UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

TRABAJO DE GRADUACIÓN:

BALANCE HÍDRICO PARA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ALCOHOL, DESTILADORA DE ALCOHOLES Y RONES, S.A. CUYOTENANGO, SUCHITEPÉQUEZ.

Por:

JESSICA LORENA LOARCA MÉNDEZ
Carné: 2006 40886

MAZATENANGO, AGOSTO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

TRABAJO DE GRADUACIÓN:

BALANCE HÍDRICO PARA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ALCOHOL, DESTILADORA DE ALCOHOLES Y RONES, S.A. CUYOTENANGO, SUCHITEPÉQUEZ.

Trabajo presentado a las autoridades del Centro Universitario de Suroccidente

-CUNSUROC- de la Universidad de San Carlos de Guatemala –USAC-

Por:

JESSICA LORENA LOARCA MÉNDEZ
Carné: 2006 40886

Previo a conferírsele el título que le acredita como:
Ingeniera en Gestión Ambiental Local
En el grado académico de Licenciado

MAZATENANGO, AGOSTO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE

AUTORIDADES

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo	Rector
Dr. Carlos Enrique Camey Rodas	Secretario General

MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO CUNSUROC

Dra. Alba Ruth Maldonado de León	Presidenta

REPRESENTANTES DE PROFESORES

MSc. Mirna Nineth Hernández Palma	Secretaria
MSc. José Norberto Thomas Villatoro	Vocal

REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC

Lic. Ángel Estuardo López Mejía	Vocal

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES

MEPP Elisa Raquel Martínez González	Vocal
Br. Irrael Estuardo Arriaza Jerez	Vocal

AUTORIDADES DE COORDINACIÓN ACADÉMICA

MSc. Carlos Antonio Barrera Arenales
Coordinador Académico

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar
Coordinador Carrera de Administración de Empresas

Lic. Edin Aníbal Ortíz Lara
Coordinador Carrera de Trabajo Social

MSc. Nery Edgar SaquimuxCanastuj
Coordinador Carreras de Pedagogía

Dr. Marco Antonio del Cid Flores
CoordinadorCarrera Ingeniería en Alimentos

Dr. Reynaldo Humberto Alarcón Noguera
Coordinador Carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical

Licda. Tania María Cabrera Ovalle
Coordinadora Carrera Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales, Abogado y Notario

MSc. Celso González Morales
CoordinadorCarrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local

CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA –CUNSUROC-

Licda. Tania Elvira Marroquín Vásquez
Coordinadora de las carreras de Pedagogía

MSc. Paola Marisol Rabanales
CoordinadoraCarrera Periodista Profesional y Ciencias de la Comunicación

ACTO QUE DEDICO

A DIOS	Portodas las bendiciones y las oportunidades que me ha dado en la vida.
A MIS PADRES	José Luis Loarca y Patricia de Loarca, por su amor, esfuerzo y apoyo incondicional.
A MI HIJA	Adriana Patricia por ser motivo de mi inspiración.
A MIS HERMANOS	Jennifer y José Luis Loarca por su cariño y apoyo.
A MI CUÑADA	Vivian Rodríguez por su cariño sincero.
A MYNOR MORALES	Por su apoyo y cariño incondicional.
A MI ASESORA	MSc. Karen Pérez, por sus consejos y apoyo incondicional durante la ejecución del Ejercicio Profesional Supervisado.
A MIS CATEDRÁTICOS	Por las enseñanzas brindadas en el trayecto de mis estudios.
A DESTILADORA DE ALCOHOLES Y RONES S.A.	Por su colaboración en el desarrollo del presente trabajo de graduación.

i. Índice de contenido

Contenido **Página**

ABSTRACT 1

RESUMEN..... 2

I. INTRODUCCIÓN..... 3

II. OBJETIVOS 5

2.1. Objetivo general 5

2.2. Objetivos específicos 5

III. REVISIÓN DE LITERATURA 6

3.1. Marco Referencial 6

3.1.1. Destiladora de Alcoholes y Rones S.A..... 6

3.1.1.2. Ubicación 7

3.1.1.3. Sistema de Gestión Ambiental de DARSA 9

3.2. Marco Conceptual 10

3.2.1. Disponibilidad y uso del agua 10

3.2.1.1. Escasez del agua 10

3.2.1.2. El agua y el desarrollo sostenible 11

3.2.1.3. Objetivo del desarrollo sostenible (ODS) dedicado al agua post-2015.. 11

3.2.1.4. El recurso agua y la economía verde..... 13

3.2.1.5. Las transiciones de nuestro ambiente hacia una economía verde 14

3.2.1.6. Oportunidades para la industria en la transición hacia una economía verde..... 14

3.2.1.7. Producción más limpia (PML) 15

3.2.1.8. Estrategias generales de producción más limpia 16

3.2.1.9. Estrategias para el ahorro y uso eficiente del agua 18

3.2.2. Origen de la huella de agua o balance hídrico 18

3.2.2.1. Huella de agua o Balance Hídrico 19

3.2.2.2. Balance hídrico de un proceso y un producto 20
3.2.2.3. Importancia y beneficios de realizar un balance hídrico o huella de agua..... 20
3.2.2.4. ¿Por qué calcular el balance Hídrico o huella de agua?..... 22
3.2.2.5. Metodología del Centro de Producción más Limpia de Guatemala para la realización del balance hídrico 22
3.2.3. Medidor utilizado para la realización del balance hídrico en DARSA: Medidor ultrasónico Portátil Micronics PF 220 29
3.2.4. Proceso de producción del alcohol a partir de la caña de azúcar. 31

VI. METODOLOGÍA 35

4.1. Recorrido general en las instalaciones de –DARSA- 36

4.2. Actualización del croquis de las tuberías de agua en los procesos..... 36

4.3. Delimitación de las áreas donde se efectuó la medición..... 36

4.4. Ubicación de los puntos para realizar las mediciones del caudal de agua..... 37

4.5. Prueba del funcionamiento del medidor 37

4.6. Determinación del diámetro, grosor y el tipo de material de la tubería de cada proceso..... 38

4.7. Realización de las mediciones de caudal..... 39
4.7.1. Datos obtenidos a partir del uso del medidor Micronics PF 220 39
4.7.2. Medición de caudal de tuberías, utilizando el método volumétrico 41

4.8. Análisis de datos 42

4.9. Redacción del informe final y presentación de resultados 44
4.9.1. Elaboración de diagramas de flujo 44
4.9.2. Balance gráfico 44
4.9.3. Cuadros de resumen de datos..... 45
4.9.4. Indicador de productividad 45
4.9.5. Indicador de intensidad 45

V. RECURSOS 47

5.1. Recursos Humanos 47

5.2. Recursos Físicos 47

VI. PRESUPUESTO DEL PROYECTO 49

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 50

7.1. Información general del área de estudio. 50

7.1.1. Descripción del funcionamiento de las líneas de consumo de recurso hídrico de DARSA. 52

7.1.1.1. Línea de servicios 52

7.1.1.2. Línea de procesos 54

7.1.1.3. Línea de diluciones 55

7.1.1.4. Tanque de CIP (agua de retorno) 55

7.2. Croquis de las líneas de agua del proceso de DARSA 56

7.3. Delimitación de los puntos de medición. 57

7.4. Balance Hídrico del consumo general del recurso hídrico en DARSA 58

7.4.1. Datos obtenidos de las mediciones realizadas en las áreas de entradas generales al tanque de STI-01 58

7.4.2. Diagrama de flujo del consumo general del recurso hídrico de DARSA 60

7.4.3. Gráficas de resultados de balance hidrico del consumo general de DARSA 61

7.4.4. Cuadros de resumen del consumo promedio de agua en DARSA 62

7.5. Balance hídrico de la línea de servicios 63

7.5.1. Datos obtenidos de las mediciones realizadas en las áreas de la línea de servicios 63

7.5.2. Diagramas de flujo del balance hídrico de la línea de servicios. 65

7.5.3. Cuadro de resumen del consumo de agua del área de servicios 67

7.6. Balance hídrico de la línea de procesos y diluciones 67

7.6.1. Datos obtenidos de las mediciones realizadas en las áreas de la línea de procesos 67
7.6.2. Diagrama de flujo de la distribución de la línea de procesos 69
7.6.2.1. Gráfica de resultados 70
7.6.2.2. Cuadro de resumen de resultados 70
7.6.3. Balance hídrico de la línea de diluciones carga continua 71
7.6.3.1. Diagrama de flujo de la distribución de la línea de diluciones carga continua 71
7.6.3.2 Gráfica de resultados 72
7.6.3.3. Cuadro de resumen 72
7.6.4. Balance hídrico del área de diluciones de ron pesado 74
7.6.4.1. Diagrama de flujo del área de linea de diluciones de ron pesado 74
7.6.4.2. Gráficas de resultados 75
7.6.4.3. Cuadros de resumen 75
7.7. Alimentación del Tanque de CIP (agua de retorno) 77
7.7.1. Datos obtenidos de las mediciones realizadas en las áreas de la línea de entrada al tanque CIP (agua de retorno) 77
7.7.2. Diagrama de la alimentación del tanque de CIP (agua de retorno) 78
7.7.3. Gráfica de resultados 79
7.7.4. Cuadro de resumen 79
7.8. Balance hídrico del desfogue general 80
7.8.1. Datos obtenidos de las mediciones realizadas en las purgas que se dirigen al desfogue general 80
7.8.2. Diagrama balance hídrico del desfogue general de purgas 83
7.8.3. Gráfica de resultados 84
7.8.4. Cuadro de resumen de resultados 84
7.9. Indicador de productividad 85
7.10. Indicador de intensidad 86
VIII. CONCLUSIONES 88

IX. RECOMENDACIONES 90

X. BIBLIOGRAFÍA 91

XI. EGRAFÍA 93

XII. ANEXOS 98

ii. Índice de cuadros

	Cuadro	Página
1	Datos para prueba de funcionamiento de sensores tipo B……	37
2	Ecuación para determinar el caudal de una tubería……	41
3	Entrevista a operadores de planta de agua……..	43
4	Entrevista a operadores e ingenieros del área de producción……..	43
5	Entrevista a operadores del área de caldera……	43
6	Fórmula para el cálculo del indicador de productividad……..	45
7	Fórmula para el cálculo del indicador de intensidad……...	45
8	Presupuesto del balance hídrico realizado en DARSA……..	49
9	Horarios de funcionamiento de los pozos que alimentan el tanque STI-01……..	51
10	Mediciones de la extracción de agua de los distintos pozos de DARSA en gal/mes……...	51
11	Distribución del agua del tanque STI-01……...	52
12	Puntos de medición de las áreas delimitadas para la realización del balance hídrico……..	57
13	Mediciones realizadas para la ejecución del balance hídrico del consumo general en DARSA…….	58
14	Consumo promedio de agua en DARSA……	62

15	Balance hídrico de la entrada de agua de DARSA……	62
16	Mediciones de filtros multimedia……	63
17	Balance de consumo de agua de la caldera de DARSA……	66
18	Cuadro de resumen del consumo de agua del área de servicio……...	67
19	Resultado de las mediciones realizadas para la ejecución del balance hídrico de la línea de procesos……	67
20	Resumen del consumo de agua del área de proceso……	70
21	Resumen del consumo del agua del área de diluciones carga continua……	72
22	Balance hídrico del área de procesos y diluciones de carga continua..	73
23	Resumen del área de diluciones de ron pesado……	75
24	Balance de agua del área de diluciones de ron pesado……	76
25	Mediciones de la entrada de agua al tanque de CIP……	77
26	Resumen de entrada y salida de agua al tanque CIP……..……..	80
27	Mediciones de la purga de caldera……	80
28	Mediciones de las purgas del área de destilación……	81
29	Mediciones de las purgas del área de fermentación……	82
30	Mediciones del agua desechada en el lavado de fermentadores……..	83
31	Mediciones del área del desfogue general de purgas……	83
32	Balance hídrico del desfogue general……	84
33	Datos que se ingresan al medidor ultrasónico de agua según las tuberías de DARSA……	98

34	Conversiones de volumen-tiempo del pozo 1…….…….	99
35	Conversiones de volumen-tiempo del pozo 2…….…….	99
36	Conversiones de volumen-tiempo de la línea de servicios….……...	99
37	Conversiones de volumen-tiempode la línea de servicios…….	99
38	Conversiones de volumen-tiempo de la línea de servicios y procesos	100
39	Conversiones de volumen-tiempo de la línea de diluciones carga continua…….	100
40	Conversiones de volumen-tiempo de la línea de diluciones de ron pesado…….……..	100
41	Conversiones de volumen-tiempo del tanque de CIP I……..…..	101
42	Conversiones de volumen-tiempo del tanque de CIP II……..…….	101
43	Conversiones de volumen-tiempo del tanque de CIP III……..……	101
44	Conversiones de volumen-tiempo del tanque de CIP IV……..	101

iii. Índice de Figuras

	Figura	Página
1	Ubicación geográfica de DARSA/ Ingenio Tululá……..……..	8
2	Localización geográfica del municipio de Cuyotenango……..	9
3	Resultados del desarrollo sostenible vinculadas al agua	12
4	Estrategia general de PML	16
5	Estrategias específicas de PML……..	17
6	Porqué y quienes aplican producción más limpia……	17
7	Ventajas y beneficios de producción más limpia……..	18
8	Método de vertedero…….	26
9	Metodología utilizada para la realización del balance hídrico……	35
10	Croquis de las líneas de agua del proceso de DARSA……...	56
11	Diagrama del consumo general del recurso hídrico de DARSA……	60
12	Gráfica del balance hídrico de entrada de agua de DARSA……..….	61
13	Diagrama de distribución de agua del tanque STI-01 en DARSA	61
14	Diagrama de distribución y consumo de agua de la línea de servicios…….	65
15	Diagrama de distribución y del consumo de agua de la línea de procesos……..	69

16	Gráfica balance de agua de la línea de procesos……..	70
17	Diagrama de la distribución del consumo de agua de la línea de diluciones…….	71
18	Línea de diluciones carga continua…….	72
19	Diagrama de flujo del área de la línea de diluciones de ron pesado….	74
20	Área de diluciones de ron pesado……...	75
21	Diagrama de distribución del tanque CIP……..	78
22	Cantidades de agua que ingresa al tanque de CIP……..	79
23	Diagrama del desfogue general de purgas……	83
24	Gráficadel resultado de purgas del desfogue general……..…….	84
25	Huella hídrica de la producción de alcohol de la empresa…….	86
26	Medidor Ultrasónico Micronics PF 220……...	102
27	Monitor del Medidor Ultrasónico Micronics PF 220……..	102
28	Certificado de calibración del medidor ultrasónico Portátil Micronics PF220……..	103
29	Entrada al área de ósmosis……..	104
30	Mediciones en el área de Tanque de CIP (Agua de retorno)…….	104
31	Línea de condensados del área de destilación hacia el tanque de agua permeada……..	105
32	Entrada al domo de la caldera…….	105

33 Señalización de los puntos de medición…… 106

34 Señalización de los puntos de medición…… 106

35 Señalización de los puntos de medición…… 106

36 Medición de la purga del área de caldera…….. 107

37 Fuga de agua en el área de servicios……. 107

38 Purga de vapor no controlada en caldera…….. 107

39 Pantalla del medidor ultrasónico en funcionamiento…….. 108

40 Purga en el área de destilación……... 108

41 Purga en área de destilación…… 109

42 Esquema del proceso de producción de alcohol a partir de la caña de azúcar……... 109

ABSTRACT

WATER BALANCE IN THE FACILITIES OF ALCOHOL AND RUM DISTILLERY - DARSA-

The main purpose in this investigation is to quantify the total amount of water consumed during the different processes for the production of alcohol, conducted by the Alcohol and Rum Distillery SA (DARSA); such quantification must support the planning, development and management of water resources, in compliance with the environmental policy of DARSA, and must increase the efficiency in water use.

To implement the water balance, a general methodology was used, which is promoted and implemented by the Guatemalan Cleaner Production Center. This method performs the following process: a physical recognition, identifying the inputs and outputs of the resource, execution of measurements for obtaining data, flow diagrams for each identified process, graphs of results, summary tables, and data collection from the intensity and productivity indicator, to determine the efficiency of the method of production that is currently used.

As a result, it was found that the total consumption of water for the industrial processes of DARSA is 39,162,655 gal/month,(148,246.31 m^3/month) (2,470.77 canon/month) that is equivalent to the coverage of the water resources of 2.470 houses monthly, on the basis that there is a need of canon 1 water per month to protect a home of room;which are extracted from wells that are in operation.

The investigation concluded that the production method used by DARSA is efficient; the water used is discarded through the system of general dump in the parking area, and is used in the system of fertigation in TULULA´S fields of sugar cane allowing water reuse in other processes.

RESUMEN

BALANCE HÍDRICO EN LAS INSTALACIONES DE DESTILADORA DE ALCOHOLES Y RONES S.A. –DARSA-

La presente investigación, se realizó para ponderar la cantidad total de agua que se consume durante los diferentes procesos para la elaboración de alcoholes, realizados por la Destiladora de Alcoholes y Rones S.A. (DARSA); cuantificación que debe de apoyar la planificación, desarrollo y gestión de recursos hídricos, dando cumplimiento a la política medioambiental dela empresa, e incrementando la eficiencia en el uso del recurso hídrico.

Para la ejecución del balance hídrico, se utilizó la metodología general, que promueve e implementa en el país, el Centro Guatemalteco de Producción más Limpia. Ésta metodología realiza el siguiente proceso: un recorrido físico, identificando las entradas y salidas del recurso, realización de mediciones para la obtención de datos, elaboración de diagramas de flujo de cada proceso identificado, presentación de gráficas de los resultados obtenidos, cuadros de resumen de datos y la obtención de los datos del indicador de intensidad y de productividad, para determinar la eficiencia del método de producción que la empresa aplica.

Como resultado se determinó el consumo total de agua para los procesos industriales de DARSA siendo39, 162,655gal/mes (148,246.31 m^3/mes) (2,470.77 canon/mes) que equivale a la cobertura del recurso hídrico de 2,470 casas mensuales, partiendo que se necesita un canon de agua al mes para abastecer una casa de habitación.

La investigación permitió, concluir que el método de producción utilizado por DARSA es eficiente, el agua utilizada es desechada a través del sistema de desfogue general en el área del parqueo, y es aprovechada en el sistema de ferti-riego en los campos de cultivos de caña de azúcar del ingenio Tululá, lo que permite la reutilización del agua en otros procesos.

I. INTRODUCCIÓN

La Destiladora de Alcoholes y Rones de Guatemala S.A. (DARSA), se encuentra ubicada en el kilómetro 4.5 carretera que conduce al municipio de San José La Máquina, Suchitepéquez. DARSA pertenece a la corporación de Industrias Licoreras de Guatemala siendo su principal actividad la producción y distribución de alcohol etílico, alcohol industrial, aguardientes naturales y añejos.

Dentro de los objetivos internos de la empresa, se encuentra el contribuir al medio ambiente a través de un sistema de gestión ambiental siendo éste uno de los ejes principales dentro de su proceso de producción.

El agua, siendo un activo fundamental tanto en la producción como en el balance ambiental, cobra importancia trascendental al hablar de un sistema de gestión ambiental. La empresa anteriormente carecía de una metodología que permitiera contabilizar el consumo en el proceso, desconociéndose puntos y volumen de fugas, derrames y la eficiencia del uso de este recurso. Cabe mencionar que es imposible establecer medidas de mitigación de pérdidas y consumo eficiente desconociendo esta información básica.

Debido a lo anterior y como parte del Ejercicio Profesional Supervisado se realizó un estudio de Balance Hídrico del proceso de producción, el cual a través de observación, identificación y cuantificación de consumo, pérdidas y fugas permitió establecer la situación actual en cuanto a la utilización del agua. La importancia de este estudio radica en ser el punto de partida para establecer procesos de producción más eficientes en cuanto a uso de recurso y el establecimiento de medidas que prevengan o corrijan puntos rojos de pérdidas y fugas en el proceso.

Como resultado del balance de agua se obtuvo la huella hídrica de DARSA, siendo 24 galones de agua por galón de alcohol producido y teniendo una utilización de aproximadamente 39,000,000 galones/mes (148,246.31 m^3/mes) en sus procesos industriales.

Partiendo de lo anterior, se recomienda, la colocación del tanque de captación para el agua que se recircula en el tanque CIP de los distintos procesos de producción, y el control eficaz del uso de los hidrantes instalados en los diferentes puntos de la empresa en conjunto con una evaluación semestral de los consumos del recurso que realizan, para poder disminuir el consumo hídrico y por consiguiente la huella.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Realizar un balance hídrico del proceso de producción de alcohol en la empresa Destiladora de Alcoholes y Rones S.A., Cuyotenango, Suchitepéquez.

2.2. Objetivos específicos

- Identificar las entradas y salidas de agua en base al consumo inicial.
- Determinar la existencia de purgas fugitivas en el sistema.
- Cuantificar el consumo total de agua utilizada en los procesos industriales de DARSA.
- Efectuar el cálculo de los índices de productividad e intensidad.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Marco Referencial(este apartado esta transcrito textualmente de Geopetrol 2006debido a que es la única fuente de consulta autorizada por la empresa).

3.1.1. Destiladora de Alcoholes y Rones S.A.

La Destiladora de Alcoholes y Rones S.A. denominada DARSA, es una empresa de la Corporación de Industrias Licoreras de Guatemala, su planta de producción y las bodegas de añejamiento se encuentran en el Sur de Guatemala,las bodegas de almacenamiento y despacho de producto están localizadas, en el municipio de San Andrés Villaseca en el departamento de Retalhuleu (Geopetrol 2006).

DARSA surge de la necesidad, de los productores de licores de la Corporación de Industrias Licoreras de Guatemala, de centralizar en una sola región del país la producción de alcohol, preparar aguardientes y añejarlos. Para centralizar el proceso de añejamiento, surge la Central Añejadora Guatemalteca S.A. (CAGSA), ubicada en el municipio Santa Lucía Cotzumalguapa, del departamento de Escuintla. (Geopetrol 2006).

Posteriormente los productores miembros de la Corporación, al notar el costo que representaba movilizar desde las destiladoras en distintos puntos del país, hasta CAGSA, todo su alcohol, tomaron la decisión de fundar la empresa DARSA, para ejecutar dichas actividades, absorbiendo las funciones anteriores de CAGSA y realizando las nuevas de producción de alcohol para preparar los aguardientes(Geopetrol 2006).

En su origen la fábrica contó con un equipo de destilación, el cual tenía una capacidad de producción para 5,000 litros de alcohol por día (LPD), utilizando como materia prima miel virgen obtenida de la caña de azúcar, con el tiempo DARSA adquirió un nuevo equipo con una capacidad de 15,000 LPD, elevando la capacidad de producción.(Geopetrol 2006).

Así funcionó hasta que en 1978, se realizó la primera ampliación, modificando totalmente la fábrica, desde el desarrollo de la levadura y los fermentadores, hasta la adquisición de un equipo de destilación francés, con una capacidad de 40,000 a 60,000 LPD, este permitió obtener una mejor calidad de alcohol, denominado superfino, por sus concentraciones muy bajas de congenéricos (Geopetrol 2006).

En los siguientes años se consiguió la cogeneración eléctrica, adquiriendo un turbogenerador, de 350 kilowatt cuya generación eléctrica se usaba exclusivamente para la fábrica. La materia prima cambio de ser miel virgen a melaza(Geopetrol 2006).

