

Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña
(UNPHU)

Facultad de Ciencias y Tecnología
Escuela de Química

“Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Azucarero Central de Barahona”.



Trabajo de grado presentado por:

Gregory Yancarlos Ferrera Frías

Para la obtención del grado de
Ingeniero Químico

Santo Domingo, D.N.

2017

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS

Agradecerle a DIOS por dejarme llegar hasta donde me he pautado hacerlo.

Para mi madre, existe una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica y esa fuerza eres tú madre mía Eleodora Andrea Castillo; gracias por ser el oxígeno por el cual respiro, te agradezco por buscarme, educarme, nunca dejarme solo, llorar conmigo desde la distancia, sentir mi dolor aun cuando no te lo expresaba, por ser el mejor regalo con el cual la vida me premió. Nunca existirá una palabra para definir cuanto te amo, pero si existirá el tiempo suficiente para demostrártelo con hechos.

Eulogia Frías Castillo; gracias por sacrificarte por mí, por hacer mi trayecto durante estos cuatro años y medio más placenteros. Siempre recordaré la frase, nada dura para siempre y que llegará el día en que reiré de lo que fue un dolor alguna vez.

Para mis hermanas, Alejandrina Frias Castillo; gracias por tus atenciones y ocurrencias hicieron ver que la vida era diferente; Martha Frias Castillo; gracias por lograr de rodillas tantas cosas, eres el ser de paz y tranquilidad de nuestra familia te súper adoro; Paola Pizzolante; gracias por ser un soporte esencial en mi vida, tu llegada trajo contigo alegría, nunca olvidaré los detalles que te hicieron diferente para mí.

A mis amigos, Ramón Eduardo Ceballos; gracias por acogerme como una familia más y por confiar en mí en cada etapa que vivimos junto; José Luis Fernández Yépez: hermano siempre estaré para usted, porque viste en mí un amigo desde que nos conocimos, gracias por llevarme a casa en los momentos más difíciles; Ámbar Rosbelis Ventura Sanó: viste en mí siempre lo mejor, aun cuando lo peor era notorio, gracias por siempre aconsejarme, escucharme y ayudarme, te quiero un mundo.

Solo espero que DIOS nos regale tiempo para demostrarles cuán importantes son en mi vida.

DEDICATORIA

DEDICATORIA

Te elijo a ti para dedicarte mi proyecto de grado, que eres ese ser que merece todo sobre la faz de la tierra, diste todo a cambio de nada para verme triunfar en la vida, me apoyaste cada segundo, minuto, hora, día, mese, año, nunca me abandonaste por más grande que fuera nuestra tormenta.

Quiero que sepas que eres mi motor, mi orgullo, ejemplo a seguir, por ti me he convertido en el hombre que soñé ser a mi edad, tus consejos vida mía nunca los olvido, los llevo conmigo, Para mi eres como una estrella, que brilla para resplandecer a sus alrededores.

Siempre dijiste que no teníamos herencia que la única que nos podías dar a nosotros era ser un profesional ejemplar, que quizás no nos garantice la mejor vida pero si una buena estabilidad, te enfocaste, mi negra, en hacernos profesionales y culminaste conmigo de la mejor forma, gracias por no dejarme sumergir en el abismo de la infelicidad, por darme buena educación, sacarme a flote cuando desmayaba, secar mis lágrimas cuando sollozaba, abrazarme cuando mi corazón estaba vacío como un evaporador con presión negativa.

Cuando tengo que expresar sobre ti algo las palabras sobran y las páginas faltan, Eleodora Andrea Castillo te amo y te amaré hasta que mi oxígeno falte, mis energías decaigan y mi vida desaparezca. Espero siempre verte sonreír porque esa es mi felicidad, del 1 al 10 nos amamos 11, siempre recuerdo nuestra frase.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIA.....	v
INTRODUCCIÓN	2
OBJETIVOS	5
Objetivo General	6
Objetivos específicos	6
JUSTIFICACIÓN	7
PRIMERA PARTE: FUNDAMENTOS TEÓRICOS	
CAPITULO I: EVAPORADORES	10
I. Evaporación.....	10
I.1. Antecedentes Históricos	10
I.2. Materiales de Construcción de un Evaporador	13
I.2.1. Características de los líquidos referentes al diseño de evaporadores.	13
I.3 Tipos de evaporadores utilizados en la industria azucarera	14
I.3.1 Evaporadores Robert	14
I.3.2 Evaporador tubular de películas descendentes.....	15

I.3.3	Evaporadores de placas de película ascendente	15
I.3.4	Evaporadores de placas de película descendente	15
I.3.5	Pre evaporadores	16
I.4	Objetivos de la evaporación en el Consorcio Azucarero.....	17
I.5	Propiedades de algunos líquidos que se evaporan	18
I.5.1	Concentración	18
I.5.2	Formación de espumas	18
I.6	Alimentación del cuerpo o evaporadores	19
I.6.1	De fondo a fondo por medio de un regulador de nivel.....	19
I.7	Incrustaciones en los evaporadores	20
I.7.1	Origen de las incrustaciones en los evaporadores.....	21
I.7.2	Composición principal de las incrustaciones	22
I.7.3	Colocación de las incrustaciones	22
I.7.4	Prevención de las incrustaciones en los evaporadores.....	22
I.7.5	Equipo de ionización	24
I.7.6	Adición de sustancia que evitan las incrustaciones.....	25
I.7.7	Características de las incrustaciones	25
I.7.8	Incrustaciones lechada de cal	28
I.8	Extracciones de vapor	29

I.8.1 Procesos de refinamiento.....	29
I.8.2 Factores que afectan la economía de vapor y la capacidad	30
I.9 Operación de evaporadores	31
I.9.1 Condiciones óptimas de operaciones.....	31
I.9.2 Control automático de evaporadores	32
I.9.3 Pruebas de vacío	32
I.9.4 Bombeo de meladura	33
I.10 Causas del mal manejo y desempeño en el cuerpo evaporador	34
I.10.1 Factores a tener en cuenta por mal manejo en los evaporadores	35
 SEGUNDA PARTE: MANTENIMIENTO DE EVAPORADORES	
CAPITULO II: DIAGRAMAS P&ID DE EVAPORADORES.....	38
II. Desarrollo P&ID de fábrica	38
II.1. Desarrollo P&ID de fábrica	39
II.1.1. Protocolo de limpieza de evaporadores	40
II.1.2. La limpieza de un tren de evaporadores se realiza de dos maneras	40
II.1.3. Desventaja de la limpieza mecánica	41
II.1.4. Limpieza Química, pasando soda y/o ácidos	41

II.1.5. Proceso de parada de equipo del Consorcio Azucarero Central Barahona.....	43
TERCERA PARTE: MARCO METODOLÓGICO	
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	46
III. Especificación de método.....	47
III.1. Investigación de campo	47
III.1.1. Procedimientos para el Proyecto.....	48
CUARTA PARTE: RESULTADOS	
CAPITULO IV: MANUAL DE OPERACIÓN DE LA SECCIÓN DE ELABORACIÓN	50
IV. Manual de operación del tren de evaporadores.	52
IV.1. Protocolo parada de evaporadores.....	52
IV.1.1. Proceso de parada del evaporador 1 A.	53
IV.1.2. Enjuague del equipo.....	54
IV.1.3. Hervido de soda	55
IV.1.4. Enjuague	56
IV.1.5. Hidrolavado	57
IV.1.6. Arranque de evaporador:.....	59
IV.2. Protocolo de limpieza de evaporadores	60

