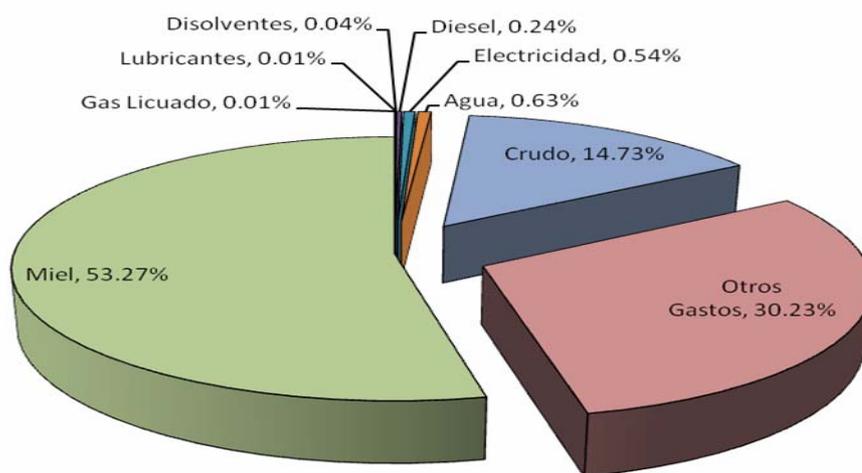
solución se hace necesario conocer el comportamiento de dicho consumo por áreas y equipos a fin de establecer prioridades de solución.

Diagrama de Pareto: Para determinar dónde deben recaer esas prioridades se recomendó establecer el diagrama de Pareto, comenzando el análisis por los costos totales de la organización, de esta forma se podrá conocer como inciden esos consumos para la economía de la misma, o lo que es lo mismo como influye en su competitividad.

Estructura de los costos anuales.

El agua representa dentro de los costos totales de la fábrica, Gráfico 3.1, un valor poco significativo y esto se debe al incremento constante y progresivo del precio de la materia prima y otros productos de insumos. A pesar de la elevación del precio de estos recursos y de mantenerse su nivel de consumo, el agua ha mantenido fijo su precio de \$ 0.12 cuc/m³ lo que demuestra que es un recurso muy subsidiado por el estado.

Gráfico 3.2 Estructuras de costos totales, 2008.



Sin embargo cuando analizamos su incidencia respecto a los costos de los portadores energéticos esta representa el segundo portador de mayor repercusión como se muestra en la Tabla 3.1. Se debe significar que dentro del costo del agua, un 30 % está relacionado con el consumo de energía para su extracción y distribución, no obstante haberse incrementado en un 40 % el precio del combustible en el mercado internacional.

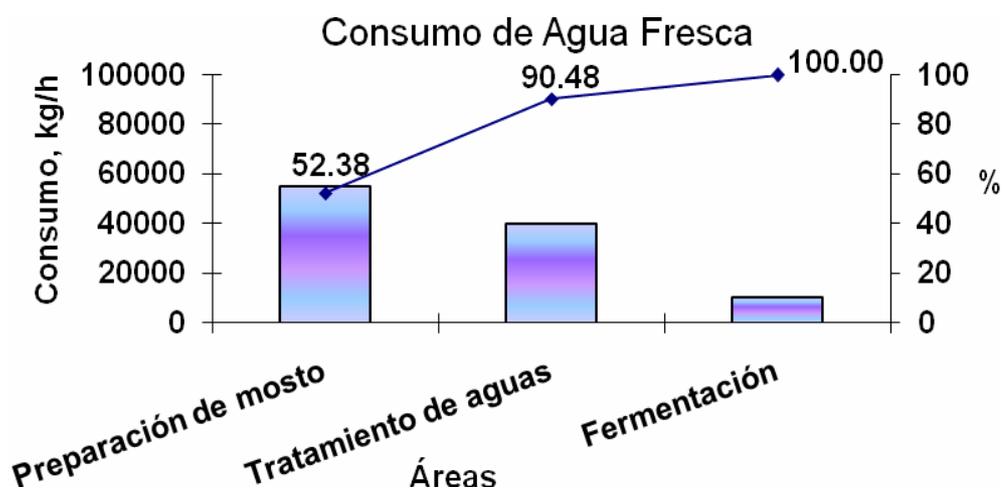
Tabla 3.1 Porcientos de costos energéticos y agua, 2008.

Portadores energéticos	Costos %
Crudo	90,94
Agua	3,89
Electricidad	3,34
Diesel	1,49
Disolventes	0,22
Gas Licuado	0,05
Lubricantes	0,08
Total	100

Si bien es cierto que el consumo real de electricidad es mayor que lo reportado, también es cierto que esta se genera en el propio proceso a través del turbogenerador, pero para esta cogeneración es necesario consumir una considerable cantidad de vapor de agua como combustible para dicha turbina y eso se traduce en mayor consumo de agua. La electricidad reportada sólo está referida a la consumida de la red de distribución nacional.

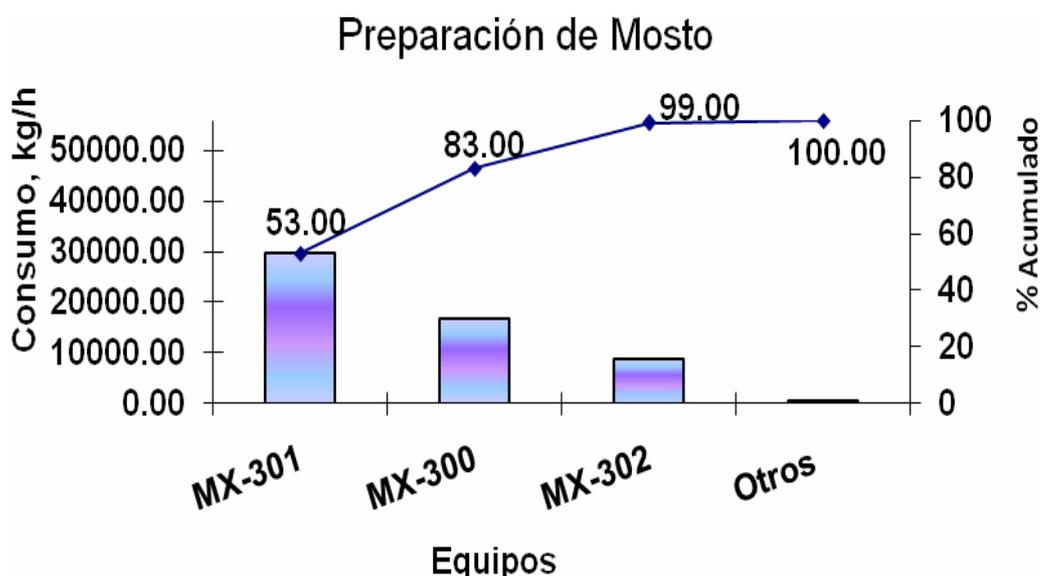
No obstante esta observación se realiza el análisis de los consumos de agua como recurso independiente y se tendrá en cuenta su incidencia por áreas a fin de determinar aquellas áreas mayores consumidoras, los valores de esos consumos aparecen en el esquema del **Anexo 2**. En el gráfico 3.2 se representa el consumo de agua fresca total del proceso.

Gráfico 3.3 Estructura de consumo de agua fresca.



Con el análisis de este gráfico se puede comprobar que en las áreas de preparación de mosto y de tratamiento de agua se consume el 90.48 % del total, sin embargo aún no están definidas las causas del cuánto, cómo y dónde se produce ese consumo, por lo tanto se hace necesario realizar una estratificación de esas áreas para conocer cuáles son los equipos que realmente son responsables de dicho consumo. Para este análisis se presenta el siguiente gráfico, con la estratificación por áreas.

Gráfico 3.4 Estratificación del consumo de agua fresca en la preparación de mosto.