En 1985, como parte de las acciones ambientales se inicia el aprovechamiento de gas carbónico generado durante la fermentación, mismo que es enviado a la Planta de Purificación de Gas Carbónico, llamado CARBOX, la cual es una empresa más de la Corporación de Industrias Licoreras de Guatemala. (Geopetrol 2006).

En 1993 se inició la construcción de la primera planta de tratamiento de desechos industriales y generación de biogás, dicha planta disminuye el uso de los recursos naturales no renovables, como lo es el bunker, y así mismo representa un ahorro económico para la empresa. Este biogás se recupera y se quema en las calderas (Geopetrol 2006).

3.1.1.2. Ubicación

DARSA está ubicada en el km 4.5 carretera al parcelamiento la Máquina, San Andrés Villaseca, Retalhuleu; el ingreso más frecuente a DARSA de Cuyotenango, lugar donde se toma desvío por la ruta departamental que conduce a Tulate. (Geopetrol 2006).

De Cuyotenango, se recorren aproximadamente, 45 kilómetros, pasando por la aldea Chacatlé Sis, hasta el acceso al Ingenio Tululá, frente a la Aldea Chacalté Aparicio. (Geopetrol 2006).

El área de estudio se encuentra ubicado, dentro del complejo del Ingenio Tululá, con una latitud de14” 30” 10” 14” N, con una elevación de 253 msnm.(Geopetrol 2006).

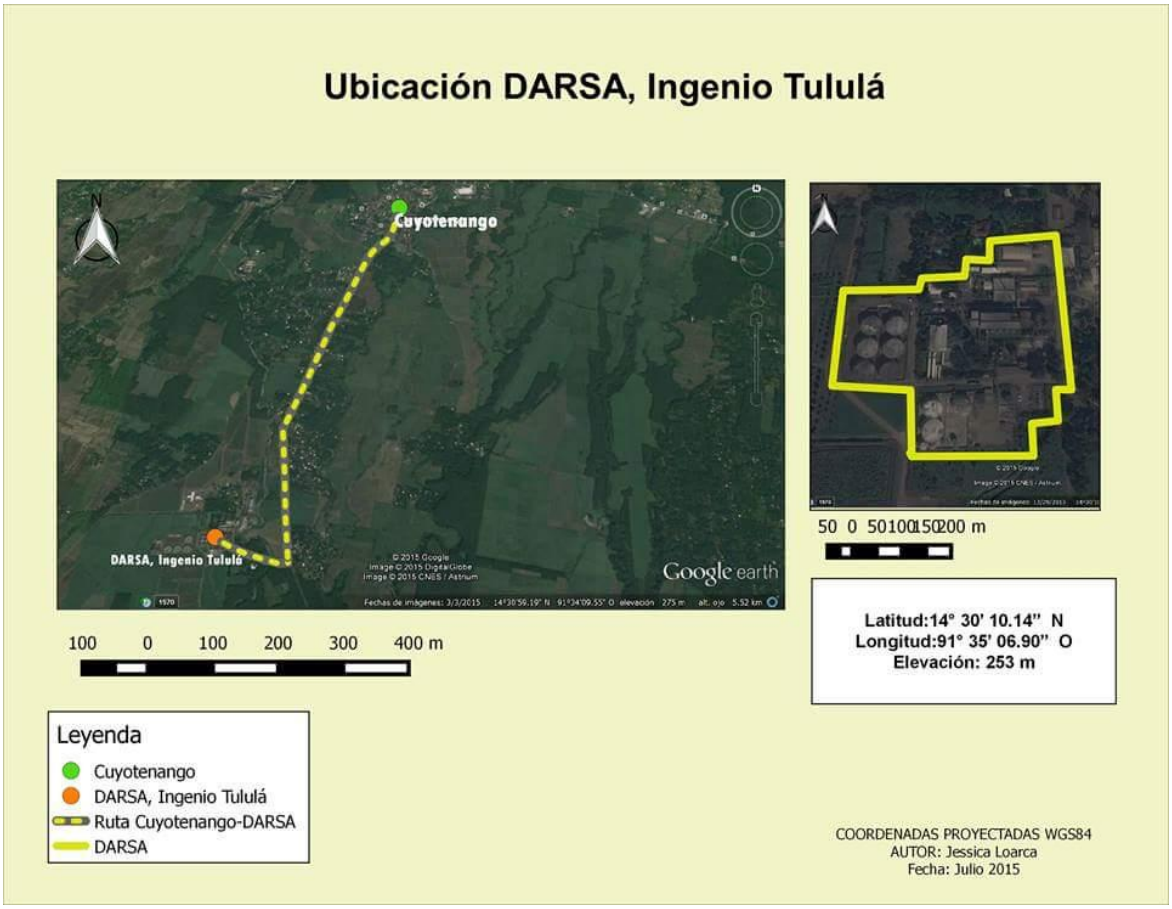


Figura No.1 Ubicación geográfica de DARSA/ Ingenio Tululá

Fuente: autor del documento

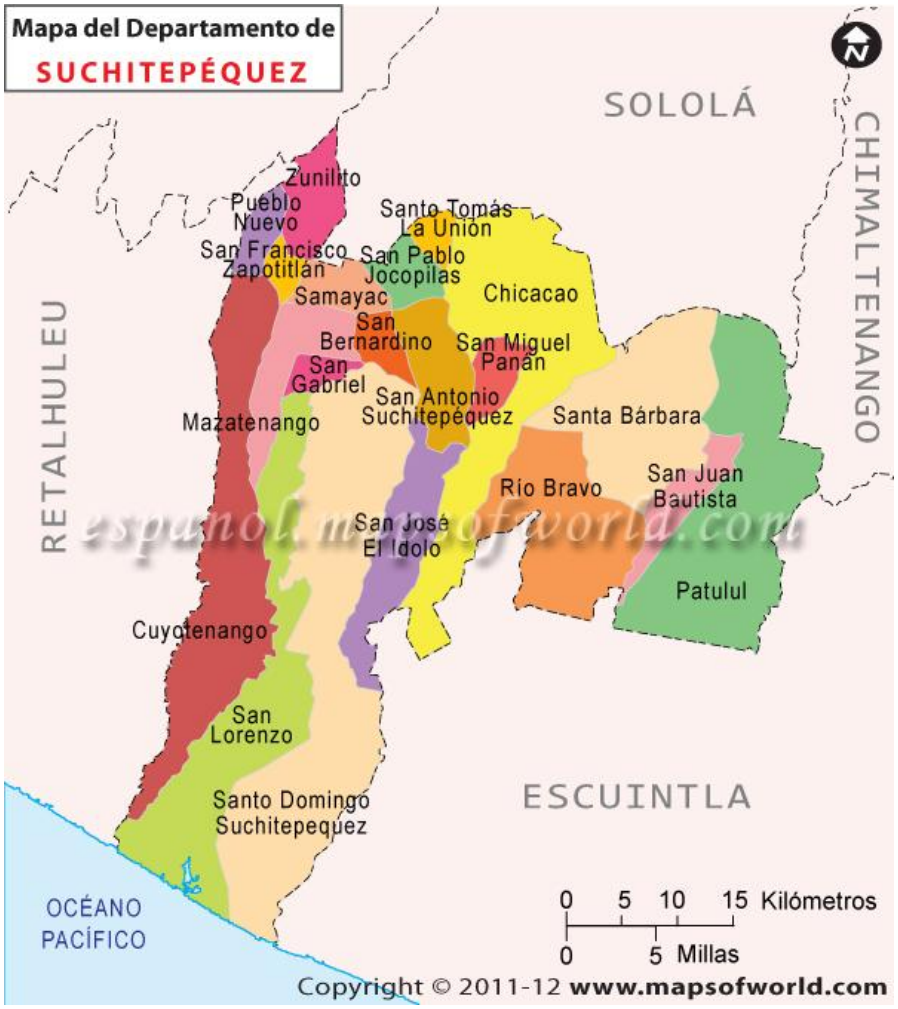


Figura No. 2 Localización geográfica del municipio de Cuyotenango
Fuente: Mapas del mundo. Mapa del departamento de Suchitepéquez (en línea)

3.1.1.3. Sistema de Gestión Ambiental de DARSA

Copiando literalmente un extracto de la política de gestión de DARSA:

"Está comprometida a producir alcoholes de manera sustentables para satisfacer a los productores, previendo la salud y seguridad del personal y la inocuidad del productos, efectuando ensayos precisos y confiables, mejorando los procesos a través de la participación del personal en un sistema de Gestión que cumple con los requisitos de distintas normas" (Industrias Licoreras de Guatemala, 2014).

3.2. Marco Conceptual

3.2.1. Disponibilidad y uso del agua

Según el artículo Selles, J.(2014)la disponibilidad de agua en la tierra depende en su mayoría del agua salada (97%) que evidentemente establece la reserva más importante para los usos corrientes del futuro que son agua potable, riego y uso industrial. Desafortunadamente la desalación de agua del mar es elevada, por lo que existen pocas plantas de tratamiento en el mundo.

La mayor concentración de agua dulce (5%) en el mundo se ubica en las zonas polares del mundo en forma de glaciares, lejos de los ámbitos poblanos. De las aguas continentales, el volumen almacenado hasta unos 1.000 metros de profundidad (0.5%) que supera con gran magnitud al que instantáneamente puede contener los lagos y los ríos del mundo (0.02%) según Selles, J. (2014)

Según el artículo “Agua *Fuente de Vida” de las Naciones Unidas (2005-2015)* agua superficial es la más expuesta a contaminación y generalmente más cara, por el tratamiento que necesita para su potabilización que el agua subterránea. Por esa razón la mayoría de países desarrollados que se caracterizan por optimizar el usos de los recursos naturales.

3.2.1.1. Escasez del agua

Según la Unesco (s.f.) la escasez del agua es un fenómeno tanto natural como inducido por la intervención humana, a pesar de que hay suficiente agua en la reserva de agua dulce para satisfacer las necesidades de los humanos su distribución no es de forma equitativa y en la mayoría de los casos desperdiciada, contaminada o gestionada inapropiadamente.

Cerca de una quinta parte de la población mundial (1.200 millones) habitan áreas con escasez de agua y otra cuarta parte de la población mundial (1.600 millones) presenta disminuciones en el suministro de agua por insuficiencia de la infraestructura para el abastecimiento de agua de los ríos y acuífero (Naciones Unidas 2005).

La escasez de agua empeora por el cambio climático y fenómenos como la rápida urbanización, aumento de las actividades agrícolas e industriales, afectando la disponibilidad de los recursos de agua dulce. El quebranto de la calidad del agua la vuelve no idónea para el humano disminuyendo su abundancia y provocando efectos dañinos en la salud de la población. (Unesco s.f.)

3.2.1.2. El agua y el desarrollo sostenible

Según el artículo "Agua *Fuente de Vida" (2005-2015)* el agua es primordial en el desarrollo sostenible e indispensable para el desarrollo socio-económico, los ecosistemas saludables y la supervivencia humana. El agua es vital para mejorar la salud, y la productividad de las poblaciones, para las actividades que conllevan la producción y servicios de las que gozan los humanos.

El agua es un recurso limitado y únicamente podemos decir que es renovable si es gestionado sustentablemente; hoy en día puede presentarse como un tema de desafío para el desarrollo sostenible por su uso inadecuado, pero la situación tiene tendencia a un cambio si es gestionado de manera eficiente y equitativa según el *artículo "Agua Fuente de Vida" (2005-2015)*

Según el artículo "Agua Fuente de Vida" (2005-2015) el desarrollo sostenible es un tema de mucho enlace con relación al uso racional de agua, ya que al hablar de sostenibilidad se está hablando de no solo satisfacer las necesidades de la población presente sino pensar siempre en la preservación para las generaciones futuras no limitando el uso del mismo.

3.2.1.3. Objetivo del desarrollo sostenible (ODS) dedicado al agua post-2015

Según Naciones Unidas en Bolivia (2008) uno de los principales resultados de la conferencia de Río +20 fue el acuerdo de los estados miembros para poner en marcha el proceso de desarrollar un conjunto de objetivos de desarrollo sostenible (ODS) que se basaran en los objetivos del milenio con la agenda de desarrollo post 2015.

Según Naciones Unidas en Bolivia (2008) entre los objetivos mencionan al No. 6 que resalta la garantía de disponer del recurso el cual según los *ODS dedicado al agua post-2015*indica que es el objetivo y las metas propuestas que han reconocido los objetivos de desarrollo de las sociedades, asegurando que los logros sean sostenibles; el cual promueven los resultados de la figura uno:

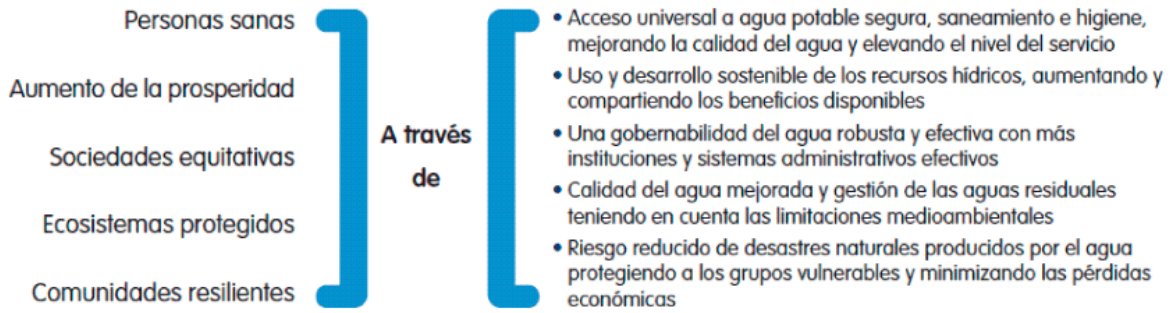


Figura No.3. Resultados del desarrollo sostenible vinculadas al agua
Fuente: http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water_and_sustainable_development.shtml#

La necesidad de crear un ODS dedicado al agua, es llegar a una meta de mejorar un porcentaje “x”; el uso y el desarrollo sostenible del agua, en la cual se promoverán decisiones y acciones para tomar en consideración los requerimientos del ser humano y los ambientales, así como aumentar la viabilidad a largo plazo de los suministros naturales.
(http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/pdf/findings_and_recommendations_post 2015_goal_water_spa.pdf P-19)

Según Naciones Unidas (2008) la meta de desarrollo sustentable y uso del agua necesita de acciones que abarquen los siguientes elementos:

- Control de la extracción de agua dulce en función de los recursos hídricos que sean disponibles de una forma sostenible; la restauración de los ecosistemas

naturales para poder proporcionar servicios que tengan relación con el agua ; el aumento de la productividad de agua para los usos necesarios

Según el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2008), las extracciones de agua a nivel mundial aumentan un 10% cada 10 años; para el cual es necesario equilibrar las demandas de extracción de los diferentes usuarios.

La evaluación de los ecosistemas del milenio, destacó que la capacidad de los ecosistemas de agua dulce se está deteriorando cada día más, en un proceso acelerado en la mayor parte del mundo. Para lo cual, es de necesidad extrema la restauración y recuperación de los ecosistemas acuáticos de los cuales dependemos (*http://www.maweb.org/en/index.aspx).*

Según el *World Bank (s.f.)* el agua, que es extraída anualmente a nivel mundial están divididos en un 70% en el uso agrícola, un 10% en doméstico y un 20% en nivel industrial, aunque es sabido que el uso del agua es limitado, el recurso que es extraída muy frecuentemente es desperdiciado, por malas prácticas agrícolas como industriales y domésticos de forma ineficiente.

3.2.1.4. El recurso agua y la economía verde

“La declaración de Estocolmo (2011) describió al agua como “el torrente sanguíneo de la economía verde”. Pero en muchas partes del mundo los recursos hídricos son limitados y la presión aumenta a medida que crece la demanda de agua para uso humano, producción de alimentos, industria y medioambiente.
(http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm_Files/Publicaciones/Del-TEC/Agua-en-la-Economia-Verde.pdf P-3).

Según *Global Water Partnership (2013)* la seguridad hídrica y el crecimiento verde están vinculados; como primer punto el agua es un recurso natural que toca todos y cada uno de los de los aspectos de la sociedad, ambiente y es una parte esencial para nuestro bienestar, ya que todos dependen de él.

En segundo, la buena gestión del agua depende de que se adopte un enfoque integrado.

En los objetivos del milenio define que la economía verde no solo busca el bienestar tanto económico-social de la población sino que ayuda a reducir los riesgos medioambientales y las escaseces ecológicas. (http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/green_economy.shtml)

3.2.1.5. Las transiciones de nuestro ambiente hacia una economía verde

Según el *Decenio Internacional para la Acción, "El agua fuente de vida" 2005-2015,* realizar un cambio en las actividades cotidianas hacia una economía verde requiere que todos los sectores económicos trabajen hacia tres objetivos fundamentales los cuales son:

- Acelerar el crecimiento económico
- Reducir la pobreza /las desigualdades y
- Mejoras ambientales

Con respecto al agua se necesitan esfuerzos sostenidos para hacer frente a retos y oportunidades en la agricultura, industria y cuencas un gran desafío es abordar con eficacia la insostenible explotación y contaminación del agua, con una estrategia coordinada para aumentar las eficiencias en el uso del recurso; según el *Decenio Internacional para la Acción, "El agua fuente de vida" 2005-2015"*

3.2.1.6. Oportunidades para la industria en la transición hacia una economía verde

Según la *Oficina de Naciones Unidas de Apoyo a la Década del Agua: Agua para la Vida 2005-2015 (s.f.)* la industria utiliza menos agua que la agricultura pero genera una cantidad excesiva de residuos tóxicos que dañan la salud y deterioran los ecosistemas;;

aproximadamente un 20% de agua dulce es utilizada por la industria para la fabricación de bienes.

La cantidad de agua utilizada en el sector industrial va en aumento, lo cual logrará competir con la agricultura y las ciudades por el recurso hídricos limitados, de no producir un cambio en los procesos industriales según la *Oficina de Naciones Unidas de Apoyo a la Década del Agua: Agua para la Vida 2005-2015 (s.f.)*

Según la *Oficina de Naciones Unidas de Apoyo a la Década del Agua: Agua para la Vida 2005-2015 (s.f.)*el reto del desarrollo industrial se acompaña de una gestión sostenible del agua, ya que es importante para las economías en transición, donde la industria es más dinámica, que en las economías avanzadas donde el motor del crecimiento es el servicio.

El desarrollo trae en conjunto la degradación ambiental y el agotamiento de los recursos amenazando el crecimiento de una economía sostenible. Sin embargo la humanidad dispone de tecnología y conocimientos, para que estas fases no sean necesariamente dañinas para el ambiente y para que los menos favorecidos no sufran consecuencias de la escasez y de la contaminación industrial.(Global Water Partnership. 2011.)

Según la *Oficina Internacional de Trabajo (s.f.)* la legislación y las normativas ambientales han llevado a la industria una nueva situación de sostenibilidad, lo que ha incrementado la demanda de competencias laborales para los empleos verdes.

3.2.1.7. Producción más limpia (PML)

Según la *Guía de ahorro y el uso eficiente del agua (2002),* el concepto de producción más limpia fue introducido por la Oficina de la Industria y Medio Ambiente del Programa de Naciones Unidas para el Ambiente (UNEP).

El termino anterior el cual fue definida según *Rojas, J. (2011)* como la aplicación continua de las estrategias ambientales preventiva e integral aplicada en los distintos

procesos de productos y servicios para la mejorar la eco-eficiencia y reducir los riesgos para el ser humano y el ambiente.

3.2.1.8. Estrategias generales de producción más limpia

Las figuras que a continuación se presentan, describen cuales son las estrategias generales y específicas de cómo y porque implementar de manera continua la producción más limpia en los distintos procesos de productos y actividades antropogénicas.

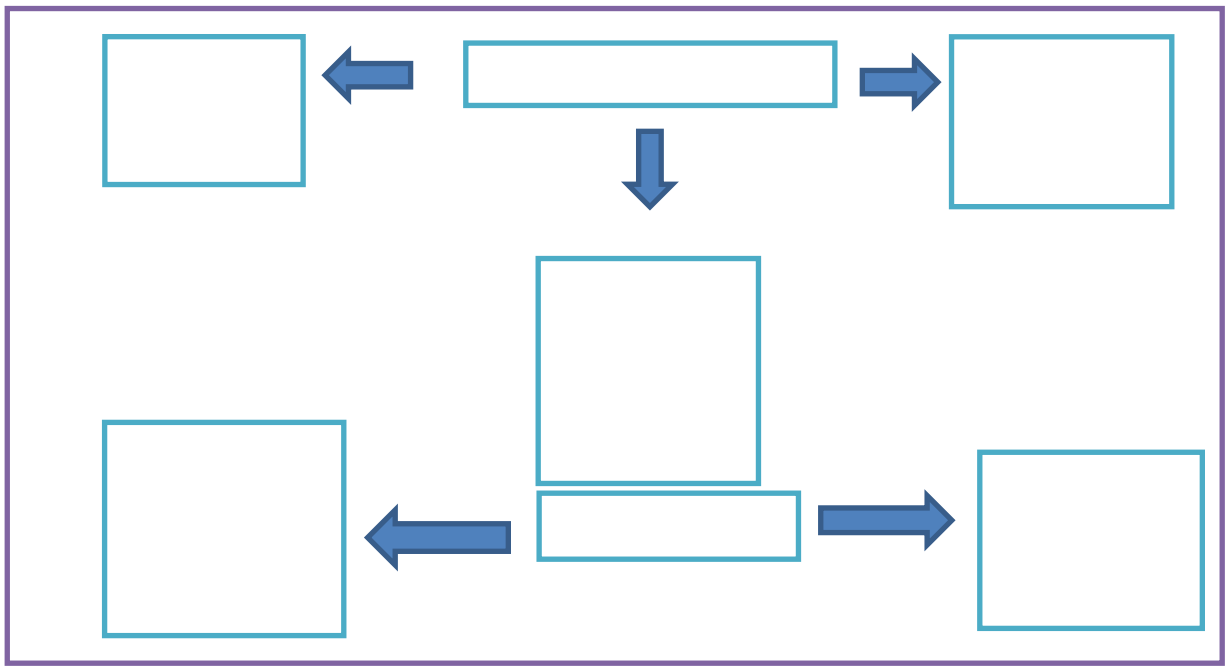


Figura No.4 Estrategia general de PML

Fuente: Guía de ahorro y uso eficiente del agua. Estrategias Generales de producción más limpia. P.6

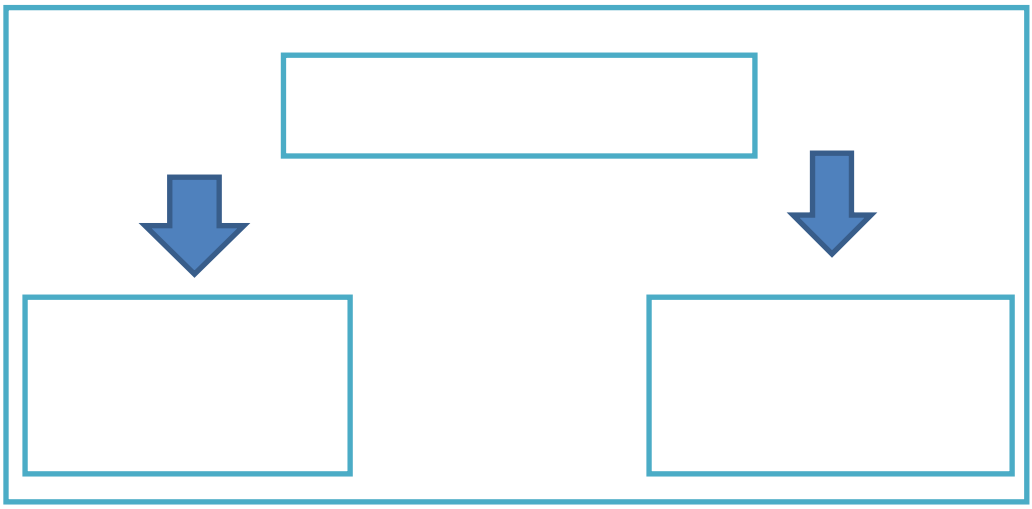


Figura No.5Estrategias específicas de PML

Fuente: Guía del ahorro y uso eficiente del agua. Estrategias generales de producción más limpia. P.7