IV.2.1. Proceso de parada del evaporador 1B.	60
IV.2.2. Enjuague del equipo	62
IV.2.3. Hervido de soda	63
IV.2.4. Enjuague	64
IV.2.5. Hidrolavado	65
IV.2.6. Arranque de evaporador:	67
IV.3. Protocolo de limpieza de evaporadores	68
IV.3.1. Proceso de parada del evaporador 2 A.	68
IV.3.2. Enjuague del equipo	70
IV.3.3. Hervido de soda	71
IV.3.4. Enjuague	72
IV.3.5. Hidrolavado	73
IV.3.6. Alistamiento de evaporador para arranque	75
IV.4. Protocolo de limpieza de evaporadores	76
IV.4.1. Proceso de parada del evaporador 2B.	76
IV.4.2. Enjuague del equipo	78
IV.4.3. Hervido de soda	78
IV.4.4. Enjuague	80
IV.4.5. Hidrolavado	80

IV.4.6. Arranque de evaporador:.....	83
IV.5. Protocolo de limpieza de evaporadores	84
IV.5.1. Proceso de parada del evaporador 3.....	84
IV.5.2. Enjuague del equipo	86
IV.5.3. Hervido de soda	86
IV.5.4. Enjuague	88
IV.5.5. Hidrolavado	88
IV.5.6. Arranque de evaporador:.....	91
IV.6. Protocolo de limpieza de evaporadores	92
IV.6.1. Proceso de parada del evaporador 4A.	92
IV.6.2. Enjuague del equipo	94
IV.6.3. Hervido de soda	94
IV.6.4. Enjuague	96
IV.6.5. Hidrolavado	96
IV.6.6. Arranque de evaporador:.....	99
IV.7. Protocolo de limpieza de evaporadores	100
IV.7.1. Proceso de parada del evaporador 4B	100
IV.7.2. Enjuague del equipo	102
IV.7.3. Hervido de soda	102

IV.7.4. Enjuague	104
IV.7.5. Hidrolavado	104
IV.7.6. Arranque de evaporador:.....	107
IV.8. Diseño diagramas tren de evaporadores.....	110
IV.9. Diseño esquemático de parada de evaporadores protocolo	119
IV.10. Sistema paradas de evaporadores jugo	129
CAPITULO V: RESULTADOS DE MUESTREOS	136
V. Control automático y mecanico del Brix de meladura en el evaporador 4B	136
V.1. Control automático del Brix meladura.....	136
V.2. Control mecánico del Brix de meladura.....	137
QUINTA PARTE: ANÁLISIS DE RESULTADOS	
SEXTA PARTE: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
CONCLUSIONES.....	141
RECOMENDACIONES	144
SÉPTIMA PARTE: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y ANEXOS	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	146
ANEXOS	149
ANEXO I. PRESENTACIÓN DE PROYECTO.....	150
ANEXO II. HOJA DE ASISTENCIA DE INVITADOS AL PROYECTO	152

ANEXO III. MUESTREOS MECÁNICOS DE MELADURA.....	154
ANEXO IV. ORGANIGRAMA DE ENTREGA DE PROYECTO	158
GLOSARIO.....	161

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 RELACIÓN EVAPORADORES ROBERT Y KESTNER.....	17
TABLA 2 PRINCIPALES COMPONENTES DE INCRUSTACIONES.	26
TABLA 3. MANUAL DE OPERACIÓN DEL TREN DE EVAPORADORES.	52
TABLA 4. MUESTREO MECÁNICO DE LA MELADURA.	155
TABLA 5. MUESTREO MECÁNICO DE LA MELADURA.	156
TABLA 6. MUESTREO MECÁNICO DE LA MELADURA.	157
TABLA 7. PROGRAMA DE LÓGICA DE CONTROL DE PROYECTO.	159

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 DIAGRAMA DE FLUJO ANTES DEL PROYECTO	38
ILUSTRACIÓN 2 DIAGRAMA DE FLUJO DESPUÉS DEL PROYECTO.....	39
ILUSTRACIÓN 3 OPERACIÓN DE EQUIPO CUÁDRUPLE EFECTO.	110
ILUSTRACIÓN 4 OPERACIÓN DE EQUIPO QUÍNTUPLE EFECTO	111
ILUSTRACIÓN 5 OPERACIÓN CON EL 1A FUERA	112
ILUSTRACIÓN 6 OPERACIÓN CON EL 1B FUERA.....	113
ILUSTRACIÓN 7 OPERACIÓN CON EL 2A FUERA.....	114
ILUSTRACIÓN 8 OPERACIÓN CON EL 2B FUERA.....	115
ILUSTRACIÓN 9 OPERACIÓN CON EL 3 FUERA	116
ILUSTRACIÓN 10 OPERACIÓN CON EL 4A FUERA.....	117
ILUSTRACIÓN 11 OPERACIÓN CON EL 4B FUERA.....	118
ILUSTRACIÓN 12 INICIO DE OPERACIÓN DE EQUIPO.....	119
ILUSTRACIÓN 13 CERRAR VÁLVULA DE ENTRADA DE VAPOR DE ESCAPE.	119
ILUSTRACIÓN 14 CERRAR VÁLVULA DE SALIDA DE VAPOR V1.....	120
ILUSTRACIÓN 15 ABRIR VÁLVULA DE VENTEO A LA ATMÓSFERA.....	120
ILUSTRACIÓN 16 ABRIR VÁLVULAS DE BAIPÁS DE JUGO	121
ILUSTRACIÓN 17 CERRAR VÁLVULA MANUAL DE ENTRADA DE JUGO AL EVAPORADOR.	121

ILUSTRACIÓN 18 CERRAR VÁLVULAS DE SALIDA DE JUGO AL EVAPORADOR.	122
ILUSTRACIÓN 19 CERRAR VÁLVULAS DE SALIDA DE JUGO DEL BAIPÁS.	122
ILUSTRACIÓN 20 LIQUIDAR JUGO ABRIENDO VÁLVULA DE LIQUIDACIÓN.	123
ILUSTRACIÓN 21 LUEGO DE LIQUIDAR CERRAR VÁLVULA DE LIQUIDACIÓN	123
ILUSTRACIÓN 22 ABRIR VÁLVULA TUBERÍA DE AGUA.	124
ILUSTRACIÓN 23 OPCIÓN 1 AGUA PALOMINO	124
ILUSTRACIÓN 24 OPCIÓN 3 AGUA SALADA.	125
ILUSTRACIÓN 25 OPCIÓN 1 AGUA PALOMINO.	126
ILUSTRACIÓN 26 ABRIR VÁLVULA DE LA ACEQUIA.	126
ILUSTRACIÓN 27 VERIFICAR VÁLVULA LIQUIDACIÓN DE JUGO ESTE CERRADA.	127
ILUSTRACIÓN 28 ABRIR VÁLVULA DE ENTRADA DE SODA	127
ILUSTRACIÓN 29 VERIFICAR QUE LA VÁLVULA DE VENTEO A LA ATMÓSFERA ESTE ABIERTA.	128
ILUSTRACIÓN 30 1A FUERA DE LÍNEA SISTEMA DE JUGO EN LOS EVAPORADORES.	129
ILUSTRACIÓN 31 1B FUERA DE LÍNEA SISTEMA DE JUGO EN LOS EVAPORADORES.	130

ILUSTRACIÓN 32 2A FUERA DE LÍNEA SISTEMA DE JUGO EN LOS EVAPORADORES.....	131
ILUSTRACIÓN 33 2B FUERA DE LÍNEA SISTEMA DE JUGO EN LOS EVAPORADOR.	132
ILUSTRACIÓN 34 3 FUERA DE LÍNEA SISTEMA DE JUGO EN LOS EVAPORADORES.....	133
ILUSTRACIÓN 35 4A FUERA DE LÍNEA SISTEMA DE JUGO EN LOS EVAPORADORES.....	134
ILUSTRACIÓN 36 4B FUERA DE LÍNEA SISTEMA DE JUGO EN LOS EVAPORADORES.....	135

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El azúcar es un producto de uso cotidiano en la nutrición humana, brinda los carbohidratos necesarios para un buen funcionamiento del cuerpo humano. Este producto se obtiene de la caña de azúcar. Del proceso para producir azúcar a partir de la caña se obtienen varios derivados o sub-productos entre ellos: melaza, alcohol y bagazo que es utilizado como energía en la planta.