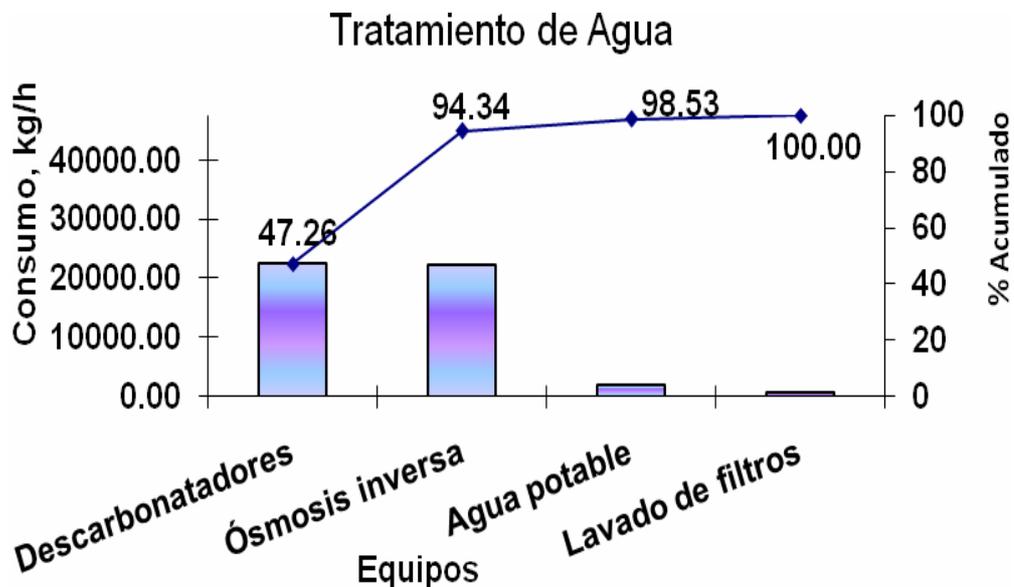


Del gráfico general del proceso y del gráfico de consumo y distribución del agua, que aparece en el **Anexo 2** se conoce que en el área de preparación de mostos se consume aproximadamente el 53 % del total del agua, pero en la estratificación del consumo de esta área se puede apreciar que en los mezcladores, MX-301 y MX-300 para la dilución de la melaza se consume el 83 % del agua de esa área, por lo que es evidente que estos son los equipos donde se consume la mayor cantidad del agua de proceso y eso es aceptable pues para poder diluir las melazas hasta 16°Brix y 24°Brix respectivamente, al menos con esta tecnología, no puede prescindirse de ese consumo.

Se debe señalar que para la alimentación a los fermentadores según la memoria descriptiva del proceso, se debe utilizar una mezcla con 24°Brix, sin embargo inicialmente este rango se baja hasta 21-18°Brix que es el rango utilizado en Cuba por problemas en la fermentación alcohólica provocados por infecciones. Esta disminución del Brix en la carga también provoca un incremento del consumo de vapor, ya que los % alcohólicos de los fermentadores disminuyen considerablemente.

Conociendo estos factores es necesario además realizar la estratificación del consumo de agua en el área de tratamiento de agua pués de conjunto estas dos áreas consumen el 91 % del total, lo que presume afirmar que en ellas se deben buscar las mayores oportunidades de ahorro.

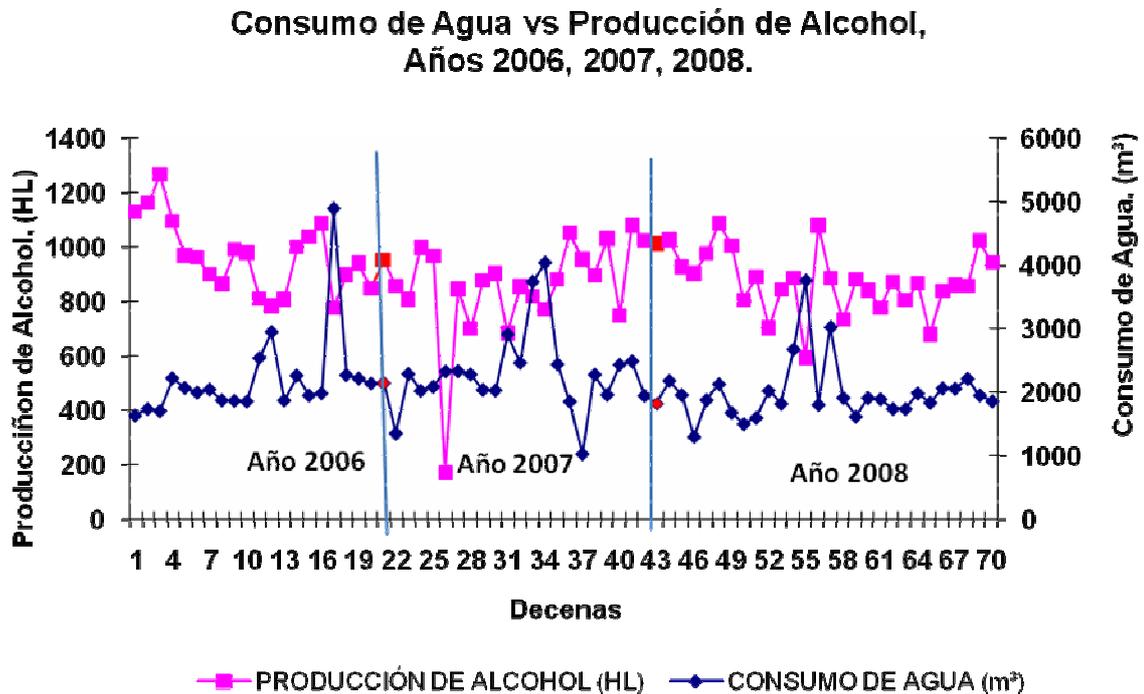
Gráfico 3.5 Estratificación del consumo de agua fresca en planta de tratamiento.



Del análisis de este gráfico se puede conocer que en los descarbonatadores y en la Ósmosis inversa se consume aproximadamente el 95 % del agua total consumida en esta área o lo que es lo mismo 44988 kg/h. Al acudir al trabajo del grupo de expertos se pudo conocer que de la ósmosis inversa hay un rechazo de 8419 kg/h que en la actualidad se vierten como residuo para la presa de residuales y sin embargo no se conoce de estrategia alguna para reusar esa agua. Por consiguiente en esta área debe estar la mayor oportunidad de reducir los consumos de agua fresca.

Diagrama de Consumo vs Producción: A pesar de los resultados anteriores no se conoce como se comportan los índices de consumo de agua con respecto a la producción, por lo que se propone realizar un diagrama de consumo Vs producción para estudiar su comportamiento en el tiempo y poder determinar en qué medida se corresponden ambas variables. En el siguiente gráfico se muestra el comportamiento de esas variables en los años 2006,2007 y 2008, los datos de referencia aparecen en la tabla del **Anexo 8**.

Gráfico 3.6 Comportamiento del consumo de agua vs producción de alcohol.

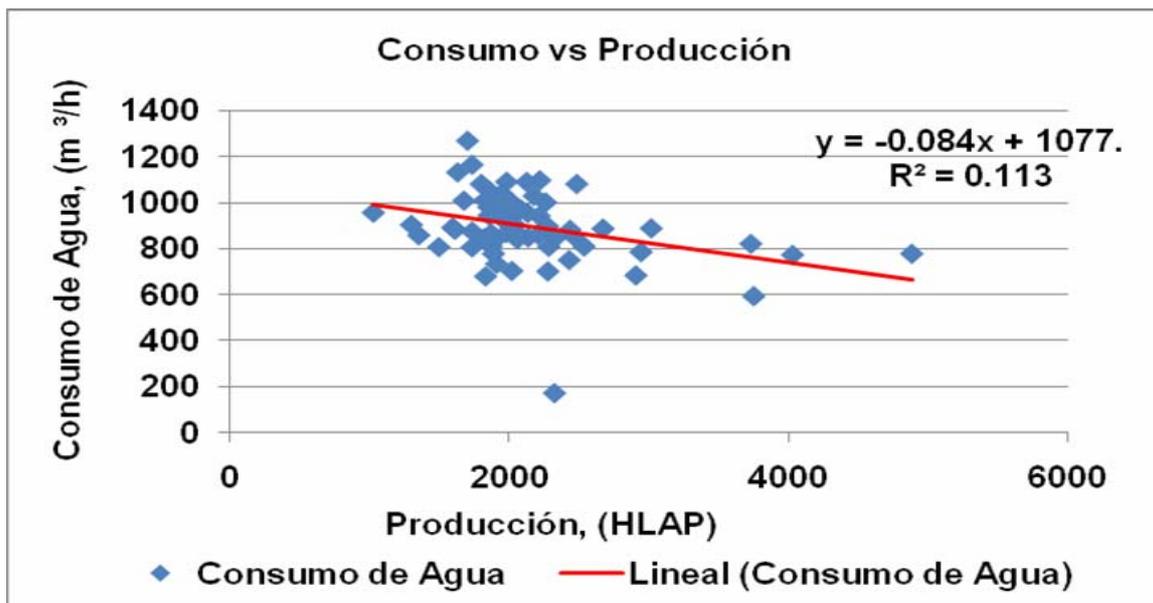


Al comenzar el análisis por el año 2006 se puede observar que en la primera mitad del año, a partir de las primeras decenas se produce una reducción apreciable de la producción, sin embargo los consumos de agua mantienen aproximadamente el mismo nivel. En la segunda mitad del año se observan incrementos considerables en el consumo de agua cuando la producción de alcohol apenas ha crecido, por lo que resulta fácil comprender que no se corresponden esos niveles de consumo, es evidente que se manifiestan consumos no asociados a la producción que están deteriorando los índices de eficiencia. Pero al analizar el año 2007 la razón entre estas variables se hace menos correlacionada, o sea no se justifican los picos evidenciados en el consumo de agua, obsérvese que en la primera mitad del año hubo un decrecimiento muy marcado de la producción, mientras se mantenida inamovible el nivel de consumo de agua. Sin embargo todo lo contrario ocurrió en la segunda mitad del año, cuando se evidencian picos en el consumo de agua, que incluso decrece considerablemente cuando se muestra un incremento de la producción de alcohol. En el análisis del año 2008 se puede observar una mayor estabilidad en la producción anual de alcohol de la fábrica, así como en el consumo de agua, sin que por eso se aprecie una buena correlación de ambos parámetros.