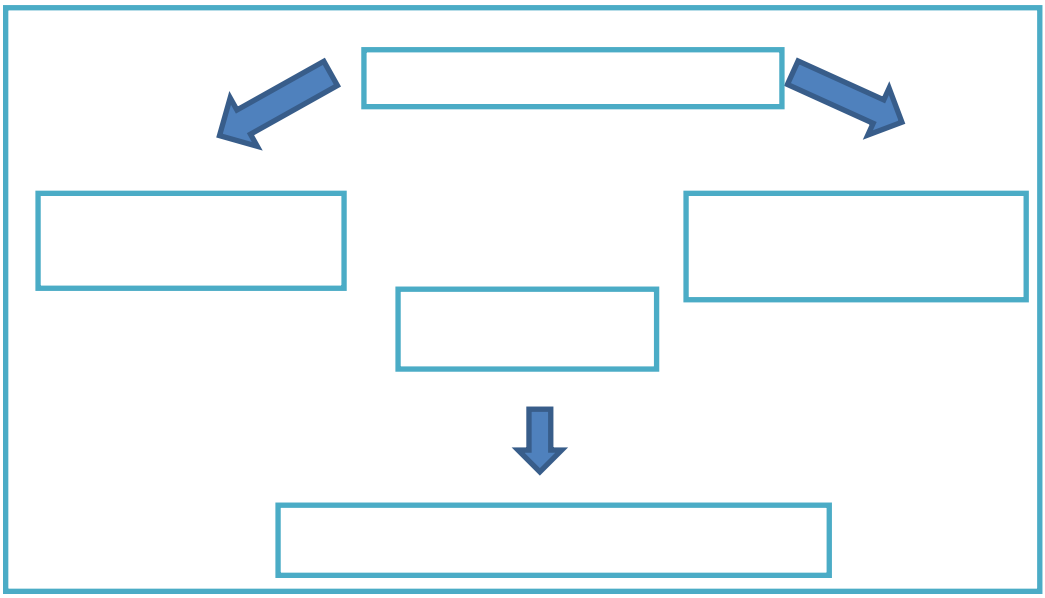


Figura No.6Porqué y quienes aplican la producción más limpia

Fuente: Guía del ahorro y uso eficiente del agua. Estrategias generales de producción más limpiaP.8

- Ahorro materiales, agua y energía
- Aumento de la productividad y la calidad de los productos
- Mejora en la tecnología
- Ahorros en la gestión y tratamiento de los residuos y emisiones
- Mejora de la imagen de la empresa
- Satisfacción de los crecientes requerimientos ambientales

Figura No.7 Ventajas y beneficios de producción más limpia
Fuente: Guía del ahorro y uso eficiente del agua. Estrategias generales de producción más limpia P.8

3.2.1.9. Estrategias para el ahorro y uso eficiente del agua

Una de las estrategias de PML para el uso eficiente de agua, es la cuantificación del recurso dentro de los procesos que generan bienes y servicios para satisfacer las necesidades del humano, que consiste en realizar el cálculo de un balance; para ser más eficaces en su forma de producción. (Guía de ahorro y uso eficiente del agua. (En línea)).

3.2.2. Origen de la huella de agua o balance hídrico

El origen de la huella agua o del balance hídrico se centra a partir de un documento generado por “Product Environmental FootPrint (PEF) Guide” que define una serie de huellas medioambientales; se utiliza el término de huella para informar sobre el uso, impacto y consumo, de un elemento físico como el agua por parte de un producto, bien o servicio.

Otra definición sobre el origen de la huella de agua , según la *Asociación Española de la Calidad (s.f.)* es que nació, como un indicador del uso del agua por el profesor Arjen Hoekstra de la UNESCO, en el año 2002;fue evolucionando y las distintas metodologías se fueron ampliando en varias publicaciones elaboradas por los colaboradores de la UNESCO.

3.2.2.1. Huella de agua o Balance Hídrico

Según *el programa de Naciones Unidas* se puede describir como un balance hídrico, el equilibrio entre todos los recursos hídricos que entran a un sistema y salen del mismo, con un intervalo de tiempo determinado, el balance hídrico en palabras más simples, es la cuantificación de las entradas y salidas de agua en cualquier tipo de procesos o área.

El balance hídrico, se puede definir según Conservación & Carbono (sf) como: un indicador de uso de agua que agrega el consumo directo e indirecto, que utiliza un productor o un consumidor y se describe como la cantidad total del volumen de agua que se utiliza parar generar un bien o un servicio.

El balance hídrico, mide el consumo de agua tanto a nivel directo como indirecto que realizan los consumidores y productores en distintos procesos, con el fin de aprovechar al máximo el recurso hídrico.

La importancia del balance no es el valor del anterior mencionado, sino determinar los impactos y las medidas a tomar, debido a la escasez de agua en estos tiempos, con la cual se ha estado tratando de implementar lo que es la reducción, mitigación y compensación de los mismos. (*http://www.guioteca.com)*

Para el cálculo del balance hídrico según la *Asociación Española para la Calidad (s.f),* se clasifican las fuentes de agua de la siguiente manera:

1. **Agua azul:** es el volumen de agua dulce consumida de las aguas superficiales y subterráneas

2. **Agua verde:** es el volumen de agua evaporada por los recursos hídricos

3. **Agua gris:** es el volumen de agua contaminada que está relacionado con la producción de bienes y servicios, el cual suele estimarse como la cantidad de agua que es necesaria para diluir los contaminantes de forma que se mantengan los niveles de calidad del agua, de acuerdo a los requisitos legales vigentes de cada lugar.

3.2.2.2. Balance hídrico de un proceso y un producto

El cálculo del balance hídrico de un proceso (Hoekstra 2009), incluye los balances hídrico azul, verde y gris. En el caso de la producción industrial el contenido de agua azul en un producto o servicio, es igual a la fracción de agua tomada de aguas superficiales que se evapora por lo tanto no regresa al sistema del cual proviene.

Según *huella hídrica, desarrollo y sostenibilidad en España (2011),* el balance hídrico de un producto es el volumen total que se utiliza directa o indirectamente para producir un producto.

Según *huella hídrica, desarrollo y sostenibilidad en España (2011),* en la realización del proceso se toma en cuenta el consumo de agua y su contaminación en las etapas de su producción; no tomando en cuenta el agua que es consumida cuando se utiliza un producto o aquella que es reutilizada.

3.2.2.3. Importancia y beneficios de realizar un balance hídrico o huella de agua.

Según *Conservación & Carbono (s.f),* los beneficios que se obtienen de realizar un balance hídrico o una huella de agua son:

- Eco-etiquetado en los productos y servicios
- Análisis de la sostenibilidad del consumo del recurso agua

- Se mejora la competitividad de sus productos y servicios
- Se mejora la imagen institucional al transmitir de manera clara el compromiso con el medio ambiente
- Se detectan costos evitables relacionados con el consumo de agua
- Se abre la posibilidad de mejorar los procesos

Según *Cegesti (2005),* los beneficios que pueden tener las empresas, al realizar un balance hídrico se enmarcan en tres puntos importantes siendo:

- ***Beneficios ambientales,*** siendo más eficiente en el uso de sus recursos.
- ***Beneficios para la empresa,*** reducción de costos al disminuir cantidades de agua o bien reutilizando el agua que purgan en sus procesos el *disminuirá el consumo inicial de del recurso.*
- ***Beneficios económicos,*** disminución de presupuesto al contabilizar y poder ser eficiente en el uso de reutilización del recurso hídrico.

Entre los beneficios ambientales se determinan según el *artículo de Florcert (S.f.):*

- Le da una mejor comprensión de los procesos de su cadena de suministro y las fuentes de consumo de agua y contaminación, así como los objetivos inmediatos y mejoras que se pueden hacer.

- Ayuda a desarrollar estrategias efectivas para reducir el impacto ambiental mediante la gestión de recursos escasos como el agua de manera más eficiente y muestra los costos y los beneficios de hacerlo
- Disminución de la contaminación ambiental con la mejora de la realización de sus procesos

Beneficios para la empresa según *Cegesti (2005):*

- Reducción de los incumplimientos legales, disminución de demandas ambientales o no cumplimiento de leyes nacionales

- Condiciones de trabajos más seguros
- Reducción de futuras responsabilidades

Beneficios económicos *Cegesti (2005):*:

- Aumento a la productividad mediante a la eficiencia
- Mejor aprovechamiento de la materia prima en los procesos de producción.

3.2.2.4. ¿Por qué calcular el balance Hídrico o huella de agua?

Según el *Centro del agua para América Latina y del Caribe (s.f.)* como principal factor de calcular el balance hídrico, es permitir mejorar los procesos y abordar con mayor entendimiento lo que es la gestión del recurso hídrico y a su vez las problemáticas de la escasez y la contaminación de las fuentes.

Según la *Red Peruana Ciclo Vida (2010)*para el estudio de la huella de agua es importante incorporar toda la cadena de producción y distribución del bien o servicio, se deberá de generar un diagrama de todo el proceso e identificar con precisión las entradas y salidas de los consumos de agua de ese proceso.

*3.2.2.5. Metodología del Centro de Producción más Limpia de Guatemala para la realización del balance hídrico (*este apartado esta transcrito textualmente del Centro Guatemalteco de Producción más Limpia debido a que es la única fuente de consulta autorizada por la empresa).

El Centro Guatemalteco de Producción más Limpia es una empresa, que su principal objetivo es promover temas de producción más limpia, que consiste en la eficiencia energética, consumo y producción sostenible, optimización sobre el consumo de agua, gestión de los desechos sólidos, en el sector público y privado que espera mejorar la

competitividad y el desempeño ambiental de Guatemala. (http://www.cgpl.org.gt/node/49#)

Uno de los servicios que ofrece el Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, es la optimización del consumo de agua, llamado balance hídrico, auditoria o huella hídrica para el cual utilizan la siguiente metodología:

a) Recorrido Físico

En el recorrido físico es de trascendental importancia la ubicación de los módulos en los que se determinará si el equipo de medición que la empresa posee se adecua a las instalaciones en las que se realizará el estudio, los equipos de consumo de agua, las conexiones entre cada uno de ellos, tipos de procesos y los parámetros de operación.

Durante la realización del recorrido físico dentro de la unidad, donde se efectuará el estudio es necesario identificar todas las entradas y salidas de agua, establecer los elementos de la distribución del sistema y cada proceso que se encuentre.

Al finalizar los recorridos físicos es necesario realizar un diagrama de flujo en el cual se debe mostrar los principales elementos de la distribución de agua incluyendo la fuente de suministro del sistema.

b) Revisión de información

En la revisión de información se verifica los datos de los equipos los cuales consisten en: parámetros de operación, horarios de uso, rangos de mediciones, plan de mantenimiento y el historial de los reemplazos de los equipos.

Es importante revisar los planos de las tuberías de la empresa, el historial sobre el consumo de agua, los indicadores de desempeño y los registros de los medidores de caudal existentes.

Se solicitará información sobre los parámetros de la calidad del agua, tomando en cuenta las entradas y las salidas de la misma y el descarte de las aguas residuales.

c) Balance hídrico

a) Identificación de entradas y salidas: En base a los recorridos físicos y ubicación del mapa de las instalaciones se identificaran cuáles son las entradas de agua de cada uno de los procesos y las salidas de los mismos, para poder llevar a cabo la cuantificación total del recurso hídrico y así realizar el balance.

b) Identificación de purgas: Las purgas de agua es la cantidad total del recurso que es desechado en cada uno de los procesos de producción

Las pérdidas de agua como las fugas son consideradas como parte del balance hídrico, pero la mayoría de tuberías de los procesos suelen ser visibles.

Las pérdidas de agua deberían ser notables y ser reparadas de inmediato si es que cuentan con un buen departamento de mantenimiento, mas no es así cuando existen tuberías que son enterradas y son difícil de ubicar.*(http://www.crc.gov.co/files/GestionAmbiental/RHidrico/Guia_MAVDT.pdf P-17)*

c) Cuantificación del consumo de agua total

a. La cuantificación total, se realizará al tener los consumos totales por área, incluyendo así la cantidad que se deseche por medio de purgas o fugas.

d) ***Cálculo del índice de productividad e intensidad:*** Los desempeños ambientales son indicadores de desempeño que ayudan a medir objetivamente el rendimiento de un recurso o el desempeño del proceso.

- Indicadores de productividad: el indicador de productividad se realizará tomando en cuenta el agua total consumida dentro del producto final obtenida del proceso, el cual estipulará la cantidad de producto por unidad de agua.

- Indicadores de intensidad: es el producto final obtenido dentro del agua total consumida dentro de los procesos. El cual indicará cuantas unidades de agua se necesitan por unidad de producto generado.

Para la realización del balance hídrico, es importante la realización del recorrido físico, para tomar en cuenta, de qué manera se va a cuantificar el total de agua, considerando la infraestructura del lugar, las condiciones en las que se encuentra para realizar las mediciones.

Verificar si existen medidores permanentes con sus calibraciones actualizadas, si se realizarán mediciones puntuales o mediciones de tipo promedio, si hubiese dificultar para su medición se puede estimar o calcular a partir de las condiciones de operación.

Verificar que tipo de medidor se utilizará para la toma de mediciones los cuales se pueden dividir en:

- ***Medidores volumétricos***: son medidores utilizados para las mediciones de agua en industrias y sistemas municipales este medidor opera bajo los principios de desplazamientos positivos, dentro de la cámara de medición posee un disco, cada ciclo permite pasar un volumen fijo de agua, que contabiliza el registro, logrando una medición precisa.
- (*http://www.aguayaire.com/MEDIDORES/mvplastico.pdf)*

  Los discos que poseen los medidores volumétricos transmiten magnéticamente al registro de medición y a la carátula, que están sellados herméticamente al vacío el cual no tiene contacto alguno con el agua.
  (*http://www.aguayaire.com/MEDIDORES/mvplastico.pdf)*

- ***Medidores ultrasónicos:*** están basados en el principio del tiempo de tránsito de una señal acústica a lo largo del flujo que es constante y puede ser alterado por la velocidad del fluido en el que se desplaza. (*Medidores ultrasónicos de flujo o de caudal. (En línea)).*

Los medidores ultrasónicos tienen como objetivo primordial la medición a través de la cuantificación de la velocidad del flujo, se trata de un medidor indirecto del caudal y puede aplicarse a conductos libres.

Según *Quiminet* Una de las ventajas de los medidores ultrasónicos es que son fáciles de portar, se adaptan a cualquier tipo de tubería, son capaces de medir flujos en ambas direcciones, no son intrusivos a la tubería, y su instalación es rápida y sencilla.

- ***Método por vertedero:*** según *el artículo de la academia.edu (s.f.)* los vertederos son simples aperturas, sobres las cuales desliza un líquido, se utilizan como instrumentos de medición de caudal más antiguo, simple y confiable para medir el flujo de agua de un canal si se dispone de suficiente caída y la cantidad de agua a medir no es grande.

  Los vertederos son instrumentos efectivos, en condiciones de flujo libre y régimen permanente, existe una relación definida entre la forma de la abertura; este método aplica para plantas de tratamiento y grandes industrias, según las características físicas de la salida del efluente.*(Medición de caudal por método de vertedero. Vertederos de la academia.edu. S.f. (En línea))*

Figura No. 8 Método de vertedero

Fuente: Medición de caudal por método de vertedero. Vertederos. sf. (En línea)

- ***Método volumétrico:*** según fluidos.eia.edu.co(s.f.) este método consiste en medir el tiempo que se utiliza en llenar un recipiente de volumen, el caudal es fácilmente calculable con la siguiente ecuación : Q= V/t

  Dónde:
  Q= es el caudal
  V= es el volumen del recipiente
  t= el tiempo en el que lleno

Al realizar el recorrido conocer o determinar la ubicación de los puntos de medición y verificar que sean de forma accesible para el tipo de medición que se realizará.

Es de suma importancia considerar el momento ideal en el cual se realizará la medición, más aun si se refiere a procesos que no son continuos.

En caso que los procesos sean dinámicos es recomendable realizar una serie de repeticiones de mediciones para obtener datos más representativos.

Cualquier fuga que se observe, debe reportarse inmediatamente al departamento de mantenimiento, para su pronta corrección, las fugas de agua en tuberías producen sonidos característicos, los cuales son posibles de detectar con equipo especializado.

Los dispositivos especiales son sensores que generalmente se unen a las piezas hidráulicas, tales como las válvulas de hidrantes, y la inspección se realiza de manera metódica alrededor del sitio; si los resultados al circular el agua son de forma silenciosos quiere decir que no existe fuga alguna. Alguna.
(http://www.crc.gov.co/files/GestionAmbiental/RHidrico/Guia_MAVDT.pdf P-17)

Los resultados obtenidos ingresarlos a los diagramas de flujo realizados con anterioridad.

Otras de las aplicaciones del balance de hídrico es la valoración económica, la evaluación de desempeño y el balance energético.

En la valoración económica es de importancia determinar los costos de:

- La cuota municipal del suministro de agua
- Los mantenimientos de los pozos de los cuales se extrae agua
- Precio del bombeo y el mantenimiento inicial del proceso.
- Aprovechamiento: el valor de los bombeos de agua, tratamientos (sustancias químicas, filtros, mano de obra, entro otros), control de calidad, costo del mantenimiento y las reparación de las tuberías
- Descarte: tarifas de tratamientos (gastos de la planta de tratamiento de agua, sustancias químicas, filtros, entre otros), mano de obra, multas por incumplimientos legales, tratamiento de lodos.

d) Resultados

En la determinación de resultados sobre el balance hídrico obtenido, se efectúan los siguientes pasos:

- Interpretación de los datos obtenidos en las mediciones
- Establecer objetivos y metas según los resultados
- Proponer recomendaciones que lleven a la empresa a una mejora continua

Al hablar de proponer recomendaciones se determinaran a cómo proceder según:

- Reúso externo
- Reducción de consumo de agua
- Reúso de forma interna
- Descarga cero
- Dar recomendaciones en el caso de que fuese una planta industrial el cual conlleva a reparar fugas, separar líneas de alta y baja presión de agua, realizar limpiezas con alta presión y bajo caudal, establecer equipos óptimos por operación; eliminar usos innecesarios en la operación del proceso, eliminar o reducir flujos constantes y recuperar o recircular el agua.

3.2.3. Medidor utilizado para la realización del balance hídrico en DARSA: Medidor ultrasónico Portátil Micronics PF 220

Según Micronics (sf) el medidor ultrasónico portátil PF 220 es un instrumento controlado por un microprocesador que funciona atraves de un sistema con pantalla LCD ; el cual se puede emplear para mostrar al instante la intensidad del caudal del fluido, junto con los valores totalizados, o bien puede utilizarse como registrador de datos.

El medidor ultrasónico Micronics PF 220 es utilizado en industrias de:

- Agua
- Servicios para edificios
- Manejo de energía
- Generación de energía
- Química
- Farmacéutica
- Petroquímica y
- Alimentos

Este tipo de medidor es recomendado principalmente para los siguientes tipos de fluidos:

- Agua potable
- Agua de río
- Enfriamiento de agua
- Agua desmineralizada
- Soluciones agua/glicol

- Aceite hidráulico
- Diésel y aceites combustibles
- Productos químicos
- Productos de petróleo

El medidor ultrasónico Micronics PF 220 puede utilizarse para los siguientes procesos:

- Auditorias de climatización
- Medidores para revisión de sistemas
- Verificación de bombas
- Evaluación /prueba de calentadores
- Detección de fugas
- Determinación de tamaño de filtros
- Medición de agua ultra pura
- Medición de condensado
- Balanceo de sistemas
- Evaluación limpia in situ
- Evaluación de sistemas hidráulicos

El medidor ultrasónico Micronics PF 220 funciona de forma simple el cual se define que es un medidor de tiempo de tránsito diseñado para funcionar con un par de transductores para proveer una medición precisa de los líquidos que fluyen dentro de las tuberías sin tener que insertar ningún tipo de partes mecánicas dentro del sistema.

La instalación toma pocos minutos lo cual cuando es instalado, el ultrasonido es transmitido entre los transductores, la velocidad a la que el sonido viaja a través del líquido se acelera ligeramente debido a la velocidad del líquido dentro de la tubería;

cuando el ultrasonido es transmitido de dirección opuesta, el flujo del líquido provoca una desaceleración en el sonido transmitido.

El medidor Micronics PF 220 tiene una capacidad para soportar temperaturas desde -4°F hasta 275°F y un diámetro de tuberías desde 2” a 32” de grosor.

3.2.4. Proceso de producción del alcohol a partir de la caña de azúcar.

Según el Centro de Biotecnología Industrial la materia prima más utilizada para el proceso de producción de alcohol son las melazas que se obtienen como producto de los procesos del cultivo de caña, una de las eficiencias en la producción de etanol a partir del jugo de este cultivo radica en utilizar el 100% de la sacarosa de la planta.*(Ver anexo figura 42 P.109*)

Según el Centro de Biotecnología Industrial los procesos para la obtención del alcohol son:

- **Acondicionamiento:**

  Este procedimiento consiste en el lavado inicial de la caña y la trituración donde se extrae el jugo azucarado con agua, retirando como subproducto el bagazo que se puede ser utilizado en la generación de vapor.

  En el proceso de filtrado se debe de retirar el bagazo sobrante a proceso de extracción del jugo de la caña de azúcar denominada cachaza, al finalizar el jugo extraído es esterilizado y es concentrado en el pre-evaporador a 22° brix, el cual debe de ingresar con un contenido de azucares de 120-180 galones por litro**.** (*Centro de Biotecnología Industrial 2010.)*

- **Preparación del cultivo de levaduras:**

  En este proceso se prepara un caldo de cultivo donde se agregan los nutrientes necesarios para la supervivencia del cultivo de levaduras que se realizarán en el siguiente proceso. La levadura antes de ir al proceso de fermentación recibe un tratamiento, el cual consta de la dilución con agua y adición de ácido sulfúrico, en

donde el pH es de 2.5; la suspensión de fermento diluido y acidificado denominada como el pre-fermento permanece en una agitación continua de una a tres horas antes de ingresar a los fermentadores. (*Centro de Biotecnología Industrial 2010)*

- **Fermentación:**

En base a *Proyecto Preliminares para Plantas* Industriales la fermentación del alcohol se realiza de forma cerrada por cualquier carbohidrato rico en substratos; la melaza licor producido permanece después de la cristalización de la sucrosa y es usada normalmente como la materia primera en los procesos de fermentación.

El alcohol etílico también puede ser producido por medio de la fermentación de almidón, suero o licor de desechos de sulfito.

- **Descripción del proceso de fermentación según *Proyectos Preliminares para Plantas Industriales*:**

1. Transporte y almacenamiento de la melaza: La melaza obtenida desde una fábrica distribuidora es transportada vía transferencia de tuberías o carros de almacenamiento a la planta de procesamiento de alcohol etílico. La melaza es colocada en un tanque de almacenamiento de concreto bajo tierra por bombeo de la melaza.

Cuando el proceso ha comenzado, la melaza almacenada será bombeada en un contenedor o vasija de disolución para ajustarlo a una concentración adecuada.

2. Preparación de la melaza: La melaza es bombeada dentro del tanque medidor a través de un bombeo desde el tanque bajo tierra el cual recibe el material directamente desde el tanque de almacenamiento por transferencia de tuberías.

Después que la melaza es medida exactamente, fluye hacia el tanque de disolución de la melaza. Debido a su resistente concentración de azúcar, la melaza no soporta una fermentación directa, por lo tanto primero debe ser diluido a la concentración deseada.

Este es llamado masa o templa, y presenta los carbohidratos listos para la inoculación o vacunación de los cultivos de semillas. (*Proyectos Preliminares para Plantas Industriales Sf.)*

3. Estación de cultivo de granos: La estación es equipada con un fermentador piloto en conjunto con el equipo de cultivo de granos y los instrumentos de cultivo diseñados especialmente.

Este proceso es realizado bajo una exacta supervisión de laboratorio, incluyendo la selección de la inoculación de los granos de levadura, la adición de nutrientes, el ajuste del pH, el control de temperatura, y finalmente la limpieza y esterilización de la máquina de cultivo de levadura para la realización del siguiente lote. (*Proyectos Preliminares para Plantas Industriales Sf.)*

4. Fermentación y destilación:

La fermentación proceso anaeróbico realizado por las levaduras y algunas bacterias; estos microorganismos transforman el azúcar en alcohol etílico y dióxido de carbono. Este proceso, comienza después de que la glucosa entra en la celda. La glucosa se degrada en un ácido pyruvic y luego se convierte en CO2 y etanol.(http://www.tempeh.info/es/fermentacion-alcoholica.php)

Se utiliza el jugo obtenido de la filtración pasa a ser fermentado donde se le adiciona una bacteria para acelerar el proceso según *Marins Pons & Asociados, S.R.L*.

Según el *Centro de Biotecnología Industrial*los fermentadores están conectados por tuberías para una operación de fermentación continua. Esta estación tiene un control automático de temperatura, velocidad de flujo, operación de templado y operación de alimentación. Usualmente el ciclo de fermentación dura de dos a tres días.

Según el *Centro de Biotecnología Industrial* después de obtener el vino fermentado resultado del proceso anterior, es pasado al área de destilación donde se obtiene un alcohol a un 50% de concentración seguidamente se realiza un proceso de rectificación con tamices moleculares el cual entrega como producción un alcohol al 80% de concentración.

VI. METODOLOGÍA

Para realizar la presente investigación, se realizaron 10 pasos metodológicos, los cuales se resumen en la figura nueve.

Figura No. 9 Metodología utilizada para la realización del balance hídrico
Fuente: Autor (2015)

4.1. Recorrido general en las instalaciones de –DARSA-

El recorrido por las instalaciones fue necesario para la identificación de todos los procesos y la verificación de las líneas de producción que utilizan agua para su funcionamiento.

Las áreas en las cuales se realizaron los recorridos son:

- planta de agua
- caldera
- pozos
- fermentación
- destilación

4.2. Actualización del croquis de las tuberías de agua en los procesos

Utilizando el mapa general de las instalaciones de la empresa, en el cual se encontraban ubicadas las tuberías de vapor, vino, vinaza, agua, ácido entre otros, se verificó por medio de recorridos en los procesos que no existieran modificaciones de las líneas del mapa con las tuberías en campo.

Al final de los recorridos se procedió a actualizar el croquis, indicando la ubicación de las líneas de agua de cada uno de los procesos, identificando las entradas y salidas de recurso hídrico.

4.3. Delimitación de las áreas donde se efectuó la medición

De las líneas de agua que posee el proceso de producción de alcohol, se delimitaron las áreas que indican las entradas y salidas del recurso, con el fin de llevarse a cabo las mediciones, parala obtención de los datos necesarios en la ejecución del balance de hídrico.

4.4. Ubicación de los puntos para realizar las mediciones del caudal de agua

En base a los recorridos realizados, se determinó la ubicación de los puntos en las tuberías de los procesos de producción que fueron medidos.

Para poder determinar la ubicación de los puntos de medición, las tuberías debían tener una distancia mínima de 0.5 metros sin estructura metálica o material que interfiriera con la señal del medidor de caudal.

Al tener ubicados los puntos que se midieron, se rotularon para poder identificarlos por orden y poder realizar en un futuro el balance nuevamente. *(Ver figura No. 33-35 página 106)*

4.5. Prueba del funcionamiento del medidor

En base a la lectura del manual de funcionamiento del Medidor Ultrasónico Micronics PF 220 se verificó que el equipo incluyera un bloque de prueba cuyas utilidades son para verificar el funcionamiento del equipo (señal de sensores, cables y transductores).

En el monitor del medidor se seleccionó la opción de inicio rápido, introduciendo los datos que la tabla del manual proporcionaba, para esta prueba se utilizaron los parámetros del sensor tipo B que posee el equipo que se detallan en el cuadro uno:

Cuadro No. 1Datos para prueba de funcionamiento de sensores tipo B

Parámetro	Sensor B
Diámetro de la tubería	50 mm
Grosor de la pared de la tubería	22 mm

Material de la pared de la tubería	Plástico
Tipo de fluido	Agua
Modo	Diagonal
Temperatura	20°C
Grosor del revestimiento de la tubería	0 mm

Fuente: Manual de usuario caudalímetro Portaflow 220

Se procedió a ingresar los datos del cuadro uno en el monitor, y la pantalla indicó que la distancia de separación entre los sensores para la prueba era de 2.3 pulgadas. La separación asignada permite una mayor cobertura de señal de los mismos.

Se le aplicó grasa sintética (tres milímetros) a cada sensor y se aseguraron con bandas elásticas para evitar el movimiento de los sensores.

El medidor cuenta con sensores que están conectados al monitor por medio de cables, para verificar la correcta conexión, el cual debe tener como mínimo 33% de señal, lo cual se comprobó antes de realizar la toma de datos. Posterior a ello se tomaron las lecturas de caudal registradas por el caudalímetro.

4.6. Determinación del diámetro, grosor y el tipo de material de la tubería de cada proceso

Para la realización de las mediciones fue necesario determinar los tipos y tamaño de tuberías que se utilizan en los procesos de –DARSA- , y así poder ingresar los datos exactos al medidor.

La determinación del tamaño del diámetro y grosor de la tubería se realizó por medio de:

- La ubicación de las tuberías de cada proceso, determinando el grosor de la pared del conducto con la utilización de un medidor de espesor digital y verificar con el personal de mantenimiento el diámetro y tipo de material de fabricación de las mismas. *(ver cuadro No.33 página 98)*

4.7. Realización de las mediciones de caudal

Para asegurar la confiabilidad, se realizaron cuatro repeticiones con un lapso de cinco días entre cada una. Las mediciones de caudal realizadas en los procesos de DARSA, fueron obtenidos por medio de dos tipos de metodologías, las cuales son:[1]

4.7.1. Datos obtenidos a partir del uso del medidor Micronics PF 220

Las medidas obtenidas através del medidor ultrasónico de la empresa, se realizaron en tuberías con diámetros y temperaturas permitidas y un rango de flujo de 0.1 m^3/segundo a 20 m^3/segundo.

La metodología utilizada para recolectar información por medio del medidor ultrasónico portátil es la que se presenta a continuación:

1) Determinación del área y tubería

2) Verificación de tubería en cuanto a la eliminación de dispositivos que interfieran con la señal de los sensores (codo, tubería T, válvulas, etc.)

[1]Se realizaron cuatro repeticiones debido a que estadísticamente a mayor pruebas realizadas, menor probabilidad de error en las mediciones existirá, aunque a criterio técnico de la empresa requería únicamente dos repeticiones

3) Se introdujeron para la toma de datos: diámetro, longitud, material de la tubería, temperatura y tipo de líquido que atraviesa.

4) Con las barras de separación se colocaron los sensores con la distancia indicada para los transductores y se asentaron con los tornillos de fijación. [2]

5) Los transductores para mayor precisión en los resultados se colocaron a 45° del centro de la tubería, debido a posibles sedimentos en los líquidos. Se preparó la tubería: eliminando todo tipo de grasa, material suelto o pintura descascarillada para poder obtener una superficie más lisa.

6) En cada riel de los transductores, se sujetaron los extremos con cadenas asegurando que queden tensas a la tubería al 100%.

7) Se deslizó la cubierta protectora del transductor completamente hacia el exterior, a los dos sensores se le aplicóuna capa aproximadamente de tres mm de gel de acoplamiento y se colocaron correctamente dentro de las cubiertas para poder fijarlos y evitar la caída de estos impidiendo que el movimiento afecte la señal de los sensores.

8) Se conectaron los sensores con los cables que tiene el medidor de caudal, un cable es de boquilla color azul y el segundo es de color rojo.

9) El cable rojo se conectó al sensor con la dirección de flujo ascendente y el cable de color azul con la dirección de flujo descendente.

10) Se procedió a verificar en el monitor la intensidad de señal que detectan los sensores, para corroborar la correcta conexión de los mismos, los datos pudieron ser considerados válidos, al momento que la señal del indicador contaba con un mínimo de tres líneas (50% de señal).

[2] La distancia en la que se colocaron los transductores variaron según el tipo y tamaño de tubería con la que se estaba trabajando en el área.

11) Si la señal era la adecuada, se tomaban tres lecturas del flujo que estaba pasando por la tubería.

Las mediciones se realizaron durante el horario laboral de la empresa el cual es de 7:00 a.m. a 16:00 hrs, en fechas del día dos de septiembre al 10 de octubre del año 2014.

4.7.2. Medición de caudal de tuberías, utilizando el método volumétrico

Para la medición de caudal en áreas donde fue imposible el uso del medidor ultrasónico debido a que las tuberías tenían dispositivos que interferían con la señal, se utilizó el método volumétrico el cual consiste en medir el tiempo en el que llenaba un recipiente de volumen conocido.

En esta práctica se utilizaron recipientes con medida de un galón y una cubeta con medida de cinco galones, con lo cual se midieron en base a la siguiente ecuación:

Cuadro No. 2Ecuación para determinar el caudal de una tubería

Ecuación para determinar el caudal
Q=V/t
Para lo cual: Q= caudal V= volumen del recipiente t= tiempo en el que ocurre el llenado

Fuente: Métodos de aforo de corrientes naturales de agua más utilizado. s.f. Aforo Volumétrico. (En línea).

Materiales:

- Cubeta
- Cronómetro

- Libreta de campo
- Lápiz
- Cámara fotográfica

Para utilizar este método se efectuó el siguiente procedimiento:

- Se verificó que el área donde se realizaron las mediciones tuviera la desembocadura correcta para poder colocar el recipiente
- Se confirmó la capacidad exacta de la cubeta
- Se corroboró que el cronómetro estuviera a cero para iniciar la toma de tiempo
- Con ayuda del operador de planta de agua se iniciaron las mediciones de la siguiente manera:
- Se colocó la cubeta en el área de la desembocadura
- Con el cronómetro se tomó el tiempo en el que se llenó la cubeta
- Al llenar por completo la cubeta con agua, se detuvo el cronómetro
- Se anotó en la libreta de campo los galones que tiene la cubeta que se utilizó y el tiempo exacto con el cual tardó en llenarse la misma
- Se realizó el procedimiento anterior cuatro veces.

4.8. Análisis de datos

Por medio del análisis de datos se obtuvo el balance de agua. Previo al análisis de los valores obtenidos se debió solicitar en cada área la siguiente información:

- tipo de operación
- horarios de uso
- planes de mantenimiento
- días de labor
- producto final de cada área para poder realizar el balance hídrico con el consumo de entrada de agua.

La información que se solicitó se obtuvo por medio de entrevistas, las cuales se describen a continuación:

Cuadro No. 3Entrevista a operadores de planta de agua

Entrevista a operadores de agua:
1) ¿Cuántas horas al día extraen agua de los pozos para el almacenamiento del tanque que alimenta los procesos?
2) ¿Cuántas horas al día trabaja cada proceso de la planta de agua?
3) ¿Cuántos días en total al año la planta de agua está en paro de funcionamiento?

Fuente: Autor (2015)

Cuadro No. 4Entrevista a operadores o supervisores del área de producción

Entrevista a operadores o supervisores de producción de turno (procesos de fermentación y destilación):

1) ¿Cuál es el horario del funcionamiento de cada proceso?
2) ¿Cuántos días en total al año la planta de los procesos está en mantenimiento?
3) ¿Cuál es el producto final de cada área de proceso?
4) ¿Qué porcentaje de alcohol posee el producto final que sale de los procesos?

Fuente: Autor (2015)

Cuadro No. 5Entrevista a operadores del área de caldera

Entrevista a operadores de caldera:
1) ¿Cuáles son los horarios de funcionamiento de la caldera?
2) ¿Cuánta es la cantidad de agua que ingresa a la caldera, para comparación de resultados?
3) ¿De dónde específicamente proviene el agua que entra al proceso de la caldera?

Fuente: **Autor (2015)**

Al finalizar la recolección de datos requeridos del proceso, se debe de restar a la entrada total de agua al proceso, el agua utilizada o pérdida en la producción. Las cuales son:

- Cantidad de agua perdida (fugas, derrames o purgas) del proceso.
- Agua utilizada para la mezcla de producto.
- Agua que es reutilizable al final del proceso.

4.9. Redacción del informe final y presentación de resultados

En base a la información adquirida en los análisis de datos se prosiguió a redactar los resultados que el balance de agua requiere para su conclusión

4.9.1. Elaboración de diagramas de flujo

- Se interpretaron los datos obtenidos de los recorridos realizados para determinar las líneas de procesos que circulan en DARSA.

- Se elaboraron los diagramas de flujo de las entradas y salidas de agua de cada proceso en DARSA, incluyendo los datos respectivos a la dimensional de galones/mes.

4.9.2. Balance gráfico

- Se analizaron los datos obtenidos de la realización del balance hídrico en DARSA.

- Se realizaron las gráficas de resultados obtenidos del balance hídrico realizado a cada proceso en DARSA, definiendo entradas y salidas del mismo.

- Se interpretó cada una de las gráficas obtenidas como resultado del balance, con lo que se determinó la cantidad de agua utilizada para los diferentes procesos.

4.9.3. Cuadros de resumen de datos

- Se redactaron cuadros de resumen con dos columnas que indicaron todas las entradas y salidas de agua de los procesos dado en galones/mes y galones/ año.

4.9.4. Indicador de productividad

El indicador de productividad se obtuvo utilizando la siguiente ecuación:

Cuadro No. 6Fórmula para el cálculo del indicador de productividad

Indicador de Productividad
$IP = \frac{Agua}{Producto}$
Dónde: Agua: entrada total de agua Producto: es el producto total de salida.

Fuente:Autor (2015)

Este indicador se utilizó para comparar entre diferentes sistemas que a mayor indicador de producto mejor es el método de producción.

4.9.5. Indicador de intensidad

El indicador de intensidad se obtuvo de la siguiente forma:

Cuadro No. 7 Fórmula para el cálculo del indicador de intensidad

Indicador de intensidad
$II = \frac{Producto}{Agua}$

Dónde: Producto: es el total de producto que sale Agua: entrada total de agua

Fuente: Autor (2015)

Este indicador permitió obtenerla cantidad de unidades de agua que se necesitan por unidad de producto generado.

Así mismo, contribuyó a la medición de la eficiencia del método que la empresa utiliza para la fabricación de su producto si este dato es menor al indicador de productividad.

V. RECURSOS

A continuación se describen los recursos humanos y físicos que fueron necesarios para llevar a cabo la metodología.

5.1. Recursos Humanos

- Estudiante EPSIGAL
- Gerente de mantenimiento y operaciones
- Ingenieros de turno del área de producción
- Jefe de aseguramiento de calidad
- Jefe de control de calidad
- Operador de caldera
- Operador de mantenimiento
- Operador de planta de agua
- Planeador de mantenimiento

5.2. Recursos Físicos

- Calculadora
- Cámara fotográfica
- Computadora
- Cronómetro
- Grasa sintética
- Impresora
- Internet
- Lápiz
- Medidor de espesor portátil
- Medidor de temperatura láser
- Medidor ultrasónico portátil

- Papel
- Recipiente de 1 galón
- Recipiente de 5 galones

Para la realización de la presente investigación fue necesaria la compra del medidor ultrasónico portátil y la grasa sintética, por ser los únicos dos materiales con lo que la empresa no contaba.

VI. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Cuadro No.8Presupuesto del balance hídrico realizado en DARSA

Destiladora de Alcoholes y Rones S.A.					
Presupuesto de balance de agua					
					Moneda Quetzal
Concepto	cantidad		Costo Unitario	Sub-total	total
	No. Personas	No. Días			
Honorarios					
operadores	2	20	Q. 93.00	Q 3,720.00	Q 3,720.00
				0	0
				0	0
			Sub-total Honorarios	Q 3,720.00	Q 3,720.00
Materiales/Equipo					
Medidor Ultrasónico			Q56,000.00	Q 56,000.00	Q 56,000.00
Grasa Sintética	2 unidades		Q60.00	Q 120.00	Q 120.00
			Sub-total Materiales /Equipo	Q 56,120.00	Q 56,120.00
				Totales	Q 59,840.00

Fuente: **Autor (2015)**

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Información general del área de estudio.

El estudio se realizó en las instalaciones de Destiladora de Alcoholes y Rones S.A. (DARSA), ubicados en el kilómetro 4.5 ruta al municipio San José La Máquina, Suchitepéquez, utilizando un medidor de caudal tipo ultrasónico Micronics PF 220.

DARSA, para la realización de sus distintos procesos requiere de recurso hídrico, para lo cual es necesario la extracción de agua de tres distintos pozos los cuales son denominados dentro de la empresa como:

- Pozo SBI-17 (área final de transportes Ingenio Tululá)
- Pozo SBI-117 (área de BIOMETANO)
- Pozo SBI-217 (área de predio agrícola Ingenio Tululá)

Los pozos mencionados anteriormente alimentan el tanque de almacenamiento STI- 01 el cual suministra las líneas que distribuyen agua en los distintos procesos que la empresa realiza, incluyendo la distribución de agua a la empresa CARBOX y BIOMET (planta de producción de biometano).*(Véase en figura No.10 página 56)*

Haciendo referencia que el pozo SBI-217 no alimenta únicamente el tanque STI-01,previo a su alimentación, sustenta las entradas a la torre de enfriamiento del área de destilación de DARSA y una tubería que en época de zafra alimenta las torres de enfriamiento del ingenio Tululá, ubicado en el mismo complejo.

El pozo SBI-117 es utilizado únicamente en época de zafra y en el tiempo que se tiene en descanso el pozo SBI-217. La demanda de extracción del pozo antes mencionado no es de forma continua, ya que trabaja únicamente cuando los procesos requieren mayor cantidad de agua.

Las líneas de consumo del recurso hídrico de la empresa para la ejecución de sus procesos son:

- Línea de servicios
- Línea de diluciones
- Línea de procesos
- Línea carbox
- Hidrantes y otros

Los horarios de extracción de los pozos que alimentan el tanque STI-01 son:

Cuadro No.9Horarios de funcionamiento de los pozos que alimentan el tanque STI-01

Horarios de funcionamiento de los pozos que alimentan el tanque STI-01	
pozo SBI-17	20 horas al día
pozo SBI-217	24 horas al día
pozo SBI-117	únicamente en tiempo de zafra

Fuente: Autor (2015) con base a los horarios del funcionamiento de los pozos de DARSA

Como anteriormente se describe, DARSA para la fabricación de su producto final, necesita la realización de distintos procesos, los cuales utilizan distintas líneas de consumo de agua, alimentadas de un tanque en común que es el STI-01, para lo cual fue necesario la ejecución del balance hídrico por cada una de las líneas antes mencionadas.

El tanque STI-01 es alimentado por dos pozos los cuales son SBI-17 y SBI-217, según mediciones realizadas, estos pozos producen:

Cuadro No. 10 Mediciones de la extracción de agua de los distintos pozos de DARSA en gal/mes

POZO	PRODUCCION (GALONES/MES)
SBI-17	25,177,600
SBI-217	13,985,055

Fuente:Autor (2015) en base a las mediciones realizadas en los pozos de la empresa

La producción total del pozo SBI-217, es utilizado para la alimentación del tanque STI-01; 5,136,495 galones/mes de la extracción total son utilizados en las torres de enfriamiento del área de destilación de DARSA. Por lo que podemos indicar que el tanque STI-01 es alimentado con 34,026,160 galones / mes.

La entrada de agua al tanque de repartición STI-01 se distribuye de la siguiente manera:*(véase figura No.11 página 60)*

Cuadro No.11Distribución del agua del tanque STI-01

Distribución de agua del tanque STI-01	
área	**gal/mes**
línea de servicios	7,188,300
línea de procesos	11,047,260
línea de diluciones continua	9,602,040
línea de diluciones de ron pesado	2,812,950
línea de carbox	2,115,540
línea de hidrantes y otros	1,260,070
total	**34,026,160**

Fuente:Autor (2015) a través de las mediciones de caudal con el medidor ultrasónico PFF 220

El cuadro anterior describe la distribución en galones por mes que realiza el tanque STI-01 para sus distintas líneas.

7.1.1. Descripción del funcionamiento de las líneas de consumo de recurso hídrico de DARSA.

7.1.1.1. Línea de servicios*(verificar en la figura No.14 Pag.65)*

- El proceso de la línea de servicios es dinámico en la demanda del recurso que requiere la planta de agua, variando la cantidad que se necesita de acuerdo al funcionamientodel área.
- Esta línea es alimentada por el tanque STI-01 por una cantidad de 7,188,300 gal/mes

- Filtros multimedia
- La alimentación del recurso hídrico a la planta de agua, da inicio con el proceso de filtros multimedia con una cantidad de 7,329,420 gal/mes.
- Suavizadores
- De los filtros multimedia ingresa a los suavizadores 6, 718,320 gal/mes.
- Tanque de agua suave
- Ingresa un volumen de 4, 554,400 gal/mes al tanque de agua suavizada, en este proceso el agua de entrada disminuye ya que este tanque es de almacenamiento y debido a que la presión de agua que éste proceso requiere es menor a la de los procesos anteriores, lo cual hace que la entrada a este tanque disminuya.
- Ósmosis
- El ingreso de agua a la ósmosis es de 5,633,145 gal/mes, el cual se desglosa de la siguiente forma: una purga que la ósmosis realiza dirigido al tanque CIP de aproximadamente 1,580,355 gal/mes;271,215 gal/mes son utilizados para preparación de salmuera en lo que entra a los procesos de succión de sal que ocurre aproximadamente 40 minutos al día y el desaguado de sal que se realiza en 14 minutos al día, que se dirige a un drenaje que posee planta de agua y el ingreso al tanque de agua permeada es de 3,781,575 gal/mes a lo cual se le suma el total que ha ingresado anteriormente al proceso de la ósmosis.
- Tanque de agua permeada
- El tanque de agua permeada es alimentado por dos líneas, una de ósmosis que es de 3,781,575 gal/mes y una segunda de agua condensada que proviene del área de destilación con una cantidad de 3, 525,795 gal/mes, lo cual hace un total de 7,307,370 gal/mes de entrada al tanque de agua permeada.
- Tanque desareador
- El tanque desareador es un tanque que únicamente se alimenta para cubrir un porcentaje de vacío de agua, lo cual demanda 4,757,602.5 gal/mes; la cantidad de agua que este tanque requiere dependerá del total de agua que la caldera necesite para la generación de vapor, la caldera es alimentada en un lapso de 9 horas al día.