Las plantas de producción de azúcar se han ido desarrollando a través del tiempo. El azúcar se ha producido desde la antigüedad y se fueron desarrollando grandes fábricas de producción de azúcar, ejemplo: Brasil con más de 800 fábricas para el año 1,540. Según la historia en la travesía de los españoles para llegar a la República Dominicana, trajeron con ellos plantas de caña y empezó el desarrollo de los primeros ingenios en la isla.

Entre los ingenios más antiguos se encuentran: Barahona-1920, Montellano-1918, Central Romana-1918, Boca Chica-1916, entre otros ingenios en el país, estos ingenios empezaron con una tecnología básica, la cual se ha desarrollado a través de los años con investigaciones de los brasileños, ingleses, franceses y sudafricanos, en estos países también se utilizan los ingenios azucareros, los cuales se han modificado a grandes escalas. Gracias a sus investigaciones han llegado a los ingenios conceptos tales como P&ID, un diagrama de tuberías e instrumentación DTI también conocido del idioma inglés como piping and instrumentation diagram/drawing P&ID. Es un diagrama que muestra el flujo del proceso en las tuberías, así como los equipos instalados y el instrumental, tags o etiquetas son nombres que se les atribuye a tuberías, válvulas, bombas y equipos existentes en

las industrias, con el fin de que cada instrumento tenga un nombre y función para fines de registro, lo que permite disminuir costos, tiempos y optimizar los procesos.

Este proyecto tiene como objetivo la elaboración e implementación de un plan de mejora para la subsección de evaporación que se encuentra en la sección de elaboración del consorcio azucarero central de barahona, evaluado durante 6 meses, a ser ejecutado por etapas. En la primera etapa se realiza el P&ID de cómo se encuentra en el momento la fábrica, luego se ejecuta el plan de desmontar las tuberías, válvulas y reducciones. En la segunda etapa del proyecto se inicia el mejoramiento del primer P&ID, agregándole las nuevas tuberías de color verde que se identifican como nuevos proyectos en ejecución, en esta etapa se reconstruye el sistema de evaporación, instalando un nuevo sistema de tuberías, válvulas, reductores, modificaciones en calandrias y cuerpo de los evaporadores. Marcando una diferencia en las estructuras, para que no sea necesario bombas para el arrastre de los jugos en el sistema de evaporación, si no que éste pase a los demás evaporadores por sistema de gravedad.

En la tercera etapa se desarrollara tags de válvulas, tuberías y se agregan válvulas automáticas, las cuales tienen como objetivo controlar nivel, temperatura y flujo en los evaporadores. Los tres primeros evaporadores llamados pre barahona, pree Ozama y evaporador número 3, pasaron a llamarse evaporador 1A, 1B, 2A respectivamente. Con un código de sección, subsección y área que contiene la familia a las cuales pertenecen.

En la etapa número 4 se desarrolla un manual, el cual explica el procedimiento para apartar e incorporar en línea los cuerpos, el mismo contiene el

protocolo para el buen funcionamiento de vapor, jugo, los efectos en cuádruple, quíntuples que se utilizan para el mejor manejo de vapores en los cuerpos.

Los códigos de colores de las válvulas indican la función que están realizando, las rojas se refieren a que están cerradas y las válvulas verdes se refieren a que están abiertas, cada válvula tiene una función específica para la fase líquida, o sea jugo, o en fase vapor.

OBJETIVOS

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar alternativas viables que optimicen el proceso de evaporación en el tren de evaporadores de la producción de azúcar de caña del Consorcio Azucarero Central de Barahona.

Objetivos específicos

- Diseñar un plan de control para obtener mejoras en la eficiencia en comparación con años anteriores.
- Disminuir el tiempo perdido por paradas en la sección de evaporación.
- Mejorar la eficiencia en los grados Brix de la meladura.
- Documentar las variaciones de los parámetros con cada entrada y salida de los evaporadores.
- Identificar con símbolos y colores, las válvulas, tuberías, medidores de flujo, entradas y salidas de flujos para que los operarios identifiquen toda la línea del proceso.
- Sustituir las válvulas existentes por válvulas automáticas y de guillotina, para dar seguridad al proceso.

JUSTIFICACIÓN

JUSTIFICACIÓN

Factory control time es un proyecto que se realiza por la necesidad de mejoras en la sección elaboración. Con la propuesta surgen los P&ID, un diagrama de tuberías e instrumentación DTI también conocido del idioma inglés como piping and instrumentation diagram/drawing P&ID es un diagrama que muestra el flujo del proceso en las tuberías, así como los equipos instalados y el instrumental, una vez desarrollado los P&ID surgen preguntas de los operadores a los superintendentes, debido a estas preguntas se empieza elaborar el manual para la sección de elaboración donde se encuentran los procedimientos de manejo del jugo, vapor, tuberías, tags, válvulas, bypass y el mismo tiene una sección de ejemplos de nomenclaturas de equipos.

La última etapa del proyecto plantea que por, las modificaciones sugeridas en dicha sección, es necesario agregar al manual el diseño de operación del jugo y vapor, La identificación de los tags o etiquetas de las tuberías, válvulas, bombas y equipos existentes en la industria; con el objetivo de que cada instrumento posea un identificador y de esta forma ingresarlos al sistema de cada equipo que esté en función.

PRIMERA PARTE
FUNDAMENTOS TEÓRICOS

CAPITULO I

EVAPORADORES

I. Evaporación

La evaporación es una operación unitaria fundamental en la fabricación de azúcar, siendo la misma un factor que determina la eficiencia energética e incrementa la concentración del jugo clarificado, lo que la convierte en el principal consumidor de vapor.

La mejora de los evaporadores es de gran importancia junto a su configuración de estación para determinar la cantidad de vapor requerido. Haciendo uso de múltiples efectos con evaporadores en serie, es posible reducir la demanda de vapor, con lo que se hace eficiente el proceso; ya que se evapora la mayor cantidad de agua con un menor costo energético.

I.1. Antecedentes Históricos

La caña de azúcar es uno de los cultivos más antiguos en el mundo, no se tienen datos concretos de cuándo inicia su siembra, se cree que ésta empezó 3.000 años A.C. como un tipo de césped en la isla de Nueva Guinea y de allí se extendió a Borneo, luego a Sumatra, para posteriormente llegar a la India.

La caña de azúcar pertenece a la familia de las gramíneas, tiene un tallo leñoso, lleno de un tejido esponjoso y dulce del que se extrae el azúcar. Su altura puede superar los dos metros de altura; tiene hojas largas, lampiñas y flores purpúreas en panoja piramidal. Todo en esta planta se puede utilizar.

La historia registra que el proceso de obtención de azúcar se implementó por primera vez en la India. Hay varias leyendas que hacen referencia a la caña de azúcar, una dice que nació en las Islas de Salomón y dice que los antepasados de la raza humana se generaron de un tallo de la caña. Otra se encuentra escrita en el Átharva-veda, libro sagrado de los hindúes, donde hablan de la corona hecha de caña de azúcar. También está consignado que el general griego Nearchus, quien acompañó a Alejandro el Grande a la India en el siglo IV A.C., hablaba de una caña que produjo miel sin necesitar de las abejas para su producción.

Se dice que fue Cristóbal Colón que en 1493, en su segundo viaje, introdujo la caña en América, a la Isla de La Española, pero estas cañas no prosperaron. Se afirma que en 1501 fueron introducidas plantas que sí crecieron y llegó el éxito de las plantaciones de azúcar a Santo Domingo y que esta se multiplicó a lo largo del Caribe y América del Sur.