Diagrama de Dispersión, tendencia y correlación: Para conocer el comportamiento de las variables involucradas es necesario hacer un gráfico de dispersión donde se pueda observar el comportamiento de ambos parámetros, seguir su línea de tendencia y comprobar con una

fórmula matemática cuan acertada está la correlación entre ambas variables. El siguiente gráfico muestra el comportamiento correlacional entre las variables consumo/producción durante los años 2006,2007 y 2008.

Gráfico 3.7 Dispersión, tendencia y correlación entre los parámetros de consumo de agua Vs producción de alcohol

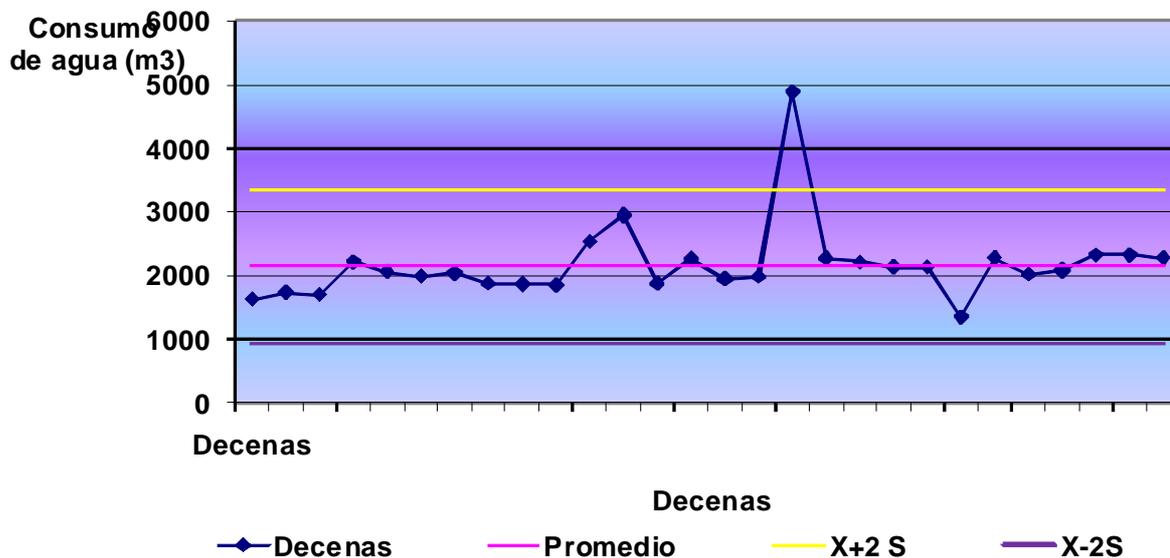


Con el análisis de este gráfico se puede comprobar cuan desacertada está la correlación entre el consumo de agua y la producción de alcohol de la fábrica objeto de estudio. El gráfico muestra la línea de tendencia del consumo Vs producción en el cual apenas aparecen puntos lógicos para este tipo de proceso, sobre todo para una fábrica nueva y eficiente, con tecnología de punta. La bibliografía consultada durante este estudio permitió conocer que una correlación cuadrática entre dos parámetros de producción es mala cuando oscila en un rango menor de 0.5 %. Se considera aceptable cuando oscila entre 0.5 a 0.7 y es considerada buena correlación cuando sobrepasa el valor de 0.7 %. De este análisis se puede concluir que apenas existe correlación entre estas variables, como indica la relación cuadrática con su fórmula matemática. $R^2 = 0.113$, que responde a la fórmula matemática $y = -ax+b$.

Diagrama de control: Es necesario comprobar en qué medida se mantiene control del parámetro de consumo de agua y su oscilación dentro del proceso, para lo cual se recomienda la realización del gráfico de control de esa variable, tomando como datos de referencia los consumos y las producciones de los años 2006,2007 y 2008.

Gráfico 3.8 Diagrama de control del consumo de agua

Los gráficos de control de parámetro son diagramas lineales que dan la posibilidad de saber si el índice analizado está o no en control.



Del gráfico de control para el consumo de agua se observa que:

- No existen aproximaciones al límite, salvo en una ocasión en el 2007, sin que se corresponda a un incremento de la producción, como se pudo ver en el gráfico de consumo vs producción.
- Existe una seguidilla de puntos durante el año 2006, en la cual la producción se comportó de manera inestable, lo cual no relaciona con los consumos reflejados en este gráfico.
- Al parecer esta variable se mantiene bajo control, pues su comportamiento oscila dentro de los límites de control inferior y superior establecidos para 2S.

Con todos los elementos que proporcionó el análisis de los resultados estadísticos con la aplicación de las técnicas señaladas se procede a la elaboración del informe a la gerencia de la fábrica, como establece la metodología para la tercera etapa.

3.1.3 Tercera etapa: Presentación del informe y Toma de decisiones.

Con todas las condiciones creadas se realizó el referido diagnóstico y después de aplicar los diferentes instrumentos, el equipo investigador analizó la información recogida en los mismos y rindió un informe a la gerencia de la empresa, los resultados se resumen a continuación:

En la empresa existe un flujómetro que mide la entrada del agua a la fábrica, que está verificado por el SEN, pero este no registra la totalidad del flujo, por lo que no evidencia toda el agua consumida.

Mediante la observación se detectaron varios salideros de agua sin que estos sean contabilizados.

Por la observación se pudo detectar además que existen salidas de los diferentes subprocesos que no están siendo reusadas y se vierten como residuos, esto representa un consumo constante de agua fresca.

Por el grupo de expertos se conoció que la empresa tiene un plan de contingencia energética, que se chequea habitualmente, que además son estimuladas las brigadas que proporcionan mayores ahorros. Sin embargo no existen estrategias para uso y reuso del agua, por lo que su explotación resulta irracional.

Los trabajadores no tienen conocimiento de indicadores de eficiencia que relacionen el consumo de agua con la producción, aunque conocen de otros indicadores que reflejan cumplimiento o no de algunos renglones productivos, así como de los consumos de portadores energéticos.

En la empresa se conoce del cumplimiento de los planes de producción y se discuten los incumplimientos y se comparan los índices con las normas ramales, pero no se conocen ni se discuten los que guardan relación con el consumo de agua.

No se conoce de incentivos que propicien un uso racional del agua, como en el caso de la emulación referida al los ahorros energéticos.

Según el grupo de expertos no se controlan las diferentes calidades del agua para cada operación o subproceso, esto además influye en los consumos energéticos, aunque se realizan las purgas de la caldera y de la torre de enfriamiento.

Existen salideros de vapor en el proceso lo cual incide directamente en el consumo de agua y además se acentúan las pérdidas energéticas.

Las aguas que se utilizan para las limpiezas no se contabilizan, estas además pudieran ser desviadas del mismo proceso.

En ocasiones se recolecta el agua de lluvia para refrigerar los fermentadores y torres por el exterior, esta medida favorece el ahorro energético. Mientras el sistema de enfriamiento es viejo e ineficiente por lo que acarrea mayores pérdidas de agua.

A pesar de que se recogen los condensados que se producen en el proceso, existen considerables pérdidas por condensación debido a las altas temperaturas.

En el tanque o depósito general del agua no existe un control que regule la entrada del líquido al mismo, por lo tanto cuando el recipiente se llena el agua se sigue votando hasta tanto alguien se percate y desconecte la turbina, con su consumo adicional de energía.

No existen flujómetros en todas las áreas del proceso, lo que impide tener una clara visión de toda el agua consumida por cada subproceso.

Las entrevistas arrojaron que los indicadores que miden la eficiencia y eficacia del proceso no están identificados y no son del conocimiento de los trabajadores, no pudiéndose encontrar evidencias de su medición.

Por consultas con los operadores se supo que persisten malos hábitos en el consumo del agua, y no se controla por la administración.

La calificación y capacitación de los trabajadores y operarios no es adecuada y eso influye directamente en que no puedan asimilar nuevas formas de gestionar el uso del agua.

El sistema general del agua tiene un horario continuado para el consumo, por lo que resulta más difícil su control y se incrementan las pérdidas.