- Caldera

- La caldera tiene un consumo mensual de 9,128,700 gal/mes de los cuales se determina una purga de 347,550 gal/mes en el área. El resultado final del proceso de planta de agua es la producción de 66,000 libras de vapor saturado en la caldera Caldema, la cual trabaja 24 horas del día.
- La línea de servicios trabaja aproximadamente 18 horas al día, 350 días al año a excepción del proceso del tanque desaireador y del proceso de la caldera.

7.1.1.2. Línea de procesos

Dichas líneas son las utilizadas para alimentar agua en el proceso de fermentación del vino. Los procesos que alimenta esta línea son:

- Antiespumantes
- Alimentación a nutrientes
- Área de pre-fermentadores
- Torre de enfriamiento del área
- Torre Marley (deshidratador de alcohol)
- Área de centrifugas

Esta línea es la encargada de la alimentación del edificio administrativo y jardines de DARSA el cual no es posible la cuantificación.

La línea de procesos es una línea que se alimenta 24 horas al día durante 350 días al año.

Para la realización del balance hídrico en esta área se calcula la sumatoria del agua que entra en el área de diluciones de carga continua, el cual se toma en cuenta el producto final que es el vino que se produce mensualmente, sumándole las purgas que salen del área de fermentación y los lavados de columnas que realizan de forma esporádica.

7.1.1.3. Línea de diluciones

Las líneas de diluciones son en total dos líneas las cuales son alimentadas por el tanque STI-01 que se dividen de esta manera:

- **Línea de diluciones de carga continua**, es la línea encargada de diluir la melaza que se produce y entra al proceso de fermentación para la fabricación de vino; los horarios de alimentación de agua para esta línea son de 24 horas al día, 350 días al año.

- **Línea de diluciones de ron pesado**, los horarios de proceso y de alimentación oscilan en un promedio de seis horas al día según sea su demanda durante 350 días por año.

7.1.1.4. Tanque de CIP (agua de retorno)

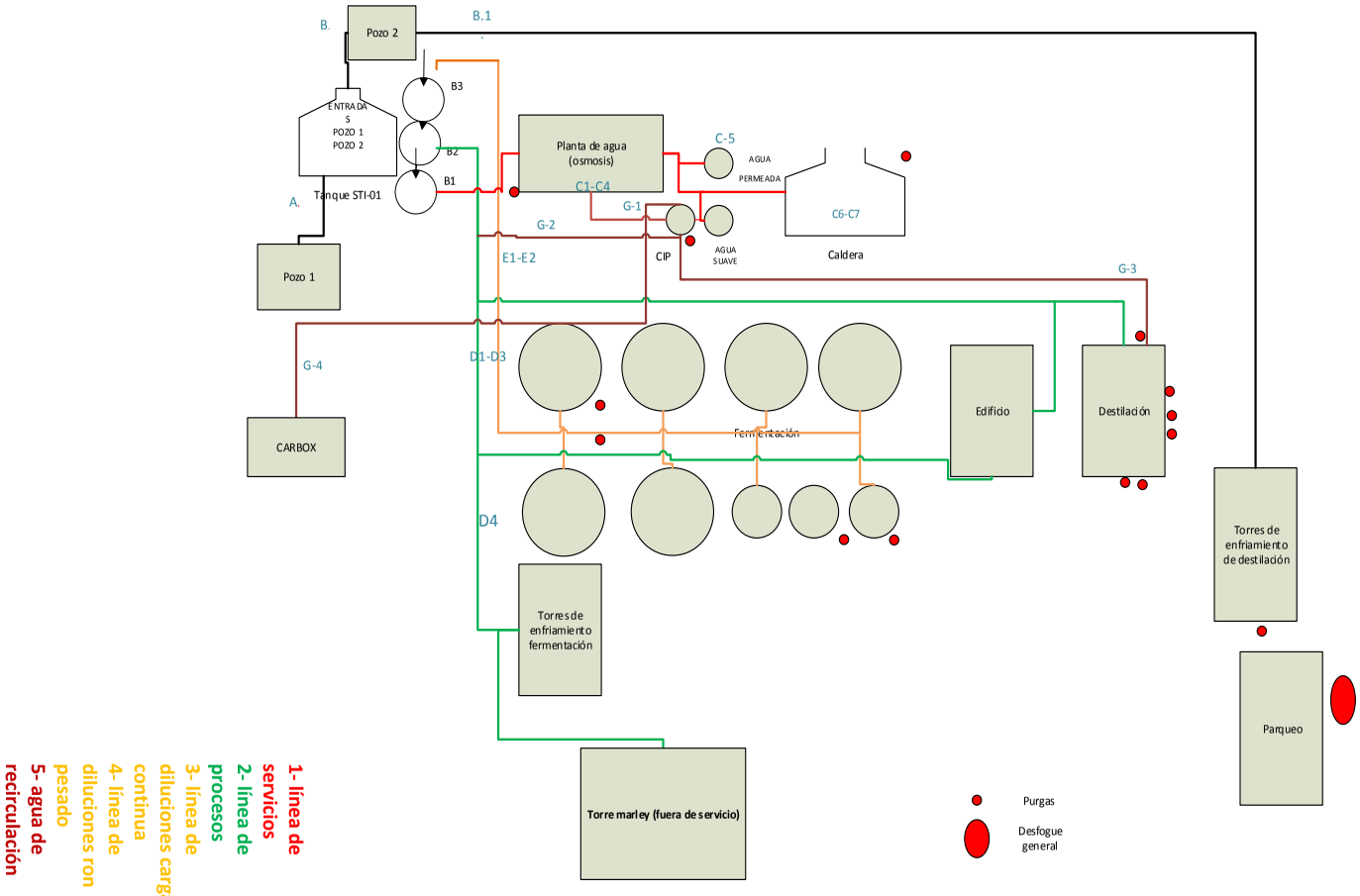
El tanque de CIP, es un tanque utilizado para el almacenamiento de agua de reúso, el cual es alimentado por:

- La línea de procesos (alimentación al tanque seis horas al día 350 días del año)
- Línea de servicios (alimentación de 18 horas al día 350 días del año)
- Línea de carbox (alimentación de 12 horas al día 350 días del año)
- Línea del área de destilación (alimentación 24 horas al día 35 días del año)

El tanque de CIP es alimentado de la línea de procesos en un lapso de 6 horas al día, por la flemaza del área de destilación y agua de retorno de lo que son los procesos de la ósmosis y de la línea de carbox.

El tanque de CIP maneja un rebalse de aproximadamente seis horas al día el cual es un dato variable debido a que cuando lavan tanques de ron no existe rebalse. Cuando se realiza el lavado de los tanques de ron es necesaria la alimentación de la línea de procesos.

7.2. Croquis de las líneas de agua del proceso de DARSA



1- línea de servicios
2- línea de procesos
3- línea de diluciones carga continua
4- línea de diluciones ron pesado
5- agua de recirculación

Figura No.10 Croquis de las líneas de agua del proceso de DARSA
Fuente: Autor del documento (2015)

La figura 10, presenta el croquis de las líneas de agua utilizado en cada proceso de DARSA, mismo que fue obtenido del croquis general y la actualización por medio de recorridos.

7.3. Delimitación de los puntos de medición.

Cuadro No.12 Puntos de medición de las áreas delimitadas para la realización del balance hídrico

Puntos de medición		Medición de purgas y rebalses	
A.	pozo 1		
B.	pozo 2		
B.1.	torre de enfriamiento destilación	*B.1.	purga torre destilación
B.2.	entrada a tanque STI-01		
C.	SUMINISTROS DE LÍNEA DE SERVICIOS		
C.1.	filtros		
C.2.	suavizadores		
C.3.	tanque de agua suave		
C.4.	ósmosis	*C.4.	rechazo a tanque CIP
			purga por proceso de salmuera
C.5.	tanque de agua permeada		
C.6.	tanque desareador		
C.7.	caldera	*C.7.	purga
D.	LÍNEA DE PROCESOS		
		*D.	Purga lavado de fermentadores
D.1.	centrifugas	*D.1.	purga centrífuga
D.2.	enfriamiento de motores	*D.2.	purga de enfriamiento
		*D.2.1.	purga de enfriamiento
D.3.	área de propagadores, germindores, inóculos		
D.4.	torre de enfriamiento fermentación y tanques de ron		
E.	LÍNEA DE DILUCIONES		
E.1.	línea de diluciones carga continua		
E.2.	línea de diluciones ron pesado		
F.	DESTILACIÓN	*F.1.	purga 1 (flemaza)
			purga 2
			purga 3
			purga 4
			purga 5
G.	ENTRADA TANQUE CIP		*G. rebalse CIP
G.1.	ósmosis		
G.2.	línea de procesos		
G.3.	destilación		
G.4.	carbox		
		*H.1	purga desfogue general (parqueo)

Fuente: Autor (2015) en base a los puntos delimitados para realizar las mediciones

La delimitación de los puntos de medición se realizó en base a los recorridos físicos realizados en la empresa, los cuales determinaron entradas y salidas de cada una de las líneas de consumo del recurso hídrico.

7.4. Balance Hídrico del consumo general del recurso hídrico en DARSA

7.4.1. Datos obtenidos de las mediciones realizadas en las áreas de entradas generales al tanque de STI-01

Las mediciones que a continuación se presentan fueron obtenidas por medio de mediciones realizadas con un medidor de flujo ultrasónico Micronics PF 220.

Cuadro No. 13Mediciones realizadas para la ejecución del balance hídrico del consumo general en DARSA

Mediciones utilizadas para la realización del balance hídrico del consumo general en DARSA (gal/min)				
Entrada al tanque STI-01 pozo 1				
	Medición A	Medición B	Medición C	Medición D
1	806.2	680.9	693.6	671.09
2	803.2	698	698.9	678.13
3	664	715.8	701.54	680.3
promedio	757.80	698.23	698.01	676.51
Entrada a Tanque STI-01 Pozo 2				
	Medición A	Medición B	Medición C	Medición D
1	375.8	110.7	255.3	102.4
2	374.3	107.5	250.8	104.6
3	375.1	112.4	255	104.3
promedio	375.07	110.20	253.70	103.77
Entrada a torre de destilación				
	Medición A	Medición B	Medición C	Medición D
1	20.8	199.8	61.1	198.34
2	21.35	197.4	79.08	199.34
3	21.03	196	74.16	199.2
	21.06	197.73	71.45	198.96

Línea Servicios				
	Medición A	Medición B	Medición C	Medición D
1	230.1	228.45	221.04	232.5
2	239.7	218.03	232.9	229.08
3	112.6	221.3	219.3	231.15
Promedio	234.90	222.59	224.41	230.91
Línea de procesos				
	medición A	medición B	medición C	medición D
1	316.2	314.9	100.08	310.8
2	314.01	321.02	99.4	317.2
3	316.6	324.4	100.5	316.2
Promedio	315.60	320.11	99.99	314.73
Línea de diluciones carga continua				
	Medición A	Medición B	Medición C	Medición D
1	229	232.45	221	225.34
2	230.2	230.5	220.5	221.3
3	224.6	231	220.4	219.4
	227.93	231.32	220.63	222.01
Línea de diluciones ron pesado				
	Medición A	Medición B	Medición C	Medición D
1	275.7	265.5	267.4	260.9
2	275	266.4	270	265.3
3	272	263.8	269.8	263.7
promedio	274.23	265.23	269.07	263.30

Fuente: Autor (2015) con base a las mediciones en campo con un medidor de flujo PF 220.

Las mediciones A, B, C y D se refieren a las cuatro repeticiones realizadas para asegurar la confiabilidad del estudio.

El cuadro 13 indica las mediciones que se realizaron con el medidor ultrasónico portátil de flujo Micronics PF 220, para la ejecución del balance hídrico del consumo general en DARSA, los cuales indican las cantidades de flujo que está consumiendo la empresa.

7.4.2. Diagrama de flujo del consumo general del recurso hídrico de DARSA

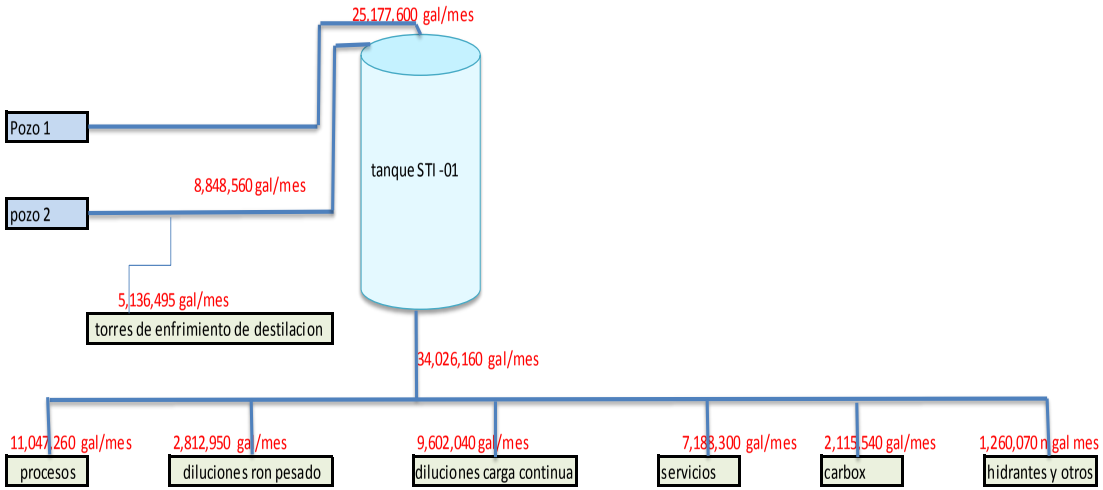


Figura No. 11 Diagrama del consumo general del recurso hídrico de DARSA

Fuente: Autor (2015)

7.4.3. Gráficas de resultados de balance hídrico del consumo general de DARSA

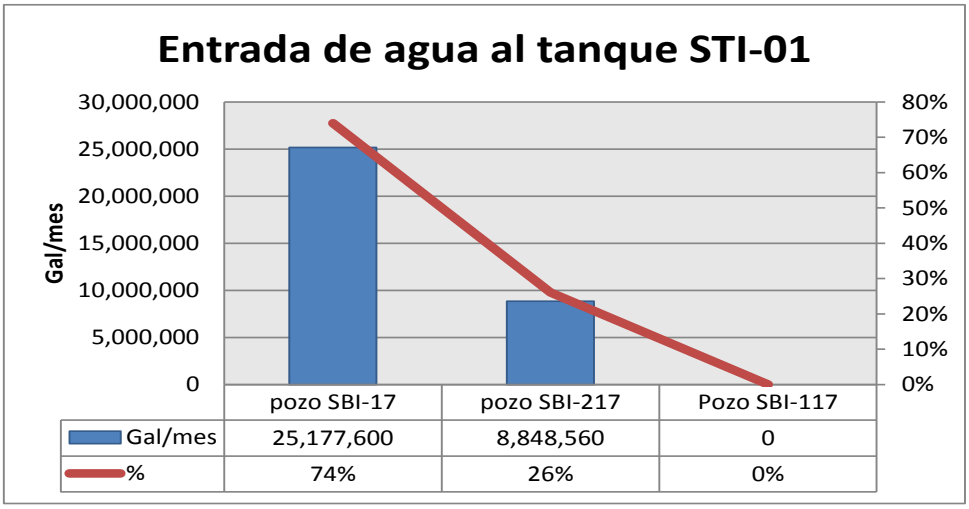


Figura No.12 Gráfica del balance hídrico de entrada de agua de DARSA

Fuente: Autor (2015)

La gráfica No. 12representa en gal/mes y porcentualmente la entrada de flujo al tanque STI-01 por parte de los dos pozos que lo alimentan.

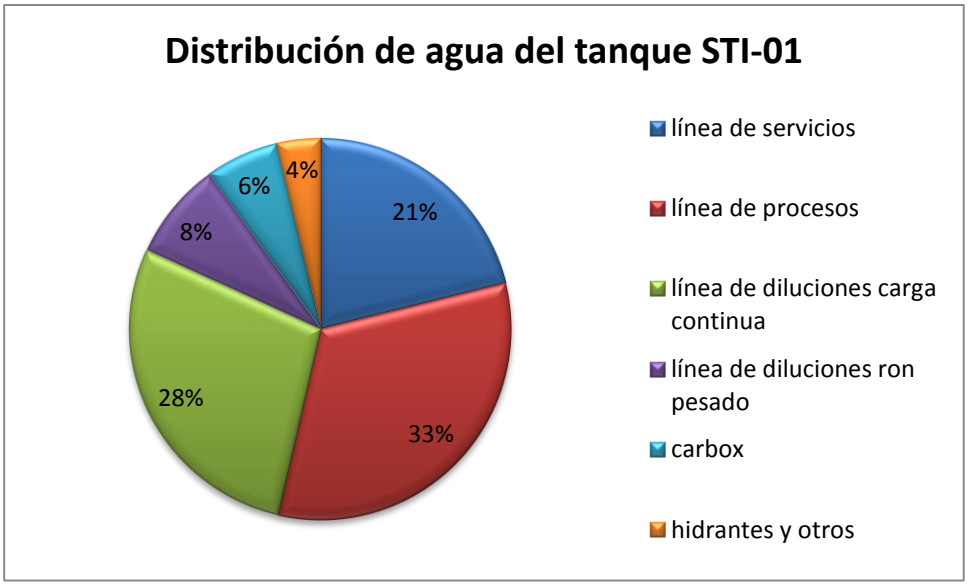


Figura No.13Diagrama de distribución de agua del tanque STI-01 en DARSA

Fuente: Autor (2015)

7.4.4. Cuadros de resumen del consumo promedio de agua en DARSA

Cuadro No.14 Consumo promedio de agua en DARSA

Consumo promedio de DARSA		
área	**gal/mes**	**gal/año**
Pozo 1	25,177,600	302,131,200
Pozo 2	8,848,560	106,182,720
Torre de enfriamiento de Destilación	5,136,495	61,637,940

Fuente: Autor (2015) en base a las mediciones realizadas.

En el balance realizado en el tanque STI-01, existe un punto que se denomina hidrantes y otros, del cual un 4% de agua no es cuantificable, debido al mal uso de la línea de hidrantes por parte de los operadores de DARSA que utilizan la línea, para servicios de lavados de las áreas o servicios de jardinería cercanas a las líneas.

Cuadro No.15 Balance hídrico del agua de entrada de DARSA

BALANCE AGUA DE ENTRADA		
ENTRADA		
pozo 1	25,177,600	gal/mes
pozo 2	8,848,560	gal/mes
total entrada	34,026,160	gal/mes
SALIDA		
línea de procesos	11,047,260	gal/mes
linea de servicios	7,188,300.00	gal/mes
linea de diluciones carga continua	9,602,040	gal/mes
línea de diluciones ron pesado	2,812,950.00	gal/mes
linea de carbox	2,115,540	gal/mes
línea de hidrantes y otros	1,260,070.00	gal/mes
total salida	34,026,160	gal/mes
TOTAL ENTRADA -TOTAL SALIDA	**0**	**gal/mes**

Fuente: **Autor (2015) en base a los resultados obtenidos en el balance hídrico de entrada en DARSA**

El cuadro 15 presenta los datos de cuantificación del agua de entrada a los diferentes procesos.

7.5. Balance hídrico de la línea de servicios

7.5.1. Datos obtenidos de las mediciones realizadas en las áreas de la línea de servicios

Las mediciones que a continuación se presentan fueron obtenidas por medio del medidor de flujo ultrasónico Micronics PF 220.

Cuadro No. 16Mediciones de filtros multimedia

Mediciones utilizadas para la realización del balance hídrico de la línea de servicios (gal/min)				
Entrada a filtros				
	Medición A	Medición B	Medición C	Medición D
1	239.9	233.4	215.9	222.4
2	250	245.6	212.5	224
3	277.7	233.4	214.7	222.6
Promedio	255.87	237.47	214.37	223.00
Entrada a suavizadores				
	Medición A	Medición B	Medición C	Medición D
1	85.27	233.4	210.7	221.9
2	182.5	239.6	214.8	219.9
3	185.9	233.4	213.6	219.4
Promedio	184.20	235.47	213.03	220.40
Entrada a tanque de agua suave				
	Medición A	Medición B	Medición C	Medición D
1	138.9	139.8	134.33	142.3
2	137.8	136.6	131.89	139.78
3	134.20	132.40	130.30	139.40
Promedio	136.966667	136.266667	132.17333	140.493333
Entrada a osmosis				
	Medición A	Medición B	Medición C	Medición D
1	182.3	180.3	182.6	167.8
2	181.5	180.5	185.3	169.5
3	182.70	181.20	183.40	168.90
Promedio	182.166667	180.666667	183.76667	168.733333
Entrada a tanque de agua permeada				
	Medición A	Medición B	Medición C	Medición D

1	125	122.7	120.4	115.9
2	122.1	119.1	119.5	116.03
3	124.6	119.06	118.8	117.4
Promedio	123.90	120.29	119.57	116.44
Entrada a tanque desareador				
	Medición A	Medición B	Medición C	Medición D
1	327.7	293.4	291.8	290.08
2	331.4	295.8	296.3	292.34
3	326.3	297.2	290.07	292.4
Promedio	328.47	295.47	292.72	291.61
Entrada a caldera				
	Medición A	Medición B	Medición C	Medición D
1	192.6	225.8	228.9	221.09
2	184.8	230.2	227.3	231.4
3	178.2	226.4	231.8	229.8
Promedio	185.20	227.47	229.33	227.43
Entrada específica al domo de la caldera				
	Medición A	Medición B	Medición C	Medición D
1	129.1	126.4	128.6	130.8
2	130	123.7	130.2	128.8
3	131.3	122.6	127.2	131.6
Promedio	130.13	124.23	128.67	130.40
Retorno caldera				
	Medición A	Medición B	Medición C	Medición D
	68.4	81.34	87.3	83.45
	61.5	84.5	88.4	81.9
	63.4	82.4	84.3	82.4
Promedio	64.43	82.75	86.67	82.58

Fuente: Autor del documento (2015) con base a las mediciones en campo con un medidor de flujo PF 220

- En la medición A de la entrada al área de los suavizadores se eliminó el dato de 85.27 gal/min.

El cuadro 16 indica las mediciones que se realizaron para llevar a cabo el balance hídrico en la línea de servicios. Para la determinación del consumo final de la caldera se tomó en cuenta el consumo inicial que indicaba la caldera, restándole el retorno de flujo

y la cantidad de agua que está ingresando específicamente al domo para la producción de vapor.

7.5.2. Diagramas de flujo del balance hídrico de la línea de servicios.

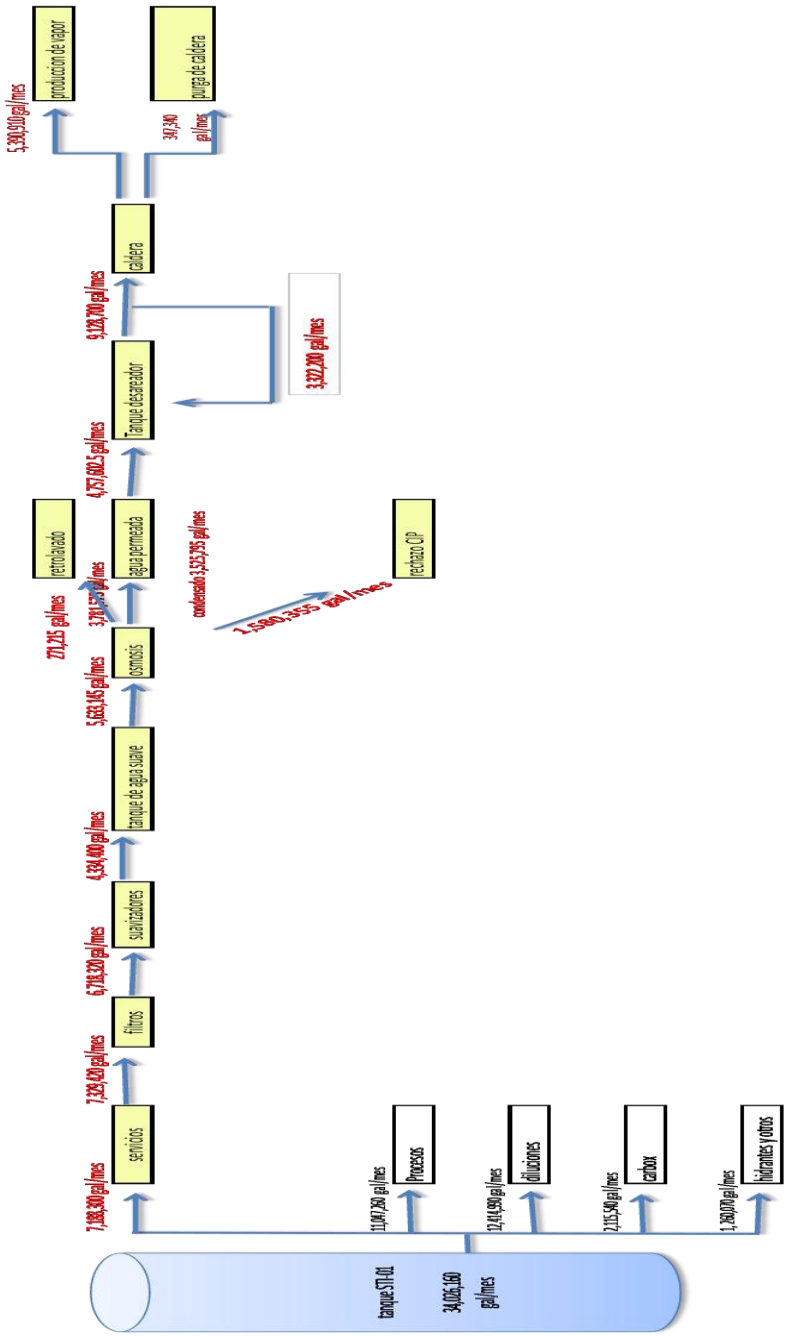


Figura No. 14Diagrama de distribución y consumo de agua de la línea de servicios.

Fuente: Autor (2015)

El proceso de planta de agua posee dos purgas:

a) La primera del proceso de regeneración de suavizadores que es enviada por el drenaje a una pileta de BIOMET
b) La segunda es el rechazo que se obtiene del proceso de ósmosis que la envía al tanque CIP para poder reutilizarse en los procesos de lavados de tanque.

El agua desechada por la regeneración de suavizadores tiene un alto grado de concentración de sal y es utilizada para el riego de vinaza, la cual no puede ser recirculada a ninguno de los procesos de planta de agua.

Cuadro No.17 Balance de consumo de agua de la caldera de DARSA

Balance caldera	
Área	**gal/mes**
Entrada a caldera (+)	9,128,700
Recirculación flujo mínimo (-)	3,322,200
Producción de vapor (-)	5,390,910
Purga de caldera (-)	347,340
Diferencia	**68,250.00**

Fuente: Autor (2015) según los resultados obtenidos del balance del área de la caldera

El balance de agua del área de caldera tiene una producción promedio de 66,000 libras de presión de vapor/hora.

Para la realización del balance del cuadro anterior se tomó en cuenta la entrada de agua total a la caldera de 9,128,700 gal/mes, al cual se le restó la recirculación del flujo mínimo, la purga de caldera y la producción de vapor, en la que se obtiene una diferencia de 68,250 gal/mes; esta diferencia se encuentra ubicada en purgas no controladas en el área de caldera, en el vapor que sale de las tuberías y la evaporación de agua por la alta temperatura en la que se circula el agua.

7.5.3. Cuadro de resumen del consumo de agua del área de servicios

Cuadro No.18Cuadro de resumen del consumo de agua del área de servicios

Cuadro de resumen área de servicios		
área	gal/mes	gal/año
entrada a servicios	7,188,300	86,259,600
filtros	7,329,420	87,953,040
suavizadores	6,718,320	80,619,840
tanque de agua suave	4,334,400	52,012,800
ósmosis	5,633,145	67,597,740
tanque de agua permeada	3,781,575	45,378,900
tanque desareador	4,757,602.50	57,091,230
caldera	9,128,700	109,544,400

Fuente:Autor (2015)

En el cuadro anterior muestra el resumen de las entradas de agua por área de la línea de servicios, resumiéndose en galones/mes y galones/año

7.6. Balance hídrico de la línea de procesos y diluciones

7.6.1. Datos obtenidos de las mediciones realizadas en las áreas de la línea de procesos

Cuadro No. 19Resultado de las mediciones realizadas para la ejecución del balance hídrico de la línea de procesos.

Mediciones utilizadas para la realización del balance hídrico de la línea de procesos (gal/min)				
Entrada a centrífugas (gal/min)				
	medición A	medición B	medición C	medición D
1	84.3	75.9	24.68	94
2	73.64	86.6	13.2	105.6
3	79	88.9	24.3	106.7
promedio	78.98	83.80	20.73	102.10
Entrada a la línea de fermentación (gal/min)				
	medición A	medición B	medición C	medición D

1	231.9	239	75.4	216.8
2	240.37	234.4	86.2	211.6
3	237.6	235.5	76.2	209.5
promedio	236.62	236.30	79.27	212.63
entrada a enfriamiento de bombas (gal/min)				
	medición A	medición B	medición C	medición D
1	5.38	6.3	4.45	5.31
2	5.3	5.41	5.01	5.71
3	5.4	5.9	4.9	5.4
promedio	5.36	5.87	4.79	5.47
entrada previo a entrada a fermentadores (gal/min)				
	medición A	medición B	medición C	medición D
1	227.2	231.02	70.55	206.6
2	234.9	228.9	81.19	204.67
3	228.6	229.8	71.13	208.5
promedio	230.23	229.91	74.29	206.59
Entrada a fermentadores (gal/min)				
	medición A	medición B	medición C	medición D
1	127.8	132.8	42.31	99.8
2	132.7	134.3	50.3	99.07
3	136.3	131.4	44.7	101.5
promedio	132.27	132.83	45.77	100.12
entrada a torres de fermentación (gal/min				
	medición A	medición B	medición C	medición D
1	95.2	99	46.9	98.9
2	98.4	91.3	51.6	100.3
3	93.3	94.04	54.3	94.34
promedio	95.63	94.78	50.93	97.85

Fuente:Autor (2015) con base a las mediciones en campo con un medidor de flujo PF 220

El cuadro anterior describe las mediciones que fueron utilizadas para la obtención de datos para la ejecución del balance hídrico de la línea de procesos y de diluciones de carga continua.

7.6.2. Diagrama de flujo de la distribución de la línea de procesos

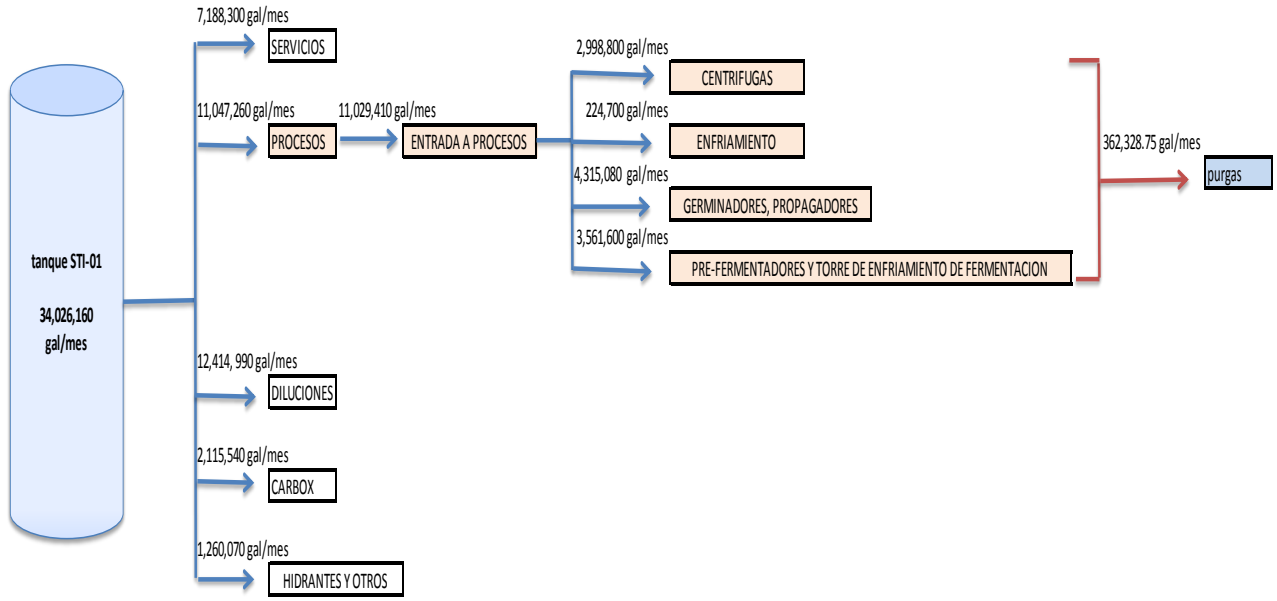


Figura No.15 Diagrama de distribución y del consumo de agua de la línea de procesos

Fuente: Autor (2015)

En el diagrama anterior se observa que la purga del área es de 362,328.75 de gal/mes, en este proceso se realiza un lavado de fermentadores, pero no se utiliza agua del proceso sino que es agua reutilizada del tanque de CIP, por lo cual el recurso utilizado en el proceso de lavado de los fermentadores no se tomó en cuenta.

7.6.2.1. Gráfica de resultados

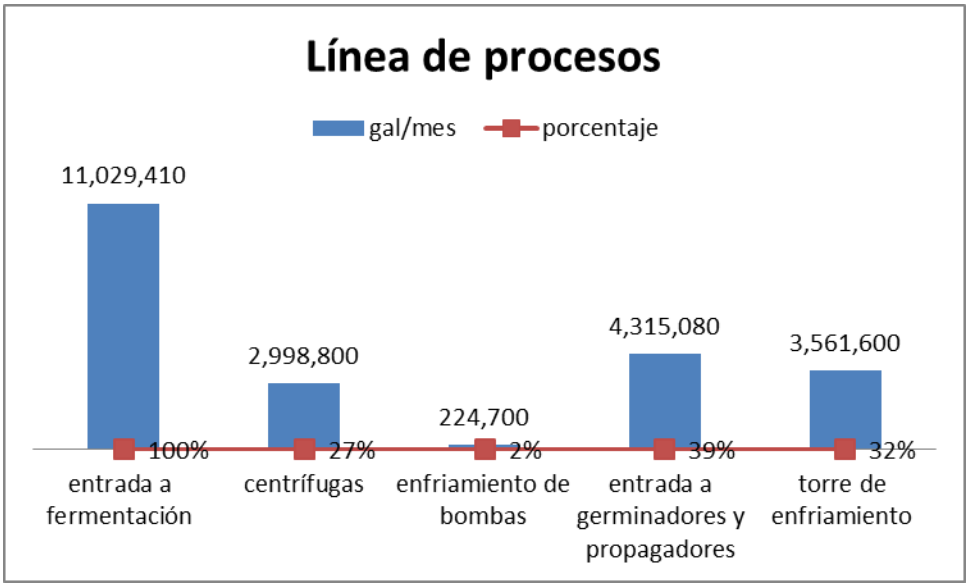


Figura No.16Gráfica balance de agua de la línea de procesos

Fuente: Autor (2015)

La figura No. 16 muestra con simplicidad la distribución de la entrada de agua a la línea de procesos el cual se dirige a la fase de fermentación.

7.6.2.2. Cuadro de resumen de resultados

Cuadro No.20Resumen del consumo de agua del área de proceso

Cuadro resumen área de procesos		
área	**gal/mes**	**gal/año**
entrada de línea de procesos	11,047,260	132,567,120
entrada a fermentación	11,029,410	132,352,920
centrÍfugas	2,998,800	35,985,600
enfriamiento de bombas	224,700	2,696,400
entrada a germinadores y propagadores	4,315,080	51,780,960
torre de enfriamiento	3,561,600	42,739,200

Fuente: **Autor (2015)**

En el cuadro anterior se describe el resumen de los consumos de agua por área de la línea de procesos, resumiéndose en galones/mes y galones/año.

7.6.3. Balance hídrico de la línea de diluciones carga continua

7.6.3.1. Diagrama de flujo de la distribución de la línea de diluciones carga continua

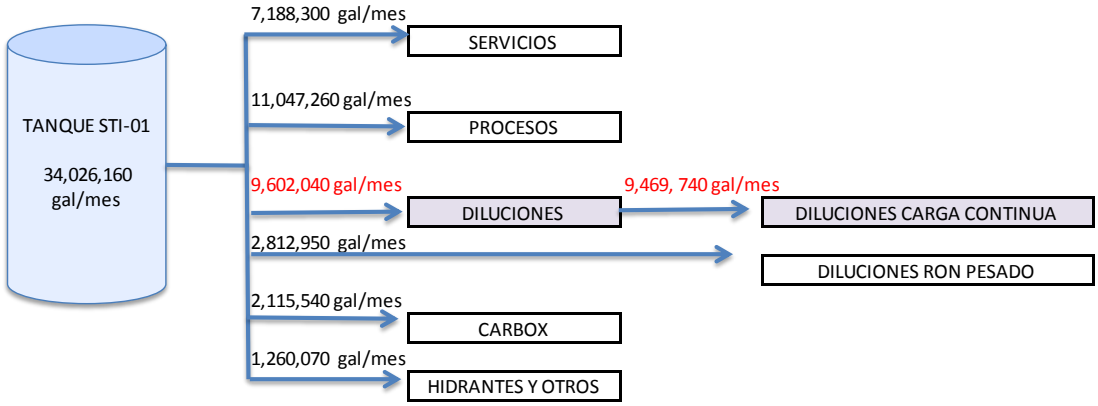


Figura No.17 Diagrama de la distribución del consumo de agua de la línea de diluciones

Fuente: Autor (2015) en base a las mediciones realizada en el área de dilución de carga continua.

La línea de diluciones de carga continua se encuentra unida al proceso del área de fermentación, el cual se une a la línea realizando la dilución con la melaza que entra en el proceso para la producción de vino.

7.6.3.2 Gráfica de resultados

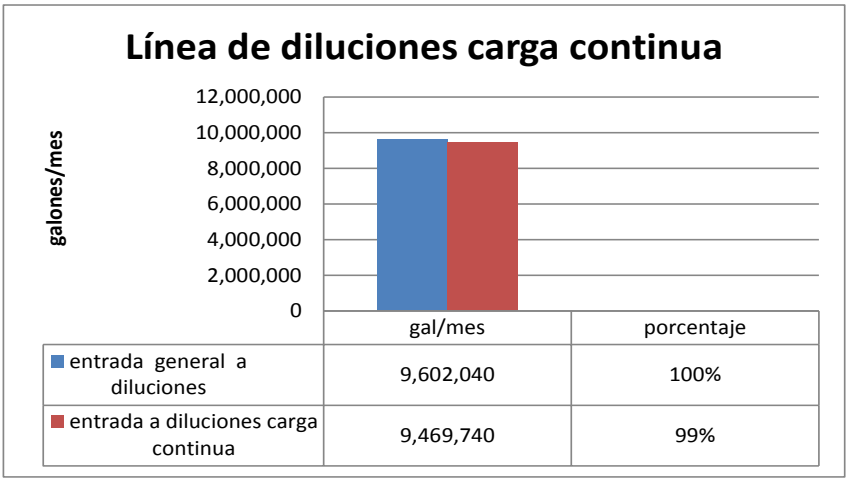


Figura No 18Línea de diluciones carga continua

Fuente: Autor (2015)

En la figura No. 18se presenta la diferencia que existe entre la entrada general a la línea de diluciones y la entrada directa al área de diluciones de carga continua, la diferencia es de 1%, la cual indica que no se considera pérdida en base a que el caudal medido es un dato promedio, debido a que el consumo de agua varía según la necesidad del proceso.

7.6.3.3. Cuadro de resumen

Cuadro No.21Resumen del consumo del agua del área de diluciones carga continua

Cuadro resumen área de diluciones carga continua		
área	**gal/mes**	**gal /año**
entrada línea de diluciones carga continua	9,602,040	115,224,480
entrada específica al área de carga continua	9,469,740	113,636,880

Fuente: Autor (2015)

Cuadro No.22 Balance hidrico del área de procesos y diluciones de carga continua

BALANCE DE AGUA ÁREA PROCESOS Y DILUCIONES CARGA CONTINUA		
ENTRADAS		
entrada diluciones carga continua (+)	9,469,740	gal/mes
entrada linea de procesos (+)	11,029,410	gal/mes
total	20,499,150	gal/mes
salida		
vino (+)	15,624,000	gal/mes
purgas (+)	378,992.25	gal/mes
lavado de columnas de ron VENDOME (+)	52,840.15	gal/mes
torres de enfriamiento de fermentación (+	1,260,000.00	gal/mes
total	17,315,832	gal/mes
entrada (+)	20,499,150	gal/mes
salida (+)	17,315,832	gal/mes
diferencia de entrada y salida	3,183,318	gal/mes

Fuente:Autor (2015)

En base a los datos obtenidos por el departamento de producción, se realizó el balance hídrico para la producción que se generó en el mes de octubre del 2014. Donde la producción que se demandó de vino fue de 16,800,000 gal/mes al 8% de alcohol. Para determinar el agua utilizada se empleó a la siguiente ecuación:

La fórmula utilizada para determinar la cantidad de agua utilizada en la producción de vino fue:

$$\sum \text{Entrada línea de } H_2O - \sum \text{Salida línea de } H_2O - H_2O \text{ en Vino}$$

Obteniendo como resultado:

Producción vino (0.92)= 16,800,000(0.92) = 15,456,000 gal/mes de agua

Los lavados de la columna de ron VENDOME, varían según la producción que se tenga por mes. En este caso se utilizó un promedio de cinco lavados de la columna, que se realizaron en ocho horas donde se utilizó 1,321 gal/hora por cada lavado de columna.

Lo cual genera 52,840 gal/día de H_2O para el procesode lavado de columnas de ron VENDOME.

La cantidad de agua que se toma por purga en el área de la torre de enfriamiento de fermentación es la cantidad de agua que entra como reposición a la misma, ya que por el tipo de torre que posee DARSA, la pérdida producida es por arrastre de agua por parte del aire, purgas y fugas de evaporación.

En la realización del balance de esta área queda una diferencia de agua de 3,183,318 gal/mes lo que equivale a 76 gal/min lo cual es una cantidad de agua que se debe al ingreso de agua al edificio administrativo, purgas no controladas de evaporación, cierto porcentaje no estimado que se evapora dentro del proceso, y la cantidad alta de agua que demandó las pruebas de funcionamiento de las columnas nuevas de ron, las cuales en el mes de octubre estuvieron trabajando con agua.

7.6.4.Balance hídrico del área de diluciones de ron pesado

7.6.4.1.Diagrama de flujo del área de línea de diluciones de ron pesado

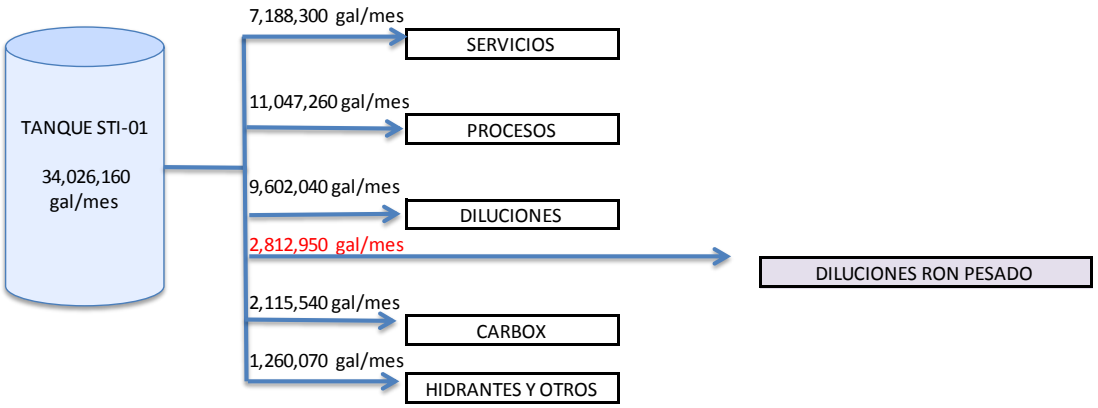


Figura No. 19Diagrama de flujo del área de la línea de diluciones de ron pesado
Fuente: Autor (2015)

En la figura anterior se presentan detalladamente los puntos que alimenta el tanque de suministro principal de agua de la empresa, haciendo énfasis en el consumo de agua que se utiliza para la producción de ron pesado.

7.6.4.2. Gráficas de resultados

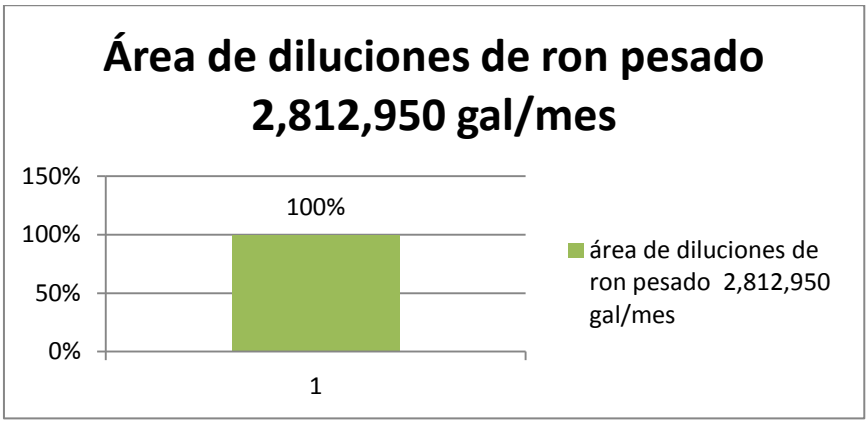


Figura No.20Área de diluciones de ron pesado
Fuente: Autor (2015)

La gráfica de la figura 20 presenta el total de galones al mes que se consume, para el proceso de elaboración de ron pesado, según las mediciones obtenidas en el trabajo de campo.

7.6.4.3. Cuadros de resumen

Cuadro No.23Resumen del área de diluciones de ron pesado

Cuadro de resumen área de diluciones de ron pesado		
área	gal/mes	gal/año
entrada área de diluciones de ron pesado	2,812,950	33,755,400

Fuente: **Autor (2015)**

La figura anterior indica un resumen de la cantidad de agua que ingresa mensual y anualmente en galonajes al área de diluciones de ron pesado.

Cuadro No.24 Balance de agua del área de diluciones de ron pesado

BALANCE DE AGUA ÁREA DILUCIONES RON PESADO		
ENTRADAS		
entrada diluciones ron pesado	2,812,950	gal/mes
Total	2,812,950	gal/mes
salida		
vino al 8%	2,942,140	gal/mes
total de agua salida en producto	2,706,769	gal/mes
total agua salida MV	70,547.59	gal/mes
entrada	2,812,950	gal/mes
salida	2,777,317	gal/mes
diferencia de entrada y salida	35,633	gal/mes

Fuente:Autor (2015)

Para la realización del balance de agua en el área de diluciones de ron pesado, se tomó como producto final el vino que entra a la columna de producción denominada VENDOME, la cual tiene entrada de 2,942,140 gal/mes de vino al 8% en base a la información obtenida por el personal encargado del área de producción; del cual restándole el porcentaje de alcohol genera una cantidad de 2,706,769 gal/mes de agua que se utiliza para la producción de vino, en donde es utilizada la línea de diluciones de ron pesado y la cantidad de agua para la preparación de miel virgen utilizada en el proceso.

Para la realización del balance hídrico en el área de la línea de ron pesado, se restó al producto final de vino (2, 813,528 gal/mes), la suma de agua que queda del alcohol producido al 8% (2,942,140 gal/mes) más 2,777,317 gal/mes de agua utilizada en la dilución de miel virgen.

En el balance de agua de la línea de proceso se estimó una diferencia de 35,653 gal/mes, 3.2 gal/min, lo cual se justifica debido que es un dato promedio que tiende a variar y a su vez los procesos de evaporación.

7.7. Alimentación del Tanque de CIP (agua de retorno)

7.7.1. Datos obtenidos de las mediciones realizadas en las áreas de la línea de entrada al tanque CIP (agua de retorno)

Las mediciones que a continuación se presentan fueron obtenidas por medio del medidor de flujo ultrasónico Micronics PF 220.

Cuadro No. 25Mediciones de la entrada de agua al tanque de CIP

Entrada de tanque de CIP (gal/min)				
Osmosis (gal/min)				
1	51.03	50.6	52.03	48.03
2	50.92	51.6	50.4	47.3
3	51.66	50.9	48.3	49.4
promedio	51.20	51.03	50.24	48.24
Procesos (gal/min)				
1	115.8	100.59	103.58	108.9
2	109.01	101.02	107.1	107.01
3	98.03	97	100.43	100.38
promedio	107.61	99.54	103.70	105.43
Carbox (gal/min)				
1	112.5	121.32	127.98	114.5
2	115.8	124.5	129	110.32
3	117.3	122.7	128.2	111.2
promedio	115.20	122.84	128.39	112.01
Destilación 1 (gal/min)				
1	61.42	54.33	53.9	54.25
2	62.29	53.91	53.76	53.98
3	66.59	53.21	53.5	51.63
promedio	63.43	53.82	53.72	53.29

Destilación 2 (gal/min)				
1	28.4	33.4	32.81	29.7
2	33.2	31.4	33.74	34.8
3	32.57	29.8	30.8	29.9
promedio	31.39	31.53	32.45	31.47

Fuente: Autor (2015) con base a las mediciones en campo con un medidor de flujo PF 220

7.7.2. Diagrama de la alimentación del tanque de CIP (agua de retorno)

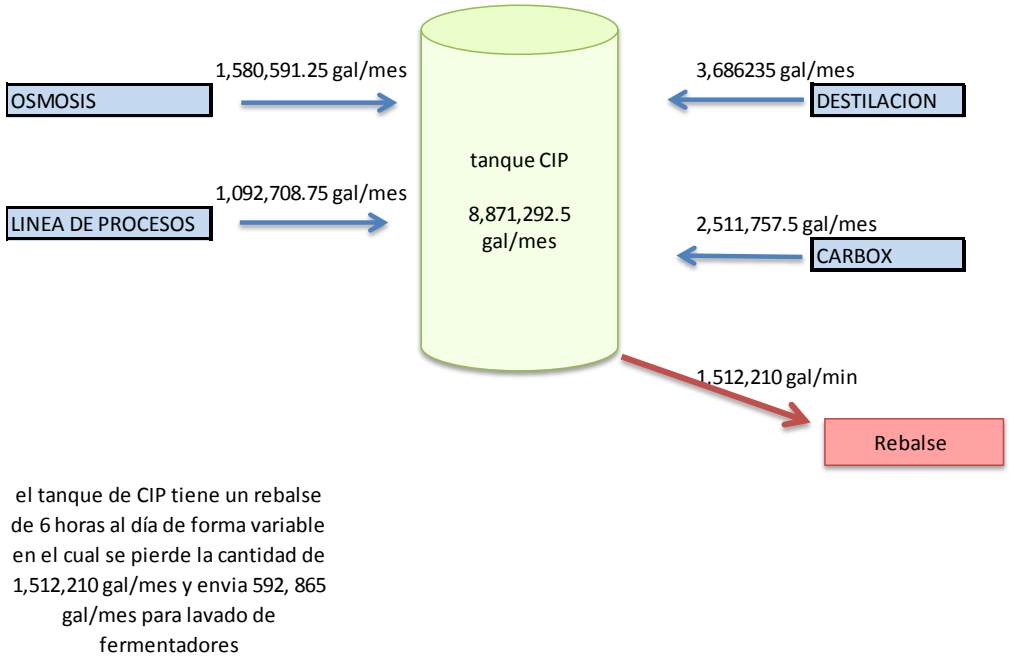


Figura No.21 Diagrama de distribución del tanque CIP

Fuente: Autor (2015)

El rebalse de tanque CIP es direccionado por el drenaje hacia las piletas de la planta BIOMET en donde es utilizado para la alimentación de los biodigestores.

En este inciso no se realiza un balance hídrico del tanque de agua de retorno, únicamente se realiza una cuantificación de las entradas de agua que la empresa

posee para la reutilización cuantificando la cantidad de agua que tiene este tanque en su rebalse o desecho.

7.7.3. Gráfica de resultados

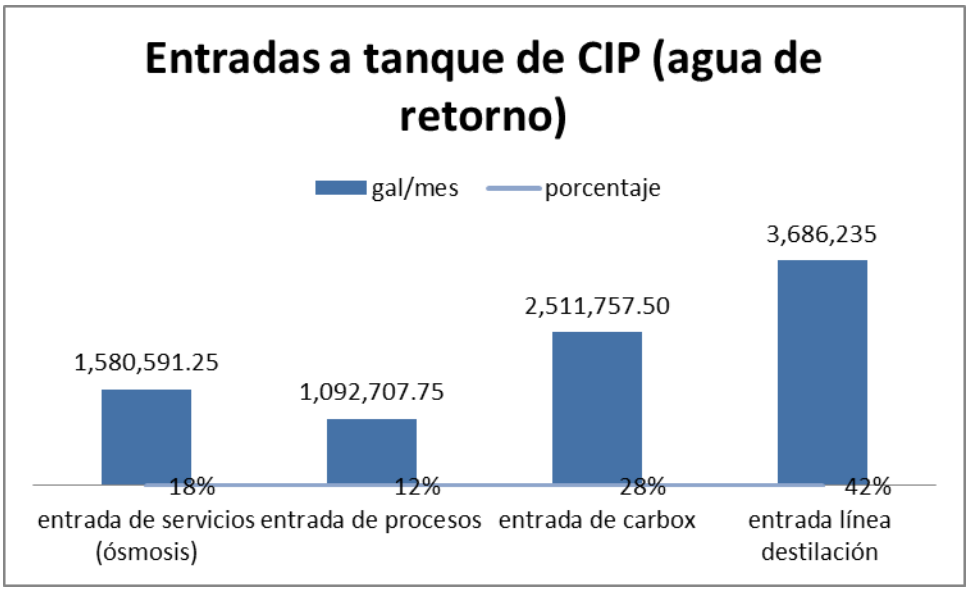


Figura No. 22Cantidades de agua que ingresa al tanque de CIP
Fuente: Autor (2015)

La gráfica de barras que se muestra anteriormente indica las cantidades de agua en galón/mes y en porcentaje que alimentan el tanque de agua de retorno que son utilizadas para los lavados de fermentadores u otro tipo de reutilización.

7.7.4. Cuadro de resumen

A continuación se presenta el cuadro No.26 el cual representa un resumen mensual y anual de las cantidades de agua que alimentan el tanque de agua de retorno de la empresa, para la reutilización del recurso.

Cuadro No.26Resumen de entrada y salida de agua al tanque CIP

Cuadro de resumen entrada y salida tanque a CIP		
área	gal/mes	gal/año
entrada de servicios (osmosis)	1,580,591.25	18,967,095
entrada de procesos	1,092,707.75	13,112,493
entrada de carbox	2,511,757.50	30,141,090
entrada línea destilación	3,686,235	44,234,820
rebalse	1,512,210	18,146,520

Fuente: Autor (2015)

7.8. Balance hídrico del desfogue general

7.8.1. Datos obtenidos de las mediciones realizadas en las purgas que se dirigen al desfogue general

Las mediciones que a continuación se presentan fueron obtenidas por medio del método volumétrico, en el cual se realizaron cuatro mediciones por cada uno de los promedios dados a continuación, en su total por área se realizaron 16 pruebas por área.

Cuadro No. 27Mediciones de la purga de caldera

Purga caldera (gal/min)	
Promedio A	8.5
Promedio B	8.06
Promedio C	8.22
Promedio D	8.32
Promedio	8.275

Fuente: Autor (2015) con base a las mediciones en campo con método volumétrico

Cuadro No.28Mediciones de las purgas del área de destilación

Purgas destilación (gal/min)	
Condensado destilación (gal/min)	
Promedio A	6.89
Promedio B	6.90
Promedio C	7.12
Promedio D	6.70
Promedio	6.90
Purga 1 (gal/min)	
Promedio A	3.92
Promedio B	4.08
Promedio C	3.93
Promedio D	3.97
Promedio	3.98
Purga 2 (gal/min)	
Promedio A	6.87
Promedio B	7.02
Promedio C	7.65
Promedio D	7.34
Promedio	7.22
purga salida de fusil (gal/min)	
Promedio A	110.43
Promedio B	110.40
Promedio C	108.30
Promedio D	111.34
Promedio	110.12
Purga 3 (gal/min)	
Promedio A	1.87
Promedio B	1.89
Promedio C	1.88
Promedio D	1.86
Promedio	1.88
Purga 4 (gal/min)	
Promedio A	1.75
Promedio B	1.77
Promedio C	1.80
Promedio D	1.83
Promedio	1.79

Purga torre destilación (gal/min)	
Promedio A	81.74
Promedio B	85.71
Promedio C	83.56
Promedio D	83.56
Promedio	83.64

Fuente:Autor (2015) con base a las mediciones en campo por medio del método volumétrico

Cuadro No.29Mediciones de las purgas del área de fermentación

Purgas fermentación (gal/min)	
Purga centrifugas (gal/min)	
1	4.5
2	4.59
3	4.58
4	4.61
Promedio	4.57
Lavado de filtros (gal/min)	
1	8.74
2	8.84
3	8.4
4	9.2
Promedio	8.795
Bomba de fermentación (gal/min)	
1	3.022
2	3.06
3	3.06
4	3.02
Promedio	3.04
Bomba fermentación FBI 222 (gal/min)	
1	0.45
2	0.47
3	0.5

Fuente: Autor (2015) con base a las mediciones en campo por medio del método volumétrico

Cuadro No.30Mediciones del agua desechada en el lavado de fermentadores

Lavado de fermentadores (gal/min)				
1	169.3	168.4	171.3	168.9
2	168.4	169.3	170.2	170.4
3	169.3	168.9	168.3	170.02
Promedio	169	168.8667	169.9333	169.7733

Fuente: Autor (2015) con base a las mediciones en campo con el método volumétrico

Cuadro No.31Mediciones del área del desfogue general de purgas

Purga desfogue general del parqueo (gal/min)	
1	220.4
2	221.5
3	224.65
4	219.56
Promedio	221.53

Fuente: **Autor (2015) con base a las mediciones en campo con el método volumétrico**

7.8.2. Diagrama balance hídrico del desfogue general de purgas

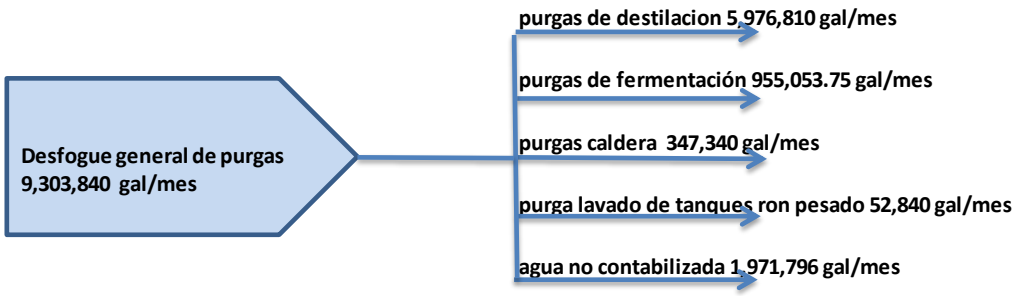


Figura No. 23 diagrama del desfogue general de purgas

Fuente: Autor (2015)

En el anterior diagrama se describe como se desglosa la cantidad de agua contabilizada en la purga general de la empresa.

7.8.3.Gráfica de resultados

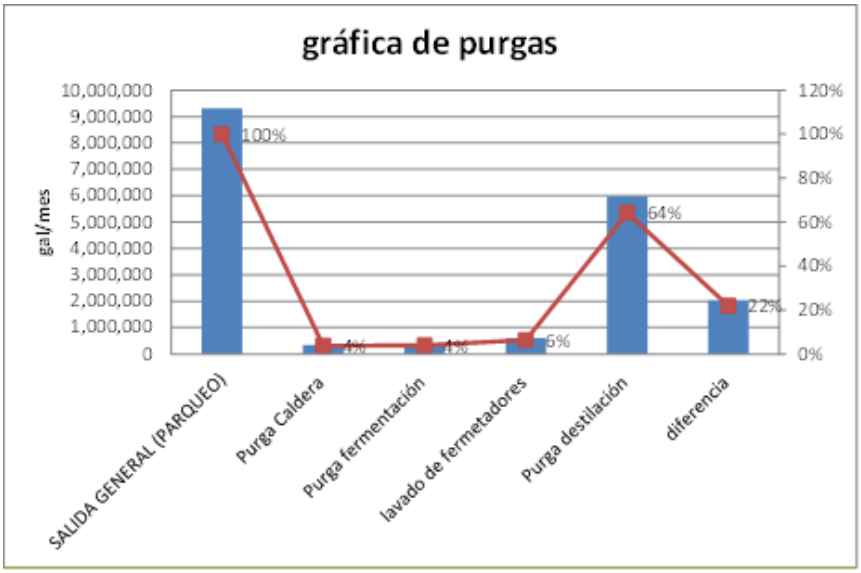


Figura No. 24 Gráfica del resultado de purgas del desfogue general

Fuente: Autor (2015)

En la figura No. 24 se muestra el desglose de la purga del desfogue general de la empresa porcentualmente, el cual indica un 22% de agua no identificada dentro del desfogue contabilizado.

7.8.4. Cuadro de resumen de resultados

Cuadro No.32Balance hídrico del desfogue general

Balance hídrico del desfogue general de Purgas (gal/mes)		
salida general	**purga desfogue general (+)**	9,303,840
salidas desglosadas	**purgas destilación (-)**	5,976,810
salidas desglosadas	**purgas fermentación (-)**	955,053.75
salidas desglosadas	**Purga caldera (-)**	347,340.00
salidas desglosadas	**lavado de tanques de ron pesado (-)**	52,840.00
diferencia		**1,971,796.25**

Fuente: **Autor (2015)**

En la parte trasera del parqueo ubicado en la entrada de complejo del ingenio Tululá, se encuentra el desfogue del drenaje general de las purgas que se generan en la parte de fermentación, destilación y purga del área de caldera, para lo cual se tomaron medidas del desfogue general y se realizó la comparativa con las purgas desglosadas en las áreas mencionadas anteriormente, esto dio una diferencia de 1,971,796 gal/mes, que se debe a la precipitación acumulada en los drenajes de los días en los que se dio la toma de medición entre otro tipo de purgas que su desfogue sea en esa área y no estén identificadas ni cuantificadas.

7.9. Indicador de productividad

Para la determinación del indicador de productividad en base a la fórmula dada por la metodología del Centro Guatemalteco de Producción más Limpia es necesaria el agua total utilizada mensualmente en los procesos, y la cantidad de alcohol producido mensualmente en DARSA:

- 1,631,393.28 galones/mes cantidad total de alcohol producido, en DARSA.
- 39,162,655 galones/mes de recurso hídrico que utilizan en los procesos de DARSA.

$$IP: \frac{\text{Agua}}{\text{Producto}} = \text{Unidad de agua/unidad de producto}$$

$$IP = \frac{\text{39,162,655 gal de agua/mes}}{\text{1, 631,393.28 gal de alcohol/mes}} = 24.00\text{galón de agua/galón del alcohol}$$

Figura No. 25 Huella hídrica de la producción de alcohol de la empresa
Fuente: Autor (2015) en base al resultado obtenido del indicador de productividad

7.10. Indicador de intensidad

Para la determinación del indicador de intensidad en base a la fórmula dada por la metodología del Centro Guatemalteco de Producción más Limpia es necesaria, el agua total utilizada mensualmente en los procesos, y la cantidad de alcohol producido mensualmente en DARSA:

- 1,631,393.28 galones/mes cantidad total de alcohol producido, en DARSA.
- 39,162,655 galones/mes de recurso hídrico que utilizan en los procesos de DARSA.

II: $\frac{\text{Producto}}{\text{Agua}}$ = unidad de producto/unidad de agua

II= $\frac{\text{1,631,393.28 gal de alcohol/mes}}{\text{39,162,655 gal/ de agua/mes}}$ =0.04 galón de alcohol/ galón de agua

VIII. CONCLUSIONES

1) Los procesos de producción de DARSA, generan un consumo aproximado de 39 millones de galones de agua por mes, los que son extraídos de pozos propios; el 87% de este volumen, es utilizado para alimentar el tanque STI-01 y el 13% para alimentar la torre de destilación.

   Del total del volumen de alimentación a los procesos de producción de DARSA se generan pérdidas de volumen de agua, que ascienden al 27% de su volumen total, un 24% por concepto de desfogue y/o purgas, y un 3% debido a que el tanque CIP cuenta con un sistema de rebalse.

2) Vale la pena mencionar que del volumen de agua que DARSA, considera como pérdida en su proceso de producción, el agua del desfogue y de purgas (24%) que es re-utilizado por el sector agrícola del Ingenio Tululá en actividades de ferti-riego; el 3% del sistema de rebalse es utilizado de la siguiente manera: 1.52% para el lavado de los fermentadores y 1.48% en los biodigestores de la planta de BIO-METANO.

3) La huella hídrica que genera el sistema de producción de DARSA, es de 20.85 galones de agua por galón de alcohol producido. Con la implementación de medidas de control y mitigación propuestas en el presente estudio, se estima que en un periodo de cinco años, se puede reducir el consumo de agua un 15%.

4) Siendo el indicador de productividad de 24 galones de agua por galón de alcohol, mayor que el índice de intensidad de 0.04 galones de alcohol por galón de agua; el proceso de producción de DARSA a la fecha del estudio, se puede considerar que se encuentra dentro de los límites permitidos para considerar un proceso de producción eficiente.

En la actualidad no existe un estudio específico, que demuestre que la extracción de agua de pozos propios, utilizada para los procesos de producción de alcohol de la empresa DARSA, afecte negativamente el caudal y/o disponibilidad de agua para las comunidades cercanas.

IX. RECOMENDACIONES

1) Realizar un balance hídrico de forma semestral lo que permitirá comparar el consumo de agua.

2) Colocar un indicador de nivel en el tanque de CIP para disminuir la cantidad de agua que se rebalsa.Colocar un tanque de captación para el agua que se purga, para poder realizar un pre-tratamiento que consista en eliminación de residuos por medio de la sedimentación la cual podría ser reutilizada en procesos recirculación de agua para entrada a caldera o bien podría utilizarse para los servicios de jardinería o lavados de tanques.

3) En el proceso de planta de agua podría recuperarse un porcentaje del recurso reenviando el rechazo que se realiza y recircularlo al tanque de STI-01 o reutilizarlo por medio de una infraestructura menos compleja hacia la entrada de nuevo del proceso de planta de agua.

   El uso correcto de los hidrantes en la planta de DARSA, ayudará a disminuir un 2% a 3% del uso de agua incontrolada, lo que ayudará a concretar uno de los principales objetivos de la contabilización del recurso en la empresa que es la disminución anual del 1% de la extracción del recurso.

4) Realizar un estudio hidrogeológico para determinar la capacidad de retención del suelo, para verificar si no existe filtración de agua, y determinar la volumen de almacenamiento del área.

X. BIBLIOGRAFÍA

1) Álvarez, E.; Gómez, E.; Ordóñez, M.2010. Producción de Biocombustibles y alcoholes. Centro de Biotecnología Industrial. Presentación PP.

2) CGP+L (Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia). 2013. Optimización del uso del agua en la empresa (Auditoría hídrica). Guatemala, GT. Presentación PP.

3) DARSA (Destiladora de Alcoholes y Rones S.A.). 2014. Gestión Ambiental, San Andrés Villaseca, Retalhuleu. GT. Boletín Informativo.

4) Geopetrol. 2006. Estudio de impacto ambiental de operación de Planta de DARSA. San Andrés Villaseca, Retalhuleu, GT. Quien es Industrias licoreras. P.3.

5) Industrias Licoreras de Guatemala. Destiladora de Alcoholes y Rones, S.A. 2013. Política de Gestión. San Andrés Villaseca, Retalhuleu, GT. Cartelera.

6) Informe sobre Desarrollo Humano. 2006. Más allá de la escasez: Poder, pobreza y crisis mundial del agua. Colombia. PNUD, 2006.

7) Manual de Usuario. sf. Caudalímetro ultrasónico portátil PORTAFLOW 220.Versión 1.4. P. 33-34.

8) Mull, V. 2014. Entrevista a personal administrativo. Jefe de aseguramiento de Calidad. DARSA. San Andrés Villaseca, Retalhuleu. GT.

9) Sotelo, J. et al. 2011. Huella hídrica, desarrollo y sostenibilidad en España. España. Fundación MAPFRE. P.61-65.

Vo. Bo. Lic. Ana Teresa Cap Yes
Bibliotecaria

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUR OCCIDENTE
BIBLIOTECA
-CONSUROC-

XI. EGRAFÍA

1) Agropecuaria Global. 2014. Producción de etanol a partir de caña de azúcar. (En línea). Consultado el 9 de junio de 2015. Disponible en: http://agropecuariaglobal.blogspot.com/2014/04/produccion-de-etanol-partir-de-cana-de.html

2) Agua fuente de vida. 2007. (En línea). Consultado el 3 de noviembre de 2014. Disponible en http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/miguel/AguaFuenteVida.pdf P.3-4

3) Banco Mundial. 2014. Extracción anual de agua dulce para uso industrial. (En línea) consultado el 4 de noviembre de 2014. Disponible en: http://data.worldbank.org/indicator/ER.H2O.FWIN.ZS/countries/1W?display=graph

4) CEGESTI. 2005. Manual de Buenas Prácticas de Manejo de Agua en las Empresas. (En línea). Consultado el 1 de agosto de 2014. Disponible en: http://www.cegesti.org/exitoempresarial/publications/Articulo_32_aguas.pdf P. 1-3.

5) CGP+L (Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia). 2012. ¿Quiénes somos? (En línea). Consultado el 6 de noviembre de 2014. Disponible en: http://www.cgpl.org.gt/node/49

6) Conservación & Carbono. sf. Huella Hídrica. (En línea). Consultado el 21 de agosto de 2014. Disponible en; http://www.conservacionycarbono.com/servicios/huella-hidrica.

7) Decenio Internacional para la acción “el agua fuente de vida” 2005-2015. 2014. Calidad del agua. (En línea). Consultado el 6 de noviembre de 2014. Disponible en: http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml#

8) Decenio Internacional para la acción “el agua fuente de vida” 2005-2015. 2014. Agua y desarrollo sostenible. (En línea). Consultado el 6 de noviembre de 2014. Disponible en: http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water_and_sustainable_development.shtml

9) Decenio Internacional para la acción “el agua fuente de vida” 2005-2015. 2014. El agua y la economía verde. (En línea). Consultado el 6 de noviembre de 2014. Disponible en:http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/green_economy.shtml

10) Departamento de Hidráulica, Universidad de Cauca. sf. Estudio y patronamiento de vertederos. (En línea). Consultado el 2 de agosto de 2014. Disponible en: http://artemisa.unicauca.edu.co/~hdulica/2_vertederos.pdf P. II-6

11) Global Water Partnership. 2012. Agua en la economía verde. (En línea) Consultado el 5 de noviembre de 2014. Disponible en: http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm_Files/Publicaciones/Del-TEC/Agua-en-la-Economia-Verde.pdf P.3
http://turnkey.taiwantrade.com.tw/showpage.asp?subid=149&fdname=FOOD+MANUFACTURING&pagename=Planta+de+produccion+de+alcohol+etilico

12) Huella Hídrica. sf. Huella hídrica o huella de agua. 16 de septiembre de 2013. (En línea). Consultado el 21 de agosto de 2014. Disponible en: http://articultores.net/free/huella-hidrica/

13) Manejo integrado de agua y áreas costeras. 2010. (En línea). Consultado el 1 de agosto 2014. Disponible en: http://www.pnuma.org/agua-miaac/SUBREGIONAL%20MESO/MATERIAL%20ADICIONAL/PRESENTACIONES/PONENTES/Tema%202%20-%20Herramientas%20para%20MIAAC/Balance%20Hidrico%20y%20Caudal%20Ecologico%20-%20M%20Hernandez/Balance%20Hidrico.pdf P. 3

14) Mapas del mundo. s.f. Mapa del departamento de Suchitepéquez. (en línea) Consultado el 23 de julio del 2015 disponible en: http://espanol.mapsofworld.com/continentes/norte-america/guatemala/departamentos/suchitepequez.html

15) Medición de caudal por método de vertedero. Vertederos. sf. (En línea). Consultado el 2 de noviembre de 2014. Disponible en: http://www.academia.edu/7453252/Medici%C3%B3n_de_caudal_por_el_m%C3%A9todo_de_vertedero

16) Medidor de flujo tipo volumétrico. sf. (En línea) consultado el 1 de noviembre de 2014. Disponible en http://www.aguayaire.com/MEDIDORES/mvplastico.pdf

17) Medidores de caudal volumétrico. 2004. (En línea). Consultado el 1 de agosto de 2014. Disponible en: http://www.quiminet.com/articulos/los-medidores-de-caudal-volumetrico-16230.htm

18) Medidores de caudal. 2013. Medidores ultrasónicos de flujo o de caudal. (En línea). Consultado el 1 de noviembre de 2014. Disponible en: http://www.quiminet.com/articulos/los-medidores-ultrasonicos-de-flujo-o-caudal-10519.htm#

19) Medidores ultrasónicos de flujo o caudal. 18 julio 2006 (En línea). Consultado el 3 de agosto de 2014. Disponible en: http://www.quiminet.com/articulos/los-medidores-ultrasonicos-de-flujo-o-caudal-10519.htm

20) Métodos de aforo de corrientes naturales de agua más utilizado. sf. Aforo Volumétrico. (En línea). Consultado el 2 de noviembre de 2014. Disponible en: http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articuloses/flujoencanales/aforamientocorrientes/aforodecorrientes.html

21) Ministerio de Ambiente de la República de Colombia. 2002. Guía de ahorro y uso eficiente del agua. (En línea). Consultado el 2 de noviembre de 2014. Disponible en: http://www.crc.gov.co/files/GestionAmbiental/RHidrico/Guia_MAVDT.pdf P. 6-8

22) Naciones Unidas en Bolivia. 2008. Objetivos del desarrollo sostenible. (En línea). Consultado el 2 de noviembre de 2014. Disponible en: http://www.nu.org.bo/objetivos-de-desarrollo-sostenible-ods/#

23) Oficina Internacional del Trabajo. 2012. Transición a una economía mundial más verde - El desafío de las competencias laborales-. (En línea). Consultado el 4 de noviembre de 2014. Disponible en: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/-ifp_skills/documents/publication/wcms_180574.pdf P.3

24) Portaflow PF330/ PF220. sf. (En línea). Consultado el 3 de agosto de 2014. Disponible en: http://www.micronicsflowmeters.com/pdfupdates/Micronics%20PF330%20%20PF220%20Brochure%20v7_SPANISH.pdf

25) Proyectos Preliminares para las Plantas Industriales. sf. Planta de producción de Alcohol etílico. (En línea). Consultado el 3 de junio de 2015. Disponible en:http://turnkey.taiwantrade.com.tw/showpage.asp?subid=149&fdname=FOOD+MANUFACTURING&pagename=Planta+de+produccion+de+alcohol+etílico

26) Selles, J. 2014. ¿Cómo se distribuye el agua en nuestro planeta? (en línea). Consultado el 5 de noviembre del 2014. Disponible en:http://nexciencia.exactas.uba.ar/como-se-distribuye-el-agua-en-nuestro-planeta

27) UNESCO. 2009.Abordar la escasez y la calidad del agua. (En línea). Consultado el 2 de noviembre de 2014. Disponible en: http://www.unesco.org/new/es/office-in-montevideo/ciencias-naturales/water-international-hydrological-programme/escasez-y-calidad-del-agua/

Vo. Bo. Lic. Ana Teresa Cap Yes
Bibliotecaria

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUR OCCIDENTE
BIBLIOTECA
-CONSUROC-

XII. ANEXOS

Cuadro No.33Datos que se ingresan al medidor ultrasónico de agua según las tuberías de DARSA

Datos a ingresar en el medidor ultrasónico según las tuberías que se medirán					
No.	**Área de la tubería**	**tipo de tubería**	**diámetro**	**grosor de la tubería**	**temperatura**
1	pozo 1	PVC	8 pulgadas	0.50 pulgadas	27°C
2	pozo 2	PVC	6 pulgadas	0.25 pulgadas	27°C
3	línea de servicios	hierro fundido	4 pulgadas	0.24 pulgadas	27 °C
4	filtros	PVC	4 pulgadas	0.23 pulgadas	27 °C
5	suavizadores	PVC	4 pulgadas	0.23 pulgadas	27°C
6	tanque de agua suave	PVC	4 pulgadas	0.23 pulgadas	27 °C
7	ósmosis	PVC	4 pulgadas	0.23 pulgadas	27 °C
8	tanque de agua permeada	PVC	3 pulgadas	0.22 pulgadas	27°C
9	tanque desareador	hierro fundido	4 pulgadas	0.24 pulgadas	57°C (varía)
10	caldera	hierro fundido	6 pulgadas	0.24 pulgadas	80.3°C (varía)
11	líneas de procesos	hierro fundido	4 pulgadas	0.24 pulgadas	27°C
12	línea de fermentación (todas)	hierro fundido	6 pulgadas	0.27 pulgadas	27 °C
13	línea de destilación	hierro fundido	12 pulgadas	0.36 pulgadas	27 °C
14	línea de diluciones (continua, ron pesado)	hierro fundido	6 pulgadas	0.27 pulgadas	27°C
15	tanque de CIP				
15.1	entrada 1 procesos	hierro fundido	4 pulgadas	0.24 pulgadas	27 °C
15.2	entrada 2 ósmosis	PVC	2 pulgadas	0.12 pulgadas	27 °C
15.3	entrada 3 carbox	PVC	4 pulgadas	0.23 pulgadas	27°C
15.4	entrada 4 destilación	acero inoxidable	2 pulgadas	0.13 pulgadas	52°C
15.5	entrada 5 destilación 2	acero inoxidable	3 pulgadas	0.13 pulgadas	52°C

Fuente: Autor (2015)

Cuadro No. 34Conversiones de volumen- tiempo del pozo 1

Conversión entrada pozo 1.	
(719.36 gal/~~min~~ * 60 ~~min/1 hrs~~+ 20 ~~hrs/día~~* 350 ~~día~~/año) / 12	25, 177,600 galones/mes

Fuente: Autor del documento (2015)

Cuadro No. 35Conversionesde volumen- tiempo del pozo 2

Conversión entrada pozo 2.	
(210.68 gal/~~min~~ * 60 ~~min/1 hrs~~+ 24 ~~hrs/día~~* 350 ~~día~~/año) / 12	8, 848,560 galones/mes

Fuente:Autor (2015)

Cuadro No. 36 Conversionesde volumen-tiempo de la línea de servicios

Conversión línea de servicios: (dato gal/~~min~~ * 60 ~~min/1 hrs~~+ 18 ~~hrs/día~~* 350 ~~día~~/año) / 12		
área	*Dato original*	*Dato convertido*
Entrada a servicios	228.20 gal/min	7,188,300 gal/mes
Filtros	232.68 gal/min	7,329,420 gal/mes
Suavizadores	213.28 gal/min	6,718,320 gal/mes
Ósmosis	178.83 gal/min	5,633,145 gal/mes
Agua permeada	120.05 gal/min	3,781,575 gal/mes

Fuente:Autor (2015)

Cuadro No. 37Conversiones de volumen-tiempo de la línea de servicios

Conversión línea de servicios: (dato gal/~~min~~ * 60 ~~min/1 hrs~~+ 9 ~~hrs/día~~* 350 ~~día~~/año) / 12		
área	*Dato original*	*Dato convertido*
Entrada a tanque desareador	302.07 gal/min	4,757,602. 5 gal/mes

Fuente:Autor (2015)

Cuadro No. 38Conversiones de volumen-tiempo de la línea de servicios y procesos

Conversión línea de servicios y línea de procesos : (dato gal/~~min~~ * 60 ~~min/1 hrs~~+ 18 ~~hrs/día~~* 350 ~~día~~/año) / 12		
área	*Dato original*	*Dato convertido*
Caldera (servicios)	228.20 gal/min	7,188,300 gal/mes
Entrada a procesos	232.68 gal/min	7,329,420 gal/mes
Entrada a fermentadores	213.28 gal/min	6,718,320 gal/mes
Centrífugas	178.83 gal/min	5,633,145 gal/mes
Agua permeada	120.05 gal/min	3,781,575 gal/mes

Fuente:Autor (2015)

Cuadro No. 39Conversiones de volumen-tiempo de la línea de diluciones carga continua

Conversión línea de diluciones : (dato gal/~~min~~ * 60 ~~min/1 hrs~~+ 24~~hrs/día~~* 350 ~~día~~/año) / 12		
área	*Dato original*	*Dato convertido*
Entrada a diluciones	228.62 gal/min	9,602,040 gal/mes
Entrada a diluciones carga continua	225.47 gal/min	9,469,740 gal/mes

Fuente:Autor (2015)

Cuadro No. 40Conversiones de volumen-tiempo de la línea de diluciones de ron pesado

Conversión línea de diluciones : (dato gal/~~min~~ * 60 ~~min/1 hrs~~+ 6 ~~hrs/día~~* 350 ~~día~~/año) / 12		
área	*Dato original*	*Dato convertido*
Entrada a diluciones de ron pesado	267.9 gal/min	2,812,950 gal/mes

Fuente:Autor(2015)

Cuadro No. 41Conversiones de volumen-tiempo del tanque de CIP I

Conversión entrada de tanque de CIP: (dato gal/~~min~~ * 60 ~~min/1 hrs~~+ 18 ~~hrs/día~~* 350 ~~día~~/año) / 12		
área	*Dato original*	*Dato convertido*
Línea de ósmosis (servicio)	50.17 gal/min	1,580,355 gal/mes

Fuente: Autor (2015)

Cuadro No. 42Conversiones de volumen-tiempo del tanque de CIP II

Conversión entrada de tanque de CIP: (dato gal/~~min~~ * 60 ~~min/1 hrs~~+ 6 ~~hrs/día~~* 350 ~~día~~/año) / 12		
área	*Dato original*	*Dato convertido*
Línea de procesos	104.06 gal/min	1,092,630 gal/mes

Fuente:Autor (2015)

Cuadro No. 43Conversiones de volumen-tiempo del tanque de CIP III

Conversión entrada de tanque de CIP: (dato gal/~~min~~ * 60 ~~min/1 hrs~~+ 12 ~~hrs/día~~* 350 ~~día~~/año) / 12		
área	*Dato original*	*Dato convertido*
Línea de CARBOX	119.60 gal/min	2,511,600 gal/mes

Fuente: Autor (2015)

Cuadro No. 44Conversiones de volumen-tiempo del tanque de CIP IV

Conversión entrada de tanque de CIP: (dato gal/~~min~~ * 60 ~~min/1 hrs~~+ 24 ~~hrs/día~~* 350 ~~día~~/año) / 12		
área	*Dato original*	*Dato convertido*
Línea de destilación 1	119.60 gal/min	2,511,600 gal/mes
Línea de destilación 2	31.7 gal/min	1,331,400 gal/mes

Fuente:Autor (2015)

Figura No.26 Medidor Ultrasónico Micronics PF 220

Fuente: Autor (2015)

Figura No.27 Monitor del Medidor Ultrasónico Micronics PF 220

Fuente: Autor (2015)

Certificate of Calibration

Micronics Ltd certifies that, at the time of manufacture/service, the instrument detailed below was calibrated and verified using an Electromagnetic Flow Meter of known accuracy, which is traceable to National and International Standards in accordance with Micronics Ltd calibration procedures (TP-011). These procedures are in compliance with the relevant clauses of ISO 9001.

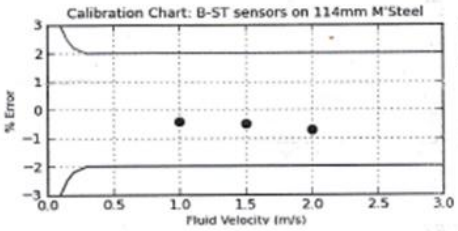
Description of Instrument Calibrated

These are portable ultrasonic 'clamp-on' flowmeters, designed for measuring flow in 'clean' liquids.

Uncertainty in Reference Measurement Equipment: Flowmeter: ±0.2%

Model:	PF220B
Serial No:	11454
Condition:	New
Software Version:	02.07.007

Air Temperature:		14.92
Fluid Temperature:		13.67
A Sensor Serial:		
B Sensor Serial:	37110	37137



Velocity - Error

1.0 m/s -0.41%

1.5 m/s -0.5%

2.0 m/s -0.73%

4-20mA Current Output Calibration

Load (Ohm)	Set I (mA)	DAC Value	Measured	Deviation (%)
120	4.000	8192	4.001	0.025
120	20.000	40867	20.001	0.005

Certified:

Pulse Output Check

Vol/Pulse (litres)	Measured Vol (litres)	Expected No Pulses	Measured No Pulses	Result
10.00	1042	105	115	Pass

Dated:

05/12/2013

Figura No.28Certificado de calibración del medidor ultrasónico Portátil Micronics PF220

Fuente: DARSA

Figura No.29Entrada al área de ósmosis

Fuente: Autor (2015)

Figura No.30 Mediciones en el área de Tanque de CIP (Agua de retorno)

Fuente: Autor (2015)

Figura No. 31Línea de condensados del área de destilación hacia el tanque de agua permeada

Fuente: Autor (2015)

Figura No.32 Entrada al domo de la caldera

Fuente: Autor (2015)

Figura No. 33Señalización de los puntos de medición

Fuente: Autor del documento (2015)

Figura No. 34 Señalización de los puntos de medición

Fuente: Autor (2015)

Figura No.35Señalización de los puntos de medición

Fuente: Autor (2015)

Figura No.36Medición de la purga del área de caldera

Fuente: Autor (2015)

Figura No. 37 Fuga de agua en el área de servicios

Fuente: Autor (2015)

Figura No.38Purga de vapor no controlada en caldera

Fuente: Autor (2015)

Figura No.39 Pantalla del medidor ultrasónico en funcionamiento

Fuente: Autor (2015)

Figura No. 40Purga en el área de destilación

Fuente: Autor (2015)

Figura No.41 Purga en área de destilación

Fuente: Autor (2015)

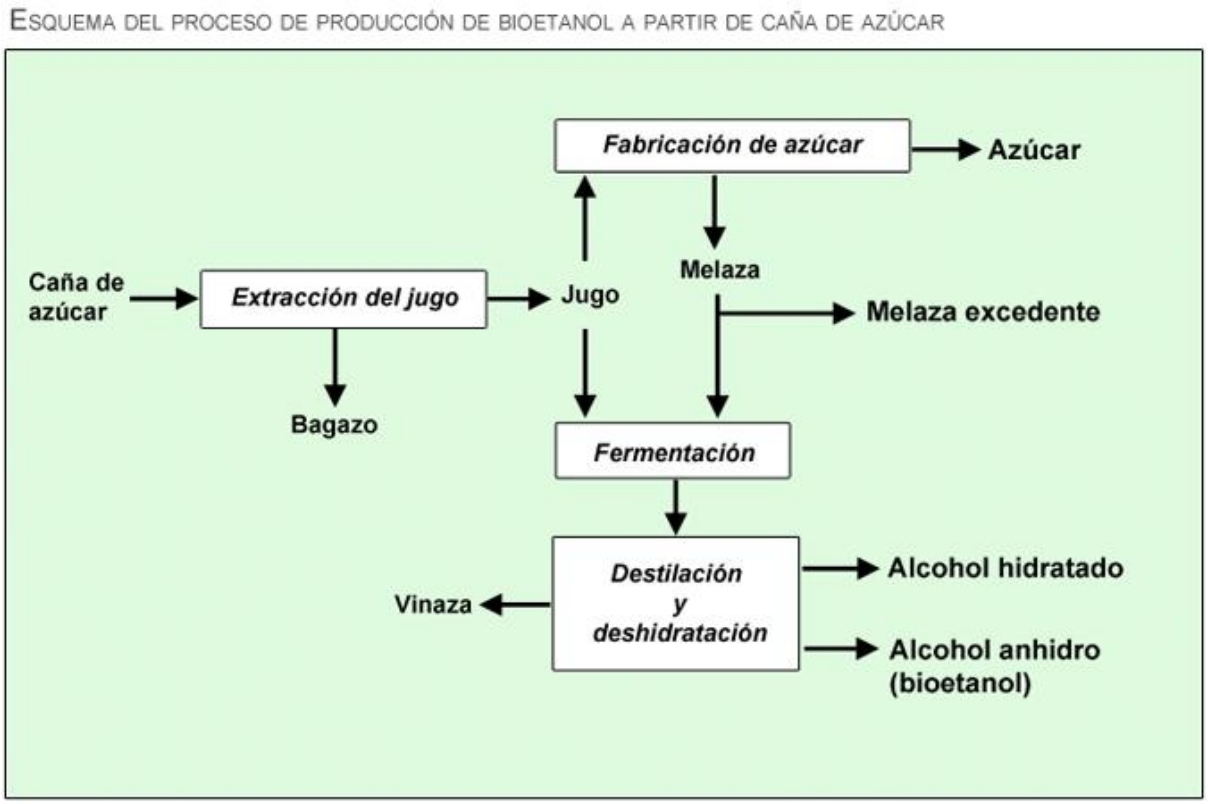


Figura No. 42 Esquema del proceso de producción de alcohol a partir de la caña de azúcar

Fuente: Agropecuaria Global. 2014. Producción de etanol a partir de caña de azúcar (en línea)

Mazatenango Suchitepéquez, 01 de Julio del 2015

MSc. Celso González Morales
Coordinador de la Carrera
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
Centro Universitario del Suroccidente

Respetable Ing. González

Muy respetuosamente me dirijo a usted, para presentarle el informe final de Investigación Inferencial titulado: "BALANCE HIDRICO EN LAS INSTALACIONES DE LA DESTILADORA DE ALCOHOLES Y RONES S.A.", realizado por la estudiante: Jessica Lorena Loarca Méndez, quien se identifica con número de carné 200640886, dentro del programa de Ejercicio Profesional Supervisado de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local – EPSIGAL-.

Este documento se presenta para que de acuerdo con el artículo seis, inciso 6.4 del Normativo de Trabajo de Graduación, pueda a través de sus buenos oficios darse el procedimiento para poder ser considerado como Trabajo de Graduación, para la obtención del título de Ingeniero en Gestión Ambiental Local.

Respetuosamente, se despide de usted.

Atentamente

MSc. Karen Rebeca Pérez
Supervisora EPSIGAL
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
CUNSUROC

Mazatenango Suchitepéquez, 24 de Julio del 2015

MSc. Celso González Morales
Coordinador de la Carrera
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
Centro Universitario del Suroccidente

Respetable Ing. González

De la manera más atenta, me dirijo a usted, para informarle que de acuerdo al artículo 9, del Normativo de trabajo de Graduación de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, he realizado la revisión y observaciones de la investigación titulada: "BALANCE HÍDRICO PARA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ALCOHOL, DESTILADORA DE ALCOHOLES Y RONES, S.A. CUYOTENANGO, SUCHITEPÉQUEZ". Presentada por la estudiante: Jessica Lorena Loarca Méndez, quien se identifica con número de carné 200640886.

Por lo tanto, en mi calidad de revisora le informo que después de realizar el proceso, para lo cual fui asignada como revisora y después de verificar la incorporación de las observaciones por parte de la estudiante a la investigación, procedo a dar visto bueno al documento para que continúe con el proceso de mérito.

Respetuosamente,

Atentamente

Lucrecia Vela Armas
INGENIERA AGRONOMA
Colegiado 3,944

Inga. Agra. Mirna Lucrecia Vela Armas
Revisora de Trabajo de Graduación
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
CUNSUROC

Mazatenango Suchitepéquez 05 de agosto de 2015

Dra. Alba Ruth Maldonado de León
Directora
Centro Universitario de Suroccidente

Respetable Directora:

De la manera más atenta, me dirijo a usted para referirme al informe final de trabajo de graduación titulado: "Balance hídrico para el proceso de producción de alcohol. Destiladora de Alcoholes y Rones, S.A. Cuyotenango, Suchitepéquez", de la estudiante **Jessica Lorena Loarca Méndez**, de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, quien se identifica con número de carne 200640886.

Con base en el dictamen favorable emitido y suscrito por la Inga. Agra. Mirna Lucrecia Vela Armas, revisora del informe, el cual ya fue corregido de acuerdo a las recomendaciones realizadas.

Por lo tanto en mi calidad de Coordinador de la carrera, me permito **solicitarle el IMPRIMASE** respectivo para que la estudiante continúe con el proceso de mérito y pueda presentarlo en el Acto Público de Graduación.

Sin otro particular,

Atentamente

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

MSc. Celso González Morales
Coordinador de la Carrera
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
CUNSUROC

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario del Sur Occidente
1ª Av. 0-200 Zona 2, Mazatenango Suchitepéquez.

USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

CUNSUROC/USAC-I-27-2015

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE. Mazatenango, Suchitepéquez, seis de agosto de dos mil quince———————— ————

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del asesor y revisor, SE AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: **"BALANCE HÍDRICO PARA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ALCOHOL, DESTILADORA DE ALCOHOLES Y RONES, S.A. CUYOTENANGO, SUCHITEPÉQUEZ."**, de la estudiante: **Jessica Lorena Loarca Méndez,** carné **200610886** de la carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

DRA. ALBA RUTH MALDONADO DE LEÓN
DIRECTORA

/gris