Los primeros evaporadores que se empezaron a utilizar, fueron los evaporadores de marmita abierta o artesana. La forma más simple de un evaporador es una marmita abierta o artesana en la cual se hierve el líquido. El suministro de calor proviene de la condensación de vapor de agua en una chaqueta o en serpentines sumergidos en el líquido. En algunos casos, la marmita se calienta a fuego directo. Estos evaporadores son económicos y de operación simple, pero el desperdicio de

calor es excesivo. En ciertos equipos se usan paletas o raspadores para agitar el líquido.

El evaporador de efecto múltiple fue inventado por el ingeniero americano Norbet Rillieux. Aunque Rillieux diseñó el equipo durante la década de 1820 y construyó un prototipo en 1834, no pudo construir el primer evaporador práctico industrial hasta 1845. Originalmente diseñado para concentrar azúcar proveniente del jugo de la caña de azúcar, hoy en día se usa ampliamente en la industria, donde grandes volúmenes de agua necesitan ser evaporados, como en la producción de sal o en la desalinización de agua. La evaporación con efecto múltiple en plantas puede alcanzar ocho etapas o más en plantas de extracción de azúcar, mientras que en la producción de papel se suelen usar seis etapas para extraer la pulpa de papel.

Luego se insertaron en las industrias los evaporadores de tubos horizontales con circulación natural, vertical con circulación natural, vertical de tubos largos, evaporador de caída de película, de circulación forzada, de película agitada y el evaporador solar de artesa abierta. Con los nuevos evaporadores también se desarrollan las nuevas formas de operar las plantas que utilizaban estos tipos de evaporadores, en especial las industrias azucareras, donde se inicia una nueva etapa de operación con los efectos; simples efectos, dobles y triples, que ayudan al ahorro de la energía en las plantas, utilizando el vapor de escape en los primeros evaporadores y una vez generado el vapor en los primeros evaporadores se llama vapor V1 y este alimenta la siguiente etapa llamándose V2.

I.2. Materiales de Construcción de un Evaporador

El inicio para la construcción de evaporadores se utilizó el acero, el uso de estos evaporadores da como resultados, ataque de las soluciones a materiales ferrosos y producción de contaminaciones. Luego de estos casos se comienzan a construir los evaporadores con materiales de cobre, níquel, acero inoxidable, aluminio, grafito y plomo, vigilando las características de los líquidos, para evitar interacción entre éstos y los materiales, algunas de estas características son las siguientes:

I.2.1. Características de los líquidos referentes al diseño de evaporadores.

- Calor específico.

- Temperatura de congelación.

- Toxicidad.

- Peligro de explosión.

- Radioactividad.

- Ausencia de dextrano.

I.3 Tipos de evaporadores utilizados en la industria azucarera

Los evaporadores más usados en la industria azucarera son los Robert, los tubulares de películas descendentes, de placas de película ascendente, de placas de película descendente, pre evaporadores y los evaporadores Kestner o de tubos largos de películas ascendente; cuyas características se detallan a continuación.

I.3.1 Evaporadores Robert

Los evaporadores de calandria con tubos verticales fueron introducidos por primera vez alrededor de 1850 por Robert, el director de una fábrica de azúcar en Seelowitz, Moravia, hoy República Checa, según redacta Hugot, E. en su manual para ingenieros azucareros del 1978. El diseño fue ampliamente adoptado y aún hoy son los evaporadores más utilizados. Generalmente cuentan con tubos de 38 a 51 mm de diámetro y longitudes de tubo en el rango de 1.5 a 3 m. Recientemente se ha presentado una tendencia al uso de tubos más largos en un intento de incrementar el área de intercambio con cuerpos de determinado diámetro. La mayoría de calandrias cuentan con un tubo bajante, normalmente en el centro del evaporador, para mejorar la circulación y la transferencia de calor, y que proporciona una conveniente ubicación para la salida del líquido concentrado. Se debe tener el cuidado de distribuir uniformemente la alimentación de los cuerpos por debajo de la calandria.

I.3.2 Evaporador tubular de películas descendentes

Estos tipos de evaporadores ofrecen ventajas similares a los evaporadores Kestner, como son las de uso de tubos largos y cuerpos más compactos. Por otro lado estos evaporadores demandan una distribución apropiada y uniforme del jugo en los tubos.

Debido a la complejidad de éste, se debe tener una línea de agua de emergencia, por si falla la circulación del jugo se permita bombear agua, para que no se formen incrustaciones en los tubos.

I.3.3 Evaporadores de placas de película ascendente

Tienen gran semejanza en lo referente a construcción, con los calentadores de placas, entre las similitudes se encuentra: el uso de placas en serie en un marco. Debido a su diseño y complejidad éste no ha tenido gran incorporación en la industria.

I.3.4 Evaporadores de placas de película descendente

Este diseño de evaporadores tiene poco tiempo en la industria azucarera, está diseñado con paquetes de placas corrugadas de acero inoxidable soldadas entre sí. El líquido en este tipo de evaporadores circula de manera descendente,

como en el caso de evaporadores de películas ascendentes, y el vapor o escape se alimenta de forma alternada logrando de ésta forma un sistema de calentamiento compacto. Cabe mencionar que el diseño del pasaje por donde circula el jugo se aproxima a 9 mm de diámetro.

I.3.5 Pre evaporadores

Los pre-evaporadores son aquellos evaporadores que se designan especialmente a las extracciones de vapor vegetal. El vapor de escape es el vapor que en conjunto con el jugo alimentan al primer efecto.

I.3.7 Evaporadores Kestner o de tubos largos con películas ascendente

Este tipo de evaporadores se utiliza cuando se requieren evaporadores de grandes capacidad. Este evaporador tiene tubos de mayor longitud, en un rango de 6 a 7.5 m.

Tabla 1 Relación evaporadores Robert y Kestner.

Relación de un evaporador Robert y Kestner	
Kestner	Robert
Un evaporador de 2000 m² tiene un diámetro de 3 m.	Un evaporador de 2000 m ² tiene un diámetro de 5.2 m.
Requiere conectarse a un cuerpo separador de arrastre adicional, que es normalmente de diámetro pequeño.	Estos se encuentran como primer o segundo efecto cuando se requieren grandes áreas de calentamientos para efectuar grandes extracciones de vapor.
Los evaporadores Kestner necesitan sobrecalentado para que la ebullición pueda ocurrir. (ESTO NO ES TOTALMENTE CORRECTO).	No es un pre-requisito beneficiarse de jugo sobre calentado.

Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

I.4 Objetivos de la evaporación en el Consorcio Azucarero

- Concentrar una solución consistente en un soluto no volátil y un solvente volátil, en el 95% de los casos de evaporación el solvente es agua.
- Incrementar la concentración de jugo clarificado hasta un contenido de sólidos disueltos de 65%-68%.

- Generar vapor vegetal (V1, V2, V3, V4 Y V5) para ser aprovechado en la misma planta.

I.5 Propiedades de algunos líquidos que se evaporan

A continuación se describen las características y propiedades de los líquidos que se evaporan en los procesos de producción de azúcar en un tren de evaporadores.

I.5.1 Concentración

A medida que se va evaporando, una solución aumenta la densidad y la viscosidad debido a los sólidos. Luego la solución pasa a la etapa de saturación o el licor se vuelve demasiado viscoso para una transferencia adecuada de calor.

La ebullición continuada de una solución saturada dará lugar a la formación de cristales, es preciso separar para que pueda el fluido pueda fluir de la manera correcta y no se obstruya la tubería. Un factor importante es la temperatura de ebullición de la solución.

I.5.2 Formación de espumas

La mayoría de sustancias orgánicas al evaporarse forman espumas, el resultado de las espumas en la evaporación, es la incrustación; esto se debe a la

espuma estable que acompaña al vapor que sale del evaporador, causando fuertes arrastres.

I.6 Alimentación del cuerpo o evaporadores

Existen diversos métodos de alimentación del jugo, en los cuerpos sucesivos, entre ellos encontramos:

- Del fondo de un cuerpo a la parte superior de la calandria siguiente.
- Fondo a fondo por medio de un regulador de nivel.
- De fondo a fondo con circulación Chapman.

I.6.1 De fondo a fondo por medio de un regulador de nivel

En los evaporadores de fondo a fondo por medio de un regulador de nivel, las válvulas se colocan en los tubos de intercomunicaciones de jugo entre los cuerpos, se manejan con operadores.

El sistema de control automático para el control de nivel, presión y temperatura instalado en la fábrica es controlado por un regulador de nivel. Los

evaporadores de este tipo de instalación en la fábrica constan de una entrada de jugo, esta proviene de la salida del evaporador anterior, que va desde el fondo del primer evaporador hasta el fondo del siguiente. Las tuberías de entrada de jugo tienen dos válvulas que controlan el nivel y la de salida de jugo desde el fondo, tienen además de sus válvulas generales un baipás que le permite baipasear el jugo en un momento dado para seguir una operación normalizada en cualquier regulación.

Cabe mencionar que la estructura reguladora de nivel en el sistema de evaporadores también está conformada por válvulas automáticas, estas son controladas desde el cuarto de control del área.

I.7 Incrustaciones en los evaporadores

Las operaciones en el tren de evaporadores al transcurrir el tiempo presentan fenómenos de incrustaciones sobre la superficie interna de los tubos, esto es debido a los componentes de jugo materiales orgánicos que precipitan por la saturación. Las incrustaciones incrementan su resistencia a la transferencia de calor desde el vapor calefactor que se condensa hasta el jugo en ebullición. En consecuencia la proporción (tasa) de transferencia de calor es mayor cuando los tubos están limpios que cuando se encuentran incrustados.

La velocidad de incrustación corresponde a la tasa de proporción neta de deposición y remoción, que es influenciada por múltiples factores, incluyendo la composición del jugo, la concentración de la sacarosa, la temperatura y la velocidad del líquido a través de los tubos.

La capa de incrustaciones tiene mayor espesor en el fondo del tubo que en la parte superior, debido a las velocidades a la que se encuentran en una región con flujo adiabático el flujo en las tuberías.

La disposición de entrada del líquido debe de ser proporcional a las tuberías a utilizar, de esta forma se puede alimentar con un flujo adecuado lo que permitirá una concentración uniforme y las regiones inferiores de los tubos en la calandria se podrán localizar con menores incrustaciones.

Las incrustaciones en los evaporadores se pueden controlar con la alimentación, un evaporador que se sobrealimenta tiende a tener mayor porcentaje de incrustaciones. Reitzer mostró que las incrustaciones son más severas cuando la alimentación tiene baja densidad y conductividad térmica. También son promovidas por un bajo coeficiente de la película interna.

I.7.1 Origen de las incrustaciones en los evaporadores

Los materiales en suspensión en el jugo, la mala separación por un arrastre deficiente y una filtración defectuosa, ocasiona que los no azúcares en solución se

insolubilicen a medida que el jugo se va concentrando, este tipo de incrustaciones se observan en el último cuerpo del proceso o meladura.

I.7.2 Composición principal de las incrustaciones

Los principales componentes son sales de calcio: fosfatos, sulfatos, oxalatos, carbonatos y algunos óxidos metálicos como los óxidos de magnesio, de hierro y aluminio, estas son incrustaciones sencillas. Entre las incrustaciones más fuertes podemos mencionar, las sulfatadas, y entre las más suaves se encuentran las silicosas porque tienen una textura más porosa.

I.7.3 Colocación de las incrustaciones

Debido a que el jugo posee un flujo laminar en la parte inferior de los tubos, tienden a ser más gruesas las incrustaciones y en la parte superior es más delgada ya que es donde hierve el jugo, provocando un flujo turbulento.

I.7.4 Prevención de las incrustaciones en los evaporadores

Entre los procesos de prevención, que tienen como objetivo disminuir las incrustaciones en los evaporadores, tenemos la opción A: el equipo ionizador, y B adición de materiales, algunas recomendaciones son recomendaciones son:

- Las incrustaciones constituyen un fenómeno físico-químico que siempre está presente en cualquier sistema de transporte de lechada de cal, y es notorio en la medida que no se considere la velocidad límite de flujo para su transporte hidráulico. Se debe utilizar las bombas alternadas para evitar incrustaciones.
- Las incrustaciones se pueden minimizar, pero difícilmente prevenir, incrementando la velocidad de la pulpa en las cañerías.

Las precauciones más comunes que han sido desarrolladas para minimizar y en algunos casos prevenir éste problema, las precauciones más comunes son.

- Limpiar en forma rutinaria, el sistema de transporte de lechada con chorros de agua, con soluciones de ceniza de soda al 15%, o con soluciones de ácido clorhídrico.
- Limpiar las cañerías con un dispositivo mecánico.
- El uso de cañerías flexibles permite quebrar las incrustaciones por torsión.
- Efectuar limpieza mecánica periódica a través del uso de cámaras de decantación (donde las condiciones climáticas interiores lo permitan), con fácil acceso.

- Considerar la retención de la lechada de cal en un estanque de envejecimiento, antes de que la misma sea introducida en el sistema de transporte, para evitar la post-precipitación de materiales incrustantes.

- Agregar de 8 a 12 mg/l de hexametáfosfato de sodio aguas arriba desde el apagado o estanque de preparación. Este fosfato ablanda el agua de tal manera que los carbonatos de calcio que precipitan se defloculen, esto es, que se mantengan dispersos.

- Aplicar calor directo sobre la sección desmontada de cañerías y accesorios. Los golpes térmicos provocan que la incrustación se quiebre y se desprenda con facilidad.

- Emplear lechadas con alto contenido de sólidos, normalmente entre un 10 a 15% de sólidos.

I.7.5 Equipo de ionización

Existen dos tipos de equipos, uno de fabricación belga y otro de fabricación inglesa supersta. Su estructura está compuesta de un tubo de 5 a 10 cm de longitud, este se coloca en una tubería que lleva al jugo alcalizado a los calentadores. El tubo está rodeado de una envoltura dense encuentra; un ejemplo de esto es una válvula solenoide que recibe corriente eléctrica y que se somete la corriente del jugo a la acción de un campo eléctrico. Las moléculas de las sales minerales disueltas en el jugo se "ionizan" y tienden a permanecer en suspensión y no se depositan en la

superficie de los cambiadores de calor. El equipo inglés produce un campo "eléctrico" y el belga produce un campo magnético.

I.7.6 Adición de sustancia que evitan las incrustaciones

En este tipo de proceso es más conocido el tetra-fosfo-glucosato de calcio. Si introducimos en los tubos de múltiple efectos 500 a 1500 g de esta sustancia por cada 100 toneladas de caña cuando el jugo clarificado va al evaporador se puede evitar una proporción considerable de incrustaciones.

I.7.7 Características de las incrustaciones

Investigaciones sobre las procedencias de las incrustaciones al igual que su eliminación, han destacado a los principales componentes orgánicos; sílice, calcio, magnesio y fosfatos como, los principales causantes de las incrustaciones en los evaporadores. Las composiciones de las incrustaciones es afectada por la composición de la caña procesada, que a su vez es afectada por el factor suelo y climático. Walthew y Tuner en el año 1995 realizaron un reporte que dice las incrustaciones no cambian mucho en el curso de la zafra. La magnitud de las incrustaciones también es resultado del control del pH en la estación de clarificación

Tabla 2 Principales componentes de incrustaciones.

Principales componentes de incrustaciones		
Compuestos.	Formación.	Acción química.
Fosfato de calcio	Principalmente en los dos primeros efectos, luego se reduce progresivamente a lo largo del tren de evaporadores.	Atacado efectivamente con soda cáustica, con ácidos diluidos, por ej. Alúmina férrica.
Materia orgánica (proteínas, sustancias gelatinosas, polisacáridos)	Valores máximos en el primer efecto, a lo largo del tren	Atacado con soda cáustica.
Sílice (amorfa o silicato de calcio cristalino)	Principalmente en el último y penúltimo efectos; su solubilidad se reduce al incrementar la concentración de azúcar	Ataque lento con soda cáustica, o particularmente lento con sílice cristalina. No es atacada por ácido o EDTA. También es efectivo fluoruro en forma de ácido

<p>Hidroxiapatita (forma compleja del fosfato de calcio)</p>	<p>Evidente en los primeros efectos.</p>	<p>Parcialmente atacada con soda cáustica. Efectiva mente atacada con ácidos y “alúmina férrica”.</p>
<p>Oxalato de calcio</p>	<p>Principalmente en los últimos efectos y usualmente en el último cuerpo. Frecuentemente se precipita con sílice</p>	<p>Atacado lentamente con ácido diluido y “alúmina férrica”. El ataque con soda cáustica es extremadamente lento. Si es removido con EDTA.</p>
<p>Aconitato de calcio y magnesio</p>	<p>Observado en el último efecto. Encontrado ocasionalmente.</p>	<p>Atacado lentamente con ácido diluido y “alúmina férrica”. El ataque con soda cáustica es extremadamente lento. Se es removido con EDTA.</p>
<p>Carbonatos</p>	<p>Con frecuencia alcanza su máximo valor en el penúltimo efecto</p>	<p>Atacado efectivamente con ácido y EDTA.</p>

Sulfatos	Incrustaciones duras de sulfato de calcio hidratado en el último efecto.	Atacado lentamente con ácidos y “alúmina férrica”.
-----------------	--	--

Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

I.7.8 Incrustaciones lechada de cal

De la misma manera que ocurren las incrustaciones por precipitación y sedimentaciones de sólidos ocurre para la cal. Fenómeno que es incrementado por la arenilla, entre los factores que determinan la ocurrencia de incrustación se encuentran:

- I. La escala solubilidad de los distintos tipos de cal.
- II. Temperatura.
- III. El anhídrido carbónico, puede introducirse al sistema de transporte de la lechada, haciendo que la cal en solución reaccione con este, formando un precipitado de carbonato de calcio. $\text{CaO} + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{CaCO}_3$

- IV. El agua utilizada para preparar la lechada, puede contener iones de sulfatos u otros, los que reaccionan con el calcio contenido en la cal formando precipitados. $\text{Ca}^{+2} + \text{SO}_4^{-2} \longrightarrow \text{CaSO}$.

I.8 Extracciones de vapor

A medida que incrementa el número del efecto desde el cual se extrae vapor, la temperatura de la extracción es menor. En consecuencia para mejorar la economía de vapor y la capacidad, se prefiere efectuar las extracciones desde un efecto tan cerca del último como sea posible; pero normalmente esto es restringido por la tarea para la cual será utilizado el vapor. El vapor 1 se utiliza generalmente en los tachos y los calentadores de jugo, mientras que el vapor 2 se usa con frecuencia para una primera etapa de calentamiento y en los tachos continuos. El vapor 3 se utiliza únicamente en aquellos casos donde se requiere una economía de vapor anormalmente elevada, generalmente como resultado de procesamientos derivados que requieren mayor cantidad de vapor y/o bagazo, limitando por tanto la disponibilidad para la fábrica.

I.8.1 Procesos de refinamiento

Existen varios refinamientos que se pueden introducir fácilmente utilizando rutinas computacionales como:

- La evaporación por descompresión instantánea 'flash' del condensado que pasa de una calandria a la siguiente puede ser incorporada en algunos o todos los efectos.

- Las extracciones de vapor pueden cambiar con el flujo de jugo. Los requerimientos de vapor en los calentadores pueden hacerse proporcionales al flujo de jugo, y los requerimientos de vapor en los tachos proporcionales a la carga de sólidos disueltos.

- Las caídas de presión a lo largo de las tuberías desde los espacios de vapor hasta la siguiente calandria pueden ser incorporadas.

I.8.2 Factores que afectan la economía de vapor y la capacidad

La economía de vapor de los evaporadores se define como el número de kg de agua evaporados por kg de vapor de escape suministrado al primer efecto. El arreglo con el cual los evaporadores se encuentren configurados determina la cantidad de vapor que la fábrica consume, y generalmente está determinado por las condiciones locales que fijan la disponibilidad de vapor y de bagazo. Usualmente se justifica adaptar la estación de evaporadores a estas condiciones, dado que las inversiones requeridas en los evaporadores son pequeñas en comparación con los costos de otras alternativas, sea en términos de combustible suplementario o el transporte y desecho de excesos de bagazo. Una vez que se decide la configuración de la estación, la capacidad se proporciona suministrando suficiente área de

transferencia de calor para las condiciones del vapor de escape en la planta y las extracciones de vapor.

I.9 Operación de evaporadores

Las operaciones en un tren de evaporadores, son las que garantizan la calidad del producto, algunas de las condiciones de operar en un tren de evaporadores son:

I.9.1 Condiciones óptimas de operaciones

Operar de forma estable un tren de evaporadores, garantiza mejor desempeño. Para lograr la estabilidad del tren de evaporadores se debe automatizar el tren, el vapor que alimenta los evaporadores es el vapor de escape debe suministrarse a una presión estable, la cual no afecta el sistema de evaporadores y es un prerrequisito para los controles automatizados que entre el vapor de escape estable.

El nivel de los tubos debe mantenerse bajo, el último efecto opera a menor presión absoluta. Se debe operar con eficiencia mínima tanto en la retención del jugo como en el efecto de la cabeza hidrostática sobre la temperatura de ebullición del líquido. Se espera un nivel óptico en el primer efecto de 33% de la longitud del tubo desde el fondo, sin embargo, algunas sugerencias de literaturas indican un nivel diferente alrededor de 20% en el último cuerpo.

I.9.2 Control automático de evaporadores

La automatización ha generado grandes cambios en el sistema de evaporación, se ha vuelto una práctica común controlar la presión del último efecto mediante el ajuste del agua de inyección al condensador buscando lograr un valor de presión constante. También se controlan los efectos por flujo de jugo en cada evaporador a la entrada, que es la alimentación o salida del mismo. Esto dependerá de la forma en que se lleva a cabo el control de los sólidos disueltos de la meladura que salen del último efecto, no es fácil lograr un control automático preciso en un tren de evaporadores, debido a los tiempos de desfase involucrados.

Un ejemplo es: un evaporador tipo Kestner, usando este evaporador como primer efecto, el sistema de control es diferente debido a que el nivel en este cuerpo no se controla. Debido a que este se conceptualiza como sección de tuberías. Si nos vamos a un evaporador de películas descendentes, si se puede controlar con controles automáticos, pero es más difícil el control, por que controla el flujo de recirculación.

I.9.3 Pruebas de vacío

Las entradas de aire a los evaporadores pueden ser por fugas de vacío en las juntas o válvulas, y también se puede asumir que: en caso de que estas tengan un fallo por orificios en el evaporador esto sea motivo de la corrosión que es resultado de la humedad y temperatura en el cuerpo. La consecuencia es una reducción de capacidad y un incremento en la carga del equipo al vacío.

El aislamiento de los evaporadores no siempre se consigue y por esta misma razón no es fácil efectuar pruebas de entradas de aire como el caso de los tachos. Hacer una prueba de vacío consiste en inducir un vacío y registrar el incremento de presión respecto al tiempo. Dando por sentado que la presión absoluta en el cuerpo sea menor que 53 kpa, el flujo de aire que entra en el cuerpo es independiente de la presión absoluta. Una prueba de vacío en un cuerpo evaporador debe indicar un incremento de presión por debajo de 10 kpa en 30 minutos. Es importante realizar pruebas de presión en la calandria, esta prueba debe hacerse rutinariamente presurizando la calandria con agua.

I.9.4 Bombeo de meladura

La meladura es el resultado de la evaporación del jugo en los distintos cuerpos hasta llegar a la etapa final. Debido a la concentración de la meladura, el NPSH de las bombas tiende a bajar. Lo más recomendable sería instalar un separador en la sección de la bomba, el cual en caso de resultar bloqueado incrementa la caída de presión en la línea de succión. Se toma como referencia las instalaciones de los evaporadores debido a que si un evaporador se instala a una altura baja, lo que proporciona una baja cabeza estática sobre el lado de succión.

Cuando los cuerpos se instalan a niveles bajos, se recomienda lo siguiente:

- Contar con 2 separadores en paralelo para la línea de succión, de manera que uno de ellos pueda ser limpiado sin que sea necesario detener la operación. Como es normal luego de la limpieza de los evaporadores en las

bombas se encuentran terrones de incrustaciones y generalmente taponamientos.

- Elegir bombas de bajas velocidad.

- Utilizar bombas con bajos requerimientos de NSPH.

- Instalar una línea de alivio (típicamente de 25 mm de diámetro) desde el ojo de la bomba hasta el espacio de vapor en el cuerpo. Esta debe contar con una válvula cerca de la bomba, la cual se cierra cuando la bomba no se encuentra en operación.

I.10 Causas del mal manejo y desempeño en el cuerpo evaporador

Es importante desarrollar y contar con una lista de revisiones que enumeren los aspectos a considerar, cuando los evaporadores no desempeñan de acuerdo a las condiciones esperadas. Estas dificultades pueden ser provocadas por fallas fundamentales en el diseño, debido a que los cuerpos se utilizan en áreas a las cuales no fueron directamente diseñadas por las condiciones.

I.10.1 Factores a tener en cuenta por mal manejo en los evaporadores

Los factores más relevantes al momento de llevar a cabo una operación en los evaporadores son:

- Los gases incondensables no se desfogan, o ventean adecuadamente desde toda el área de la calandria, o algunas de las descargas se encuentran bloqueadas o resultan ser inadecuadamente pequeñas.
- Fugas de jugo y vapor en la calandria, a la entrada de aire a la calandria, o escape de condensado o vapor al espacio del jugo hirviente.
- Caída de presión excesiva entre el espacio de vapor de un cuerpo y la calandria del siguiente cuerpo. Esto puede ser causado por taponamientos del separador de arrastres, tuberías de vapor sub-diseñadas o por la presencia de algún elemento en la línea que causa obstrucción del flujo.
- Deficiencia en la ubicación de las entradas y salidas de jugo que causen evaporación desigual e incrustaciones localizadas.
- Uno de los cuerpos resulta sobre cargado debido a que constituye el cuello de botella del tren de evaporadores esta deficiencia se puede identificar comparándole con los otros efectos mediante el criterio de eficiencia de área.

- El cuerpo sufre incrustaciones más severas de lo esperado debido a condiciones de proceso.

SEGUNDA PARTE

MANTENIMIENTO DE EVAPORADORES

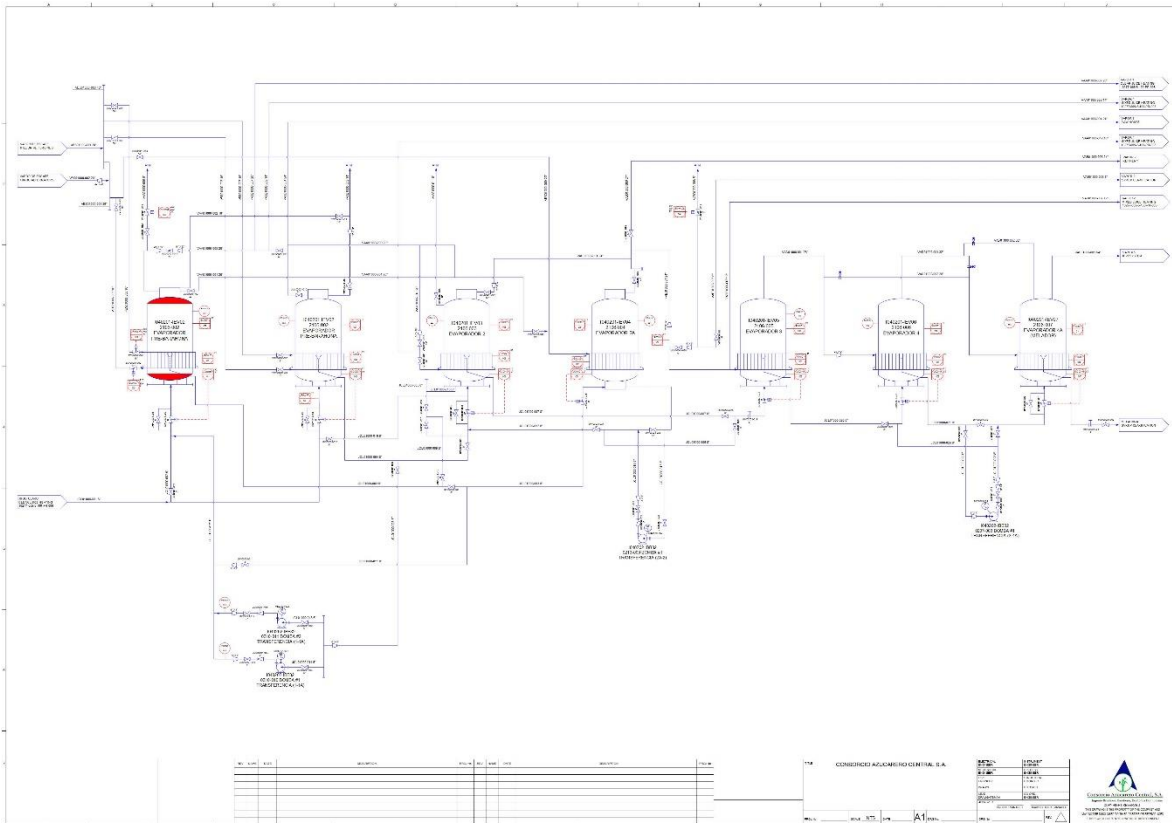
CAPITULO II

DIAGRAMAS P&ID DE EVAPORADORES

Los P&ID son una explicación grafica sistemática y lógica, donde se representan procesos industriales, a continuación se representa el P&ID sobre el levantamiento de la sección de elaboración, antes de ser puesto en marcha dicho proyecto.

II. Desarrollo P&ID de fábrica

Ilustración 1 Diagrama de flujo antes del proyecto

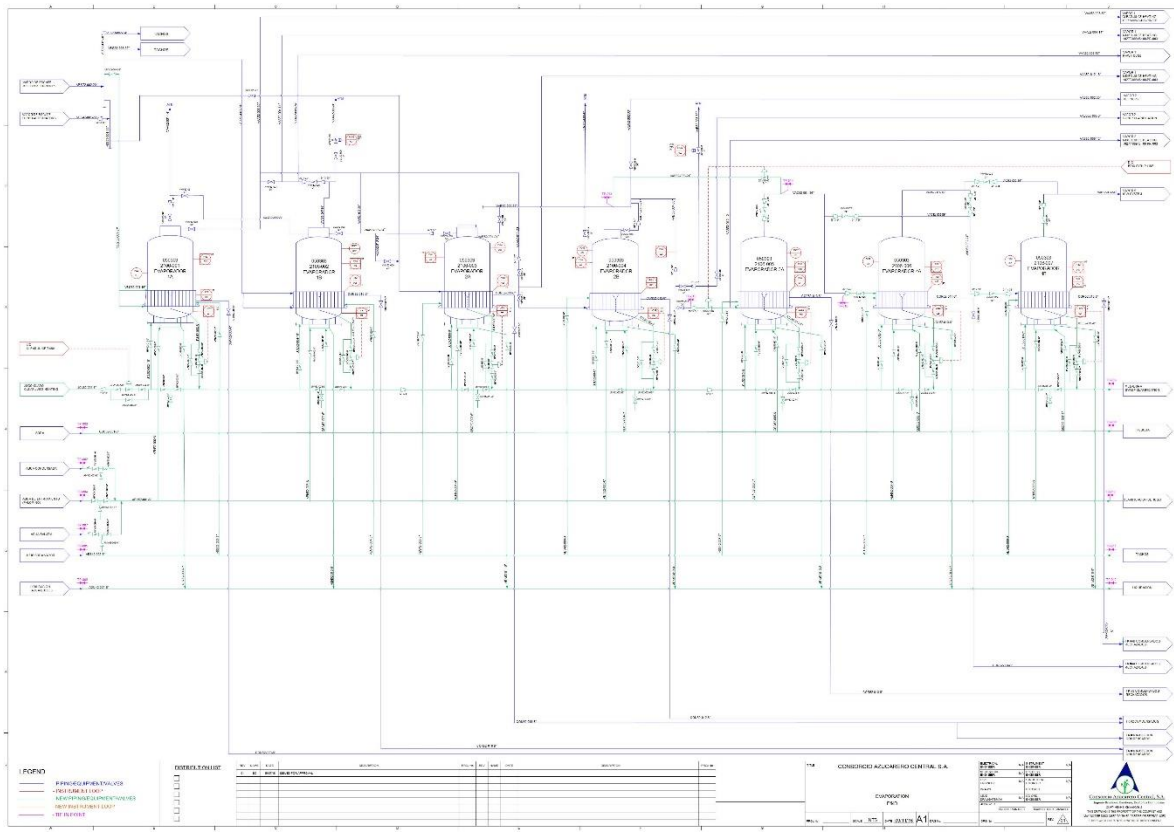


Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

P&ID donde están contenido los cambios realizados luego del levantamiento para modificaciones.

II.1. Desarrollo P&ID de fábrica

Ilustración 2 Diagrama de flujo después del proyecto.



Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

II.1.1. Protocolo de limpieza de evaporadores

Las paradas de los evaporadores en las industrias azucareras se deben a las incrustaciones formadas rápidamente en las tuberías, esto obliga a paradas semanal que tienen como finalidad limpiar los cuerpos.

En las industrias donde la clarificación es muy buena y en la que el múltiple efecto es calculado con amplitud, la limpieza se realiza cada 14 días.

II.1.2. La limpieza de un tren de evaporadores se realiza de dos maneras

- A) Limpieza mecánica por raspadores o barrenadores. Esta se lleva a cabo con raspadores eléctricos. Estas son pequeñas cajas, que contienen un motor eléctrico, el motor hace unos movimientos de rotación rápida a un alma de acero flexible de varios metros de longitud encerrada en una faja protectora y que termina en una herramienta con muelas; las muelas están colocadas sobre el eje. La fuerza centrífuga las proyecta la pared del tubo lo que permite emplear la misma herramienta para la limpieza de tubos de diámetros irregulares.

Este procedimiento generalmente es suficiente aunque, lo conveniente es pasar la herramienta dos veces en cada tubo, de arriba a hacia abajo y de abajo hacia arriba. No es recomendable prolongar la limpieza cuando el tubo esta ya casi limpio porque se tiende a desgastar el metal. La limpieza debe llevarse a cabo

después de llevar al nivel de agua al evaporador en la parte superior del tubo. Pueden limpiarse aproximadamente, de 50 a 100 tubos de longitud corriente, 1.50 m a 2 m, por operador y hora.

II.1.3. Desventaja de la limpieza mecánica

La limpieza mecánica es poco agradable y la mano de obra es costosa, puede provocar desgasta los tubos, de los que desprende pequeños trozos de metal; antes de poder iniciar el trabajo de limpieza mecánica es necesario sacar de operación al evaporador y dejarle enfriar. Esto usualmente involucra llenar el cuerpo con agua. El nivel del agua normalmente se reduce hasta una altura alrededor de 0.5 m por debajo de la placa superior de la calandria antes de iniciar la limpieza manteniendo el fondo inundado. La limpieza de un tren de evaporadores puede completarse aproximadamente en 8 horas, luego de que los evaporadores se hayan enfriado.

II.1.4. Limpieza Química, pasando soda y/o ácidos

Este procedimiento consiste en hacer hervir dentro del cuerpo una solución de hidróxido de sodio NaOH o de ácido clorhídrico HCl.

La soda cáustica es el agente químico utilizado con más frecuencia para la limpieza de los evaporadores, también se puede aplicar una mezcla de soda cáustica y carbonato de sodio purificado. En algunos casos se utiliza soda cáustica

para los primeros erectos a una concentración mayor de 20 g/100 g, esta se puede disminuir al agregar agentes humectantes adecuados.

Después de lavar con agua es necesario abrir el vapor a la calandria, para que las incrustaciones suavizadas se desprendan, agrieten y luego caigan. Este proceso es sólo para el último cuerpo; en los cuerpos anteriores se caen con más facilidad raspándola porque la concentración es menor en comparación con el último cuerpo.

La operación se termina con la limpieza del fondo del aparato para lo que se levanta el cono central inferior.

Cuando se limpia un cuerpo, no es solamente supervisar la parte alta de cuerpo para ver si quedaron incrustaciones, es necesario hacer descender una lámpara por el tubo central hasta el fondo, de esta manera podemos percibir con mayor exactitud el estado de la parte más baja en los tubos de los evaporadores.

Según el manual para ingenieros azucareros de Hugo, E. dice que: no se debe confiar solamente en el aspecto. El autor conoce el caso de una fábrica que limpiaba el múltiple por medio de una raspadora eléctrica. Los tubos quedaban pulidos y brillantes y sin embargo, el aparato trabaja mal. Investigando del caso se pudo observar que los tubos contenían un anillo interior de incrustaciones muy duras con el aspecto de ágata pulida. Al remplazar el tubo, es conveniente cortarlo en dos partes para ver más de cerca su generatriz y analizar su sección.

II.1.5. Proceso de parada de equipo del Consorcio Azucarero Central Barahona

Departamento De Elaboración

1. Comunicar vía radio con CCE que se va a iniciar proceso de limpieza del evaporador.
2. Cerrar válvula de entrada de vapor.
3. Cerrar válvula de salida de vapor.
4. Abrir válvula de venteo a la atmósfera.
5. Abrir válvulas de baipás de jugo (2 válvulas del header ppal de jugo).
6. Cerrar válvula manual de entrada de jugo al evaporador (1 válvula manual).
7. Cerrar válvulas de salida de jugo al evaporador.
8. Cerrar válvula de salida de jugo.
9. Coordinar con operador del CCE vía radio que se cerró válvula de jugo, para que oprima botón de baipás del evaporador#____ pase a controlar la válvula automática de jugo del evaporador siguiente.
10. Verificar con CCE que este controlando los niveles de los evaporadores siguientes.

11. Comunicar al operador de CCE verificar nivel TJC, que este apto para recibir más jugo.
12. Liquidar jugo abriendo válvula al header de liquidación que va al tanque jugo claro.
13. Cerrar válvula de línea de condensado.

TERCERA PARTE
MARCO METODOLÓGICO

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

En el desarrollo de este trabajo de grado se realizaron investigaciones en diversos libros, con el fin de obtener el mejor resultado a la hora de plasmar los temas a tratar en el desarrollo