El estado técnico del sistema en general tiene numerosas deficiencias y no existe un buen programa de mantenimiento.

Se comprobó que no existe un documento que explique de manera general el proceso y su funcionamiento y de igual modo algunos subprocesos no están explícitamente documentados por lo que existen operaciones que se realizan de manera empírica.

Del total de deficiencias detectadas se realiza un detallado análisis para definir las de mayor impacto para la producción, por lo que se considera realizar una reducción de las causas a fin de aplicar la votación ponderada para determinar sobre cuales se debe trabajar con vistas a reducir los consumos de agua. El listado de causas seleccionadas se presenta a continuación:

Listado de los principales problemas detectados mediante la combinación de las diferentes técnicas.

1. No existe criterio de uso y reuso del agua en la empresa.
2. Insuficiente existencia de medios de medición y control.
3. Insuficiente capacitación del personal que trabaja con el recurso agua.
4. Sistema de mantenimiento preventivo del proceso poco efectivo.
5. No están bien definidos los indicadores de eficiencia y eficacia del uso del agua.
6. La organización no posee una estrategia infundada al control del recurso agua.
7. No existen estrategias que contribuyan a la aplicación de técnicas novedosas sobre el uso racional del agua.
8. No existen incentivos que motiven al personal para el uso eficiente del agua.
9. No existe un gráfico de control analítico de calidad para diferentes usos de agua.
10. La gerencia no tiene dentro de sus prioridades el tema del uso racional del agua.

Una vez conocidos los principales problemas causales del uso ineficiente del agua se necesita determinar cuáles de aquellos, representan los de mayor impacto, para de esta forma

establecer una estrategia de posibles soluciones, que permitan además identificar y proponer medidas de mejoras para el proceso. Con la técnica de votación ponderada que se muestra en la siguiente tabla se pueden establecer prioridades en el tratamiento posterior de las causas más relevantes. Para el desarrollo de esta técnica se realizó la votación de forma individual y secreta, asignándosele valores del 1 al 5 a aquellas causas que presentan mayor importancia, siempre dándole la mayor puntuación de 5 puntos a la que se estime tenga la mayor incidencia y de forma decreciente al resto por orden de prioridades. Para la selección final se sumaron las puntuaciones y se organizaron en orden decreciente, en el caso que hubo empate se definió por la cantidad de veces que se puntuó por los expertos.

Tabla 3.2 Votación Ponderada.

Participantes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Votante 1	5		4		2	3		1		
Votante 2	5			2		4		3		1
Votante 3	4	3	5			2			1	
Votante 4	4	2	5		1	3				
Votante 5	5		4		2	3	1			
Suma	23	5	18	2	5	16	1	4	1	1
Frecuencia de puntuación	5	2	4	1	3	5	1	2	1	1
Orden de prioridad	1	5	2	7	4	3	8	6	9	10

Como puede observarse en la tabla anterior las causas 1,3 y 6 recibieron las puntuaciones más elevadas, por ese orden, le siguen las causas 2 y 5, pero la causa 5 fue puntuada más veces, el resto de las causas presentan menor puntuación y totales, por consiguiente la selección se plantea según el orden siguiente:

Según los resultados que se muestran en la tabla anterior los problemas prioritarios a tratar son:

1. No existe criterio de uso y reuso del agua en la empresa.
2. Insuficiente capacitación del personal que trabaja con el recurso agua.
3. La organización no posee una estrategia infundada al control del recurso agua.
4. No están bien definidos los indicadores de eficiencia y eficacia del uso del agua.
5. Insuficiente existencia de medios de medición y control.

3.2 Estrategia para solucionar deficiencias detectadas según sus prioridades.

Problema N° 1. No existe criterio de uso y reuso del agua en la empresa.

Propuesta de estrategia: Aprovechar de forma consecuente las posibilidades del uso y reuso del agua, basado en el principio de integración de procesos.

Acciones: 1. Aprovechar el agua de rechazo de la ósmosis inversa para la dilución de mosto. Aplicando la recomendación técnica detallada en el epígrafe 3.3 de este trabajo y que aparece en el anexo 2-A.

2. Utilización del agua de lavado de los filtros para el sistema de limpieza y fregado múltiple.

3. Crear equipo de trabajo que analice e informe sobre la optimización del horario de consumo, uso y reuso del agua y sus especificaciones.

En el **anexo 2-A** se presenta la propuesta del nuevo esquema para el uso y reuso del agua

Problema N° 2: Insuficiente capacitación del personal que trabaja con el recurso agua.

Propuesta de estrategia: Desarrollar programa de capacitación integral que posibilite el cambio de cultura en la organización relacionado con el uso racional del agua, basado en la filosofía de mejora continua.

Acciones: 1. El área de capacitación diseñará un programa de conferencias sobre los diferentes aspectos relacionados con el agua, apoyado en la participación de especialistas externos.

2. El área técnica en coordinación con capacitación diseñarán un curso para el personal de operaciones, que permita elevar los conocimientos teórico- prácticos en el uso eficiente del agua.

3. El área de recursos humanos en coordinación con capacitación elaborará un programa de evaluación al personal involucrado en el proceso donde se midan las habilidades y conocimientos imputables a sus funciones.

4. El área técnica revisará y actualizará la base documental relacionada con el proceso, que incluye reglamento tecnológico, grafico de control analítico, normas cubanas y ramales.

Problema N° 3. La organización no posee una estrategia infundada al control del recurso agua.

Propuesta de estrategia: Elaborar y aplicar una estrategia que posibilite reducir los consumos de agua en el proceso de fabricación de alcohol.

Acciones: 1. El área técnica en coordinación con la gerencia de la empresa deberán garantizar la aplicación de la estrategia propuesta para lograr un uso racional del recurso agua.

2. El área técnica deberá continuar el estudio para identificar nuevas propuestas de mejora, que garanticen el continuo decrecimiento del consumo de agua.

3. La gerencia deberá incluir dentro de sus prioridades lo relacionado con el agua, como recurso natural y como portador energético.

4. El área de recursos humanos deberá diseñar un sistema de emulación entre brigadas, que contribuya a mejorar los usos del recurso agua.

Problema N°4. No están bien definidos los indicadores de eficiencia y eficacia del uso del agua.

Propuesta de estrategia: Elaborar un sistema de gestión del consumo de agua y la energía asociada, para establecer indicadores de eficiencia y eficacia, que permitan un mayor control del proceso y contribuya con el ahorro de esos recursos.

Acciones: 1. El área técnica debe consultar la bibliografía existente sobre sistemas de gestión eficiente del agua, para proponerle a la gerencia la aplicación de uno de ellos.

2. El área técnica en coordinación con la gerencia deberán consultar o contratar asesoría técnica externa para la adecuación o aplicación de modelos de gestión.

3. El área de recursos humanos en coordinación con los técnicos deberán establecer normas o indicadores de eficiencia y eficacia para el control del proceso.

4. El área de recursos humanos en coordinación con la gerencia de la fábrica deberán establecer un sistema de emulación entre brigadas para que permita velar por el cumplimiento de esos indicadores.

Problema N° 5. Insuficiente existencia de medios de medición y control.

Propuesta de estrategia: Seleccionar, comprar e instalar flujómetros en aquellos puntos del proceso que posibiliten el mayor control de los consumos por áreas.

Acciones: 1. El área técnica debe revisar el proceso y proponer a la gerencia la posible y necesaria ubicación de los flujómetros.

2. El área de economía con la asesoría del área técnica comprarán los flujómetros necesarios.

3. El área de mantenimiento hará las modificaciones necesarias para la instalación de dichos flujómetros.

3.3 Presentación de propuesta de mejora

Después de verificados los resultados del diagnóstico, se realiza una reunión excepcional con el grupo de expertos y en coordinación con los técnicos se analiza la posibilidad de reusar el agua de rechazo de la ósmosis inversa para la dilución y preparación del mosto.

Propuesta: La propuesta consiste en instalar una tubería conductora de 50 mm x 10 m desde el rechazo de la ósmosis hasta la descarga de la bomba que conduce el agua hasta el área de preparación de mostos, por lo tanto esto posibilita utilizar esa misma bomba, o lo que es lo

mismo, para la nueva propuesta no es necesario la instalación de una nueva bomba y se evitan gastos energéticos adicionales. Ver **Anexo 2-A**

Las condiciones de aseguramiento existen en la fábrica, por lo que tampoco es necesaria la adquisición de materiales adicionales. Los gastos de la inversión serían en salarios y soldadura, pues el trabajo será realizado por la brigada de mantenimiento de la propia fábrica.

Para realizar dicha propuesta se realizaron análisis previos en el laboratorio de la fábrica y se tuvo en cuenta los siguientes parámetros técnico- económicos:

Agua total consumida en el proceso= 103 677 kg/h

Agua total consumida en la preparación de mostos= 56 015 kg/h

Agua consumida en la ósmosis inversa= 22 450 kg/h

Agua rechazada del proceso de ósmosis inversa= 8 419 kg/h

Precio del m³ de agua en ALFICSA= 0.12 cuc/m³

Ahorro de agua mensual= 8419 kg/h x 720h= 6 016 680 kg

Densidad del agua= 1000 g/l, entonces el volumen será 6 016 680 litros

6 016 680 litros = 6016.680 m³

% de ahorro que representa la propuesta= $0.12 \text{ cuc/m}^3 \times 6016.680 \text{ m}^3 = 722 \text{ cuc mensual}$

Si se analiza la representatividad de este ahorro en los gastos totales de la empresa, los mismos parecen poco significativos, esto se debe al precio que tiene el agua subsidiado por el estado. Sin embargo se debe hacer el análisis respecto al volumen de consumo de ese recurso y este si es considerable, en tanto se hace mayor si se relaciona el consumo energético asociado.

CONCLUSIONES

1. La metodología de diagnóstico diseñada en el segundo capítulo es viable para los procesos de fabricación de alcohol.
2. El diagnóstico realizado al proceso demostró la ineficiencia en el uso del agua, basado fundamentalmente en la carencia de sistemas de control y explotación.
3. Según las herramientas aplicadas se pudo comprobar que el área de preparación de mostos es la que representa el mayor consumo, por lo tanto en ella se encuentra la mayor oportunidad de ahorro.
4. Los niveles de consumo de agua registrados en la fábrica de alcohol ALFICSA no correlacionan con la producción, por lo que no son aceptables los indicadores de eficiencia que se toman como referencia.
5. La estrategia para uso racional del agua presentada en el capítulo III confirma la validez de la hipótesis planteada en el trabajo.
6. La propuesta de mejora presentada en el tercer capítulo da respuesta a los objetivos planteados.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda diseñar y aplicar un sistema de gestión eficiente de agua para el proceso de fabricación de alcohol en ALFICSA.
2. Se recomienda utilizar la metodología de diagnóstico presentada como una herramienta de trabajo basada en la filosofía de mejora continua.
3. Se recomienda aplicar la estrategia diseñada para uso racional de agua con el objetivo de minimizar los elevados consumos.
4. Se recomienda la aplicación de la propuesta de mejora técnica presentada en el tercer capítulo de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Acón J. Elementos de Ingeniería Química/ J. Acón. – La Habana: Editorial Pueblo y Educación. 1987.—257 p.
- Alemán López, J. F. Gerente ALFICSA, Datos personales/ J. F. Alemán López.— La Habana: ALFICSA , 2007.—[s.p.]
- Arias Lafargue, T. Alternativa para disminuir los residuales de la destilería Hatuey. Tomado De: <http://www.iie.org.mx/publica/boljul96/aplitec.htm>, 2008
- Arriola, Alejandro y Gutierrez, Eduardo, El análisis de pliegue (pinch analysis) una técnica de integración energética de proceso. Tomado De: <http://www.iie.org.mx/publica/boljul96/aplitec.htm>, 2009
- Bastida Lopez E.La gestión del agua y su vinculación con el ahorro de energía./ E. Bastida Lopez, W. F. Martín.—Cienfuegos: Ucf, noviembre, 2007.—15 h
- Bastida Lopez E.,. Uso Racional del Agua./ E. Bastida Lopez, W. F. Martín, J. F. Monteagudo Yanes.—Cienfuegos: Ucf, noviembre, 2007.—25 h.
- Bollilla, Ana, Introducción a la [Computación](#) Neuronal. Tomado De: <http://www.monografias.com/trabajos12/redneuro/redneuro.shtml> , 2007
- Características principales de las redes neuronales. Tomado De: <http://www.iwaponline.com/wst/04609/09/default.htm>
- Carmona. Gabriel. Cogeneración basada en tecnología pinch. / Gabriel Carmona; Wilfredo Francisco, tutor.—Tesis de Maestría.Ucf (Cf.), 2007 .—125 h.
- Catalina, Alfredo, Introducción a las redes neuronales artificiales. Tomado De: <http://www.gui.uva.es/login/13/redesn.html>, 2008
- Ciencias de la tierra y del medio ambiente. Tomado De: <http://www.esi.unav.es/asignaturas/ecologia/Hipertexto/03AtmHidr/130Hidr>, 2009
- Coastal Waters of the World: Trends, Threats and Strategies. Washington, D.C., Island Press, 1998. Tomado De: http://www.uneptie.org/outreach/wssd/docs/TM/tm_notes_and_resources.pdf1 , 2009
- Comisión Económica para América Latina. Informe de Población 2003. Tomado De: <http://www.cepal.org>, 2008
- Construcción de bases de conocimiento con Computación Evolutiva. Tomado De: <http://www.fciencias.unam.mx/revista/soluciones/N17/Vlad1.html>, 2009
- Crisis del agua: un problema de buen gobierno. Segundo Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo Tomado De: http://www.unesco.org/water/wwap/index_es.shtml , 2009

Descripción de red neuronal y conceptos básicos. Tomado De: <http://www.aernsoft.com/cas/ayuda/apendic11.htm> , 2008

Diario Hoy, Argentina, 19-2-06. Tomado De: <http://www.elpais.uy> , 2006

Diseño integrado de procesos con tecnología de pliegue. Tomado De: <http://www.cheresources.com/pinchtech2.shtml> , 2008

Dominic Chwan, Y. F, Zainuddin, A. M, Yin Ming Tan. Uset Cascade Analysis Optimize Water Networks. University Teknology Malaysia, 2006. Tomado De: www.cepmagazina.org., 2009

El agua en América y el mundo. Tomado De: http://naolinco.igeofcu.unam.mx/atlas/ame_mundo/agua_dulce1.htm , 2007

El agua. Tomado De: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/e/elagua.html> , 2009

El algoritmo de la tabla del problema. Tomado De: <http://gpinch.sourceforge.net/pinch/node1.html> , 2008

El-Halwagi, M. M. and V. Manousiouthakis, Simultaneous Synthesis of Mass Exchange and Regeneration Networks, AIChE J. Tomado De: <http://www.p2pays.org/ref/01/text/00034fa.htm> , 2009

Fundación Terra, 2006. Tomado De: <http://www.terra.org/html/s/producto/vida/magatzem/sprv0004i.html>, 2006

Galiana Mingot, T. Pequeño Larousse de Ciencias y Técnicas/ T. Galiana Mingot. – La Habana: Editorial Científico Técnica. Ministerio de Cultura, 1988.-- 1056 p.

Herramientas para mejorar la calidad. Tomado De: <http://www.calidad.com>, 2009

ICIDCA. “Diagnóstico del empleo de agua en las plantas de derivados”/ ICIDCA. –La Habana: ICIDCA Taller Agua, 2006.—45 p.

ICINAZ. Reporte sobre el Uso Eficiente del agua en la operación industrial. Resumen ejecutivo, / ICINAZ.—La Habana: ICINAZ, 2005.—28 p.

Informe mundial sobre el desarrollo de los recursos hídricos (wwdr).—[s.l.]: Centro de Información de Naciones Unidas (CINU), Enero / Marzo 2003. – [cd]

Introducción a la metodología pinch. Tomado De: <http://ginusss.eresmas.com/introduccion.htm> , 2008

Introducción a la vida artificial. Tomado De: <http://icgeocities.com/CapeCanaveral/8104/ivan.htm> , 2009

Kapitsa, P. “Problemas globales y la energía”, en Experimento, teoría y práctica./ P. Kapitsa – Moscú: Editorial Mir, 1985. Brundtland, G.H. “ Nuestro futuro común”, 1987.—257 p.

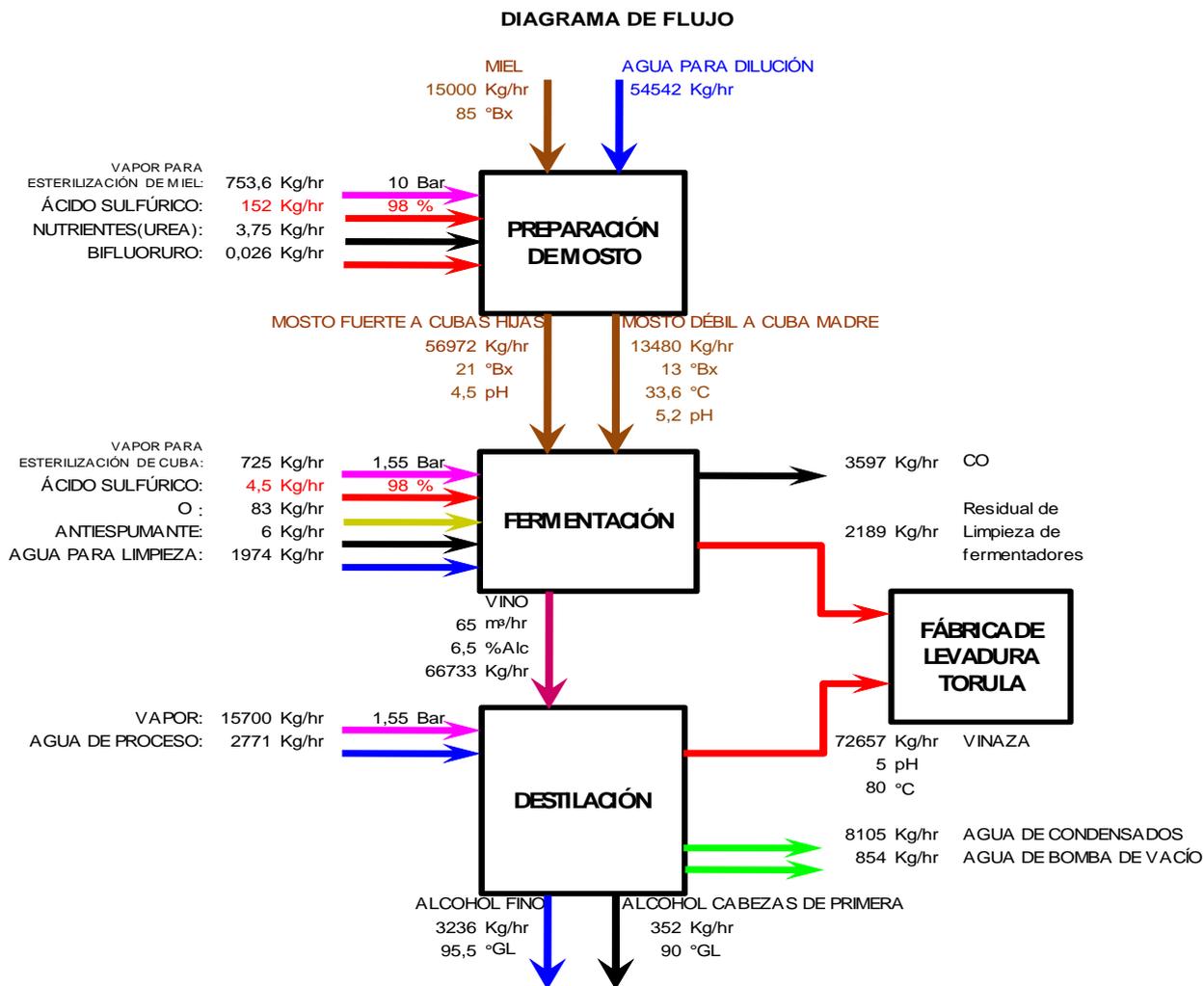
Los algoritmos genéticos. Tomado De: <http://www.orcero.org/irbis/disertacion/node210.html>, 2009

Marczyk, Adam, Algoritmos genéticos y computación evolutiva. Tomado De: <http://the-geek.org/docs/algen/> , 2009

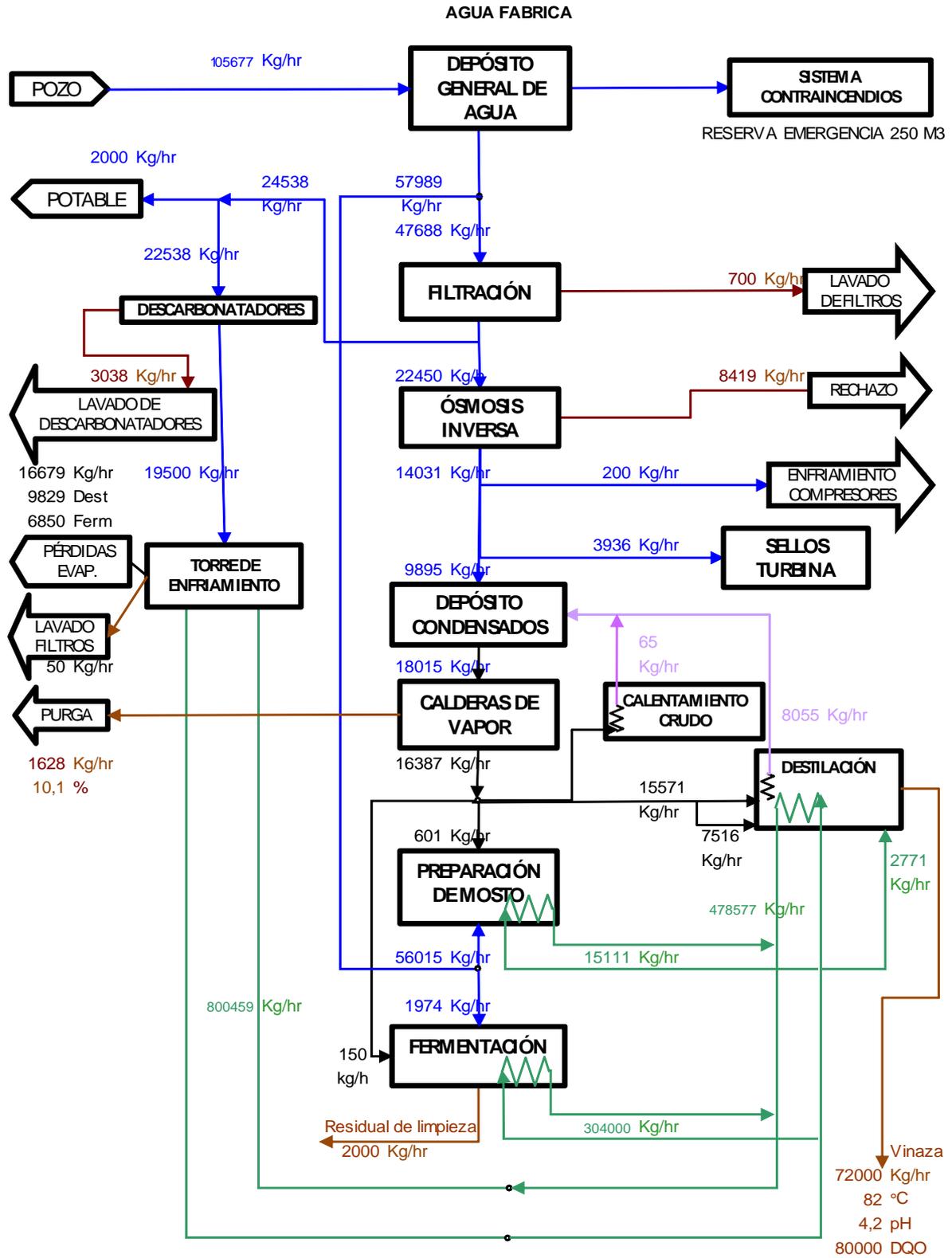
- Monteagudo, José. Eficiencia energética en la competitividad de las empresas./ José Monteagudo.—Cienfuegos: Ceema. UCF), 2008.—25 p.
- Objetivos de Desarrollo para el Milenio de las Naciones Unidas .—[s.l.]:ODM, 2007.—[CD]
- Oficina Nacional de Estadísticas. Diagnóstico de la Gestión Ambiental, Dirección de Industria/ ONE.--La Habana: ONE, 2006.-- 25 p.
- Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Roma, 2002.
Tomado De:
http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/005/Y3918S/y3918s02.htm
, 2002
- Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP). Tomado De:
<http://www.waterportal-americas.org>., 2009
- Reporte Situación Ambiental Cubana. – La Habana: CITMA, 2004. – [s.p.]
- Resumen de Prensa- Daily News. México, América Latina y el Caribe / México, Latin America and the Caribbean. Diario Hoy, Argentina, 19-2-06 . Tomado De: <http://www.elpais.uy> , 2006
- Rivera Rojas, A. Estrategia integrada de producción más limpia en el sector ronero./ A. Rivera Rojas.—La Habana: Red Nacional de Producción Más Limpia Proyecto ONUDI – CUBA, 2006.—120 p.
- Sen Samanta. Medio ambiente y desarrollo. Tomado De:
<http://www.tierramerica.net/2001/0401/noticias3.shtml> , 2001
- Tan, Y. L., (2002). “Water minimisation by pinch technology – water cascade table for minimum water and wastewater targeting”./ Y. L. Tan, Manan, Z. A., Foo, C. Y. – E.U._ Pacific Confederation of Chemical Engineering , 2002—[s.p.]
- TOMSA DESTIL S.L., Datos de Compañía especializada. Tomado De:
<http://www.tomsadestil.com/downloads/ESP/CATALOGO.pdf>., 2006
- Vasile LAVRIC, Drd. Petrica Fresh-water minimization through constrained topology design with Genetic Algorithm./ Petrica Vasile Lavric, Valentin Iancu.-- University politehnica of Bucharest: centre for technology transfer in the process industries, [199?], -- [s.p.]
- Wang Y.P., Smith R. (1994) Wastewater minimization. Chem. Eng. Science. Tomado De:<http://www.extenza-eps.com/ICE/oi/ref/10.1205/095758204323066019.htm> , 2007

ANEXOS

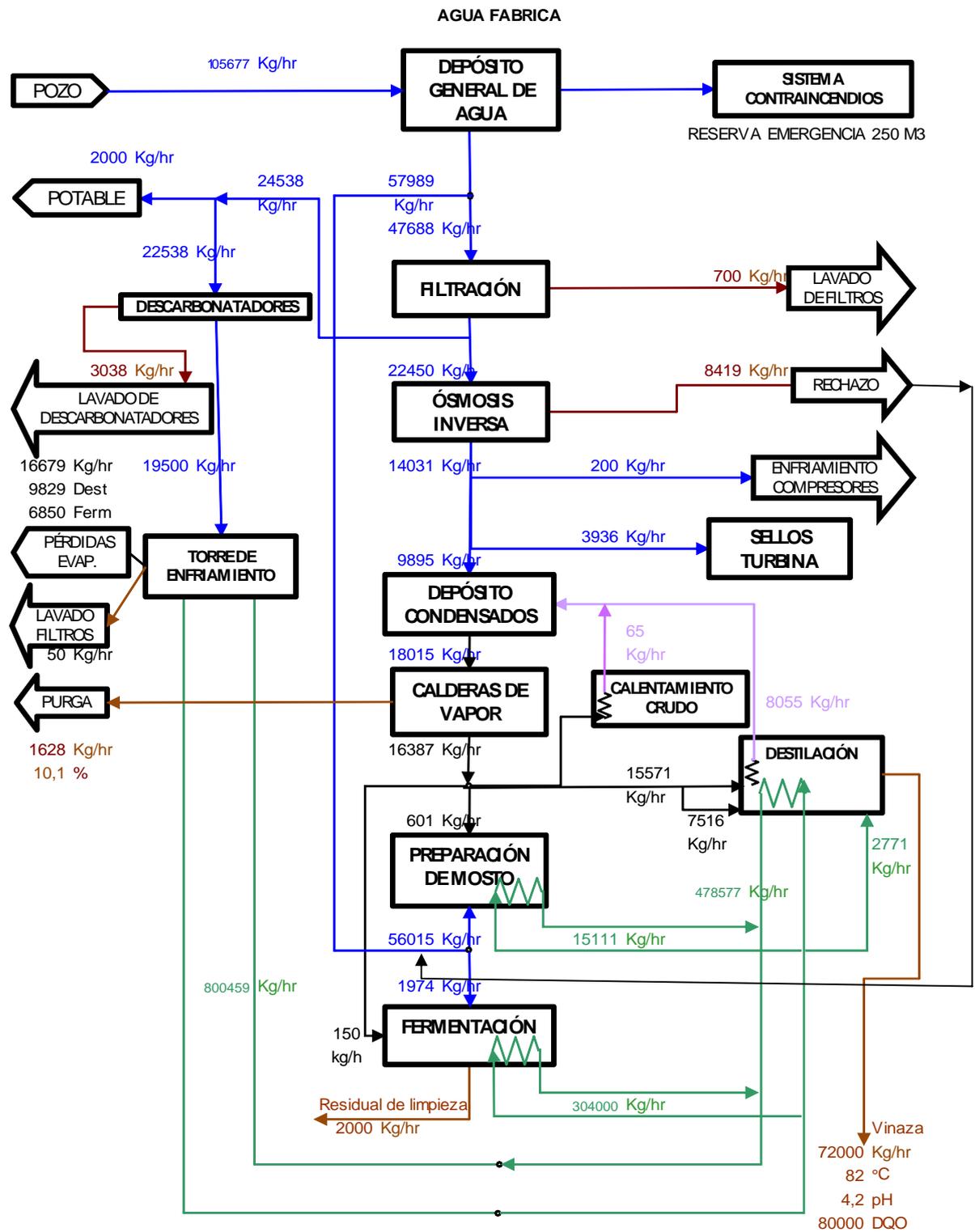
Anexo 1: Diagrama de flujo general de la fábrica.



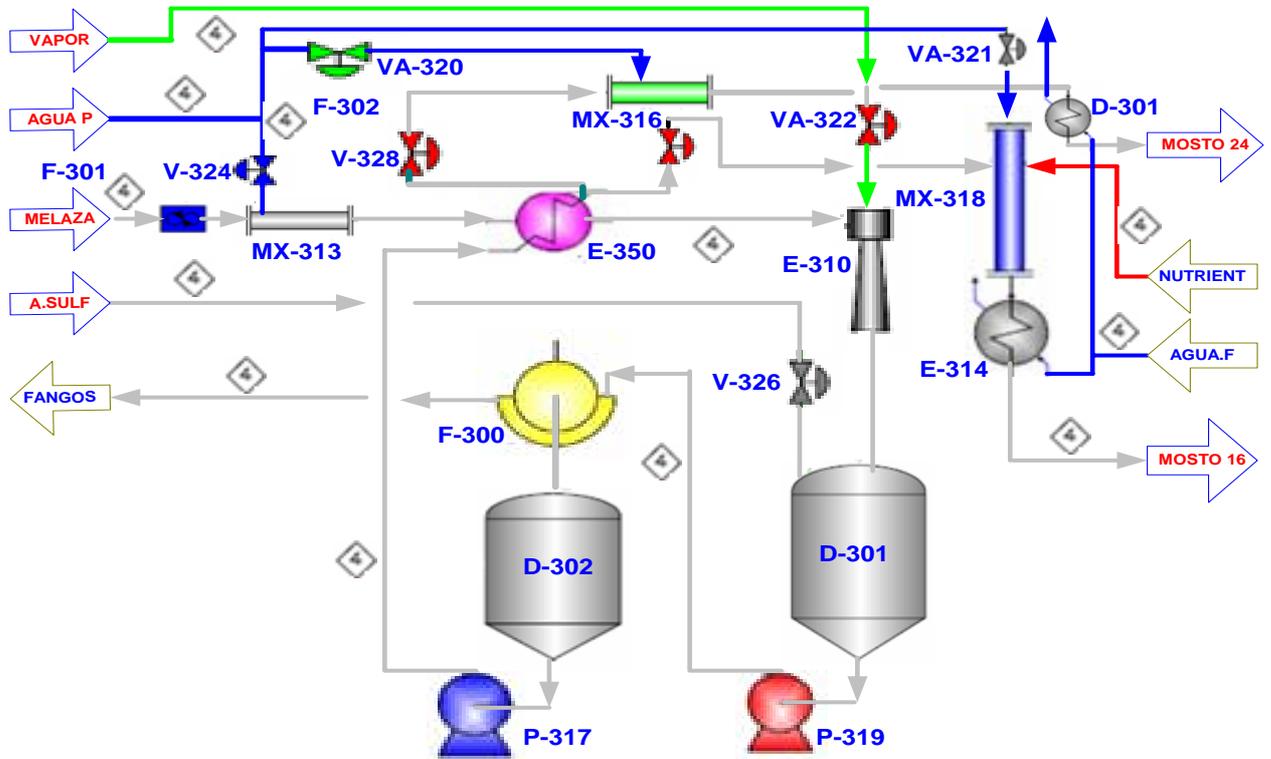
Anexo 2. Esquema de distribución general del agua en ALFICSA.



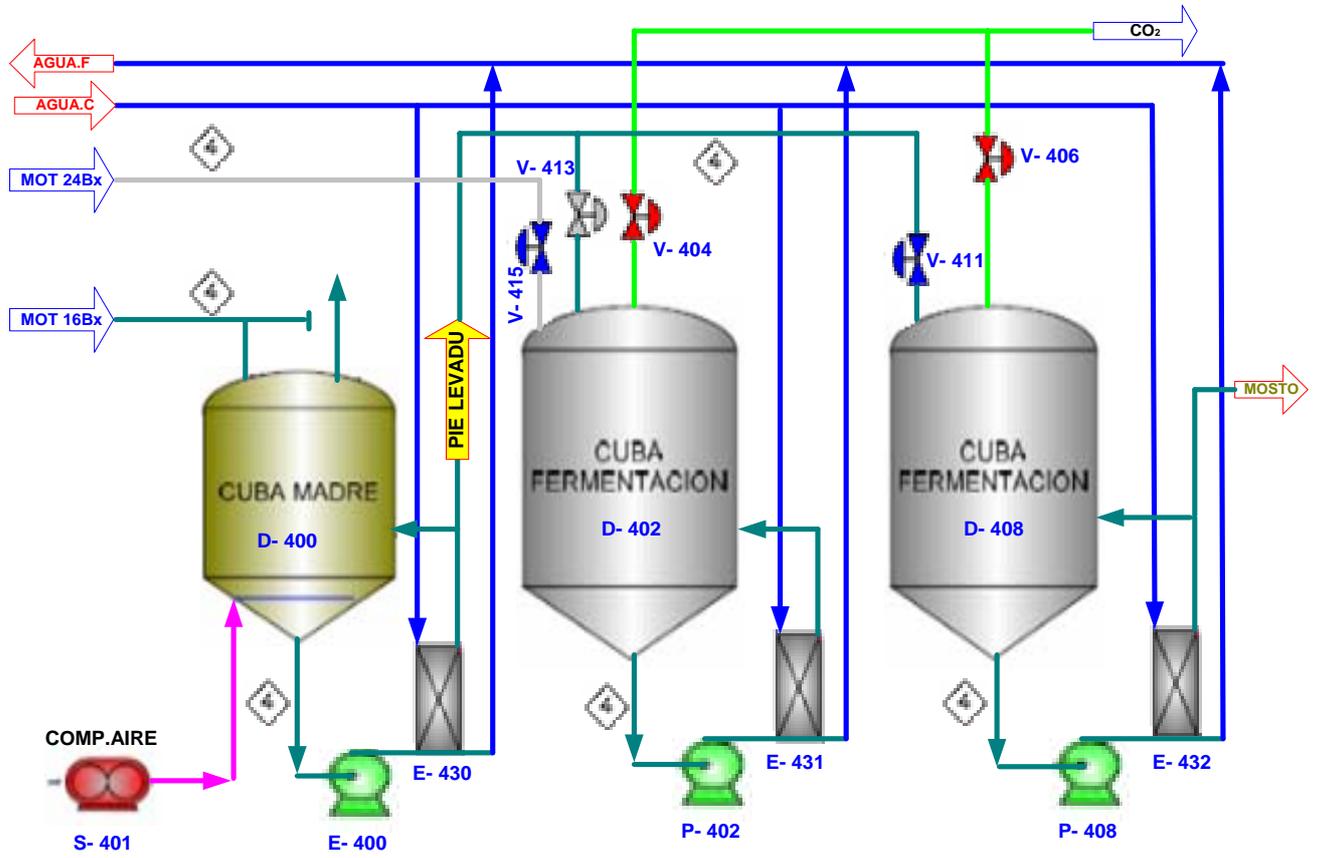
Anexo 2-A Propuesta de esquema de distribución general del agua en ALFICSA.



Anexo 3. Preparación de mostos

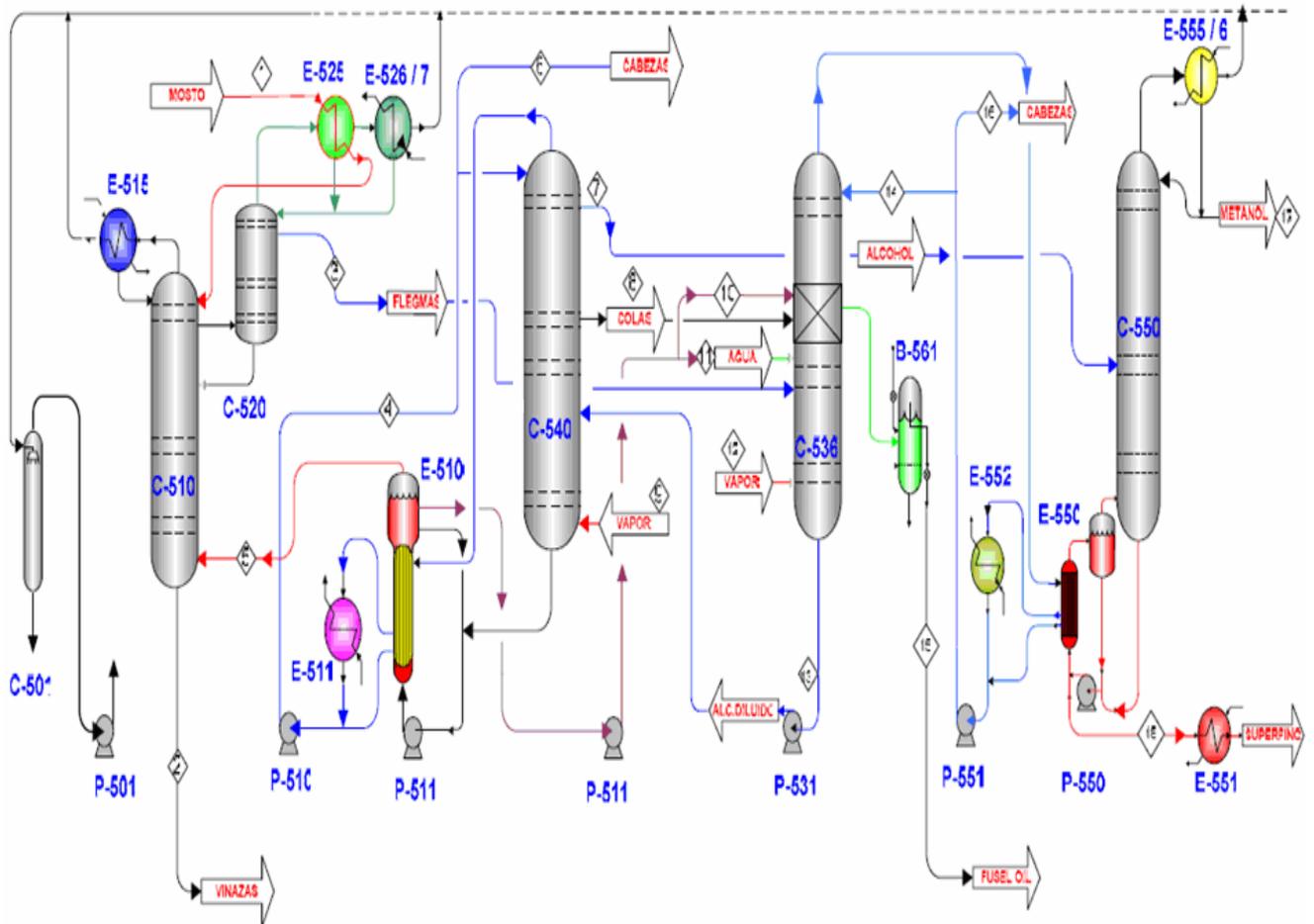


Anexo 4. Fermentación semicontinua



Anexo 5. Destilación- Rectificación

DESTILACION DE ALCOHOL SUPERFINO



Anexo 6. Guía de Observación.

1. Determinar y definir lo que se va a observar: Se realizará observación del Proceso de fabricación de alcohol y sus subprocesos auxiliares con el objetivo de comprobar su funcionamiento.
2. Estimar el tiempo necesario de observación: La observación se realizará durante un periodo de 21 días de trabajo con una frecuencia diaria.
3. Obtener la autorización de la gerencia para llevar a cabo la observación: Para realizar la observación del proceso se contó con la aprobación del jefe del proceso Ing. José Fco. Alemán López.
4. Explicar a las personas que van a ser observadas lo que se va a hacer y las razones para ello: Individualmente se le explicó a cada trabajador entrevistado el objetivo de la misma solicitando su disposición y cooperación voluntaria.

Anexo 7. Modelo de Entrevista.

Como Usted conoce estamos realizando una investigación relacionada con el funcionamiento del proceso en el cual usted labora, fundamentalmente lo relacionado con el sistema del agua. En tal sentido le agradecemos nos dedique unos minutos de su preciado tiempo para responder algunas preguntas.

I. Cuestiones relacionadas con organización del proceso.

- 1.1 Conocimientos acerca de la organización del proceso
- 1.2 Conocimientos sobre el gráfico de control analítico, dígame: frecuencia de toma de la muestra, objetivos con que se realizan los análisis y estándares establecidos.
- 1.3 Conocimientos acerca de algún sistema de gestión.
- 1.4 Conocimientos acerca de posibilidades de ahorro de agua.

II. Respecto al funcionamiento del proceso.

- 2.1 Precisión de los equipos registradores
- 2.2 Asimilación del cambio tecnología
- 2.3 Relación con otros procesos y áreas funcionales
- 2.4 Sobre los indicadores de eficiencia y eficacia del proceso
- 2.5 Impacto del proceso en el medio ambiente.
- 2.6 Funcionamiento de los sistemas de control.

III. Respecto a las relaciones formales de comunicación e intercambio de información.

- 3.1 Medios y vías de comunicación existente. Efectividad
- 3.2 Sistemas de influencia
- 3.3 Formas de estimulación, incentivos, divulgación.
- 3.4 Capacitación sobre el tema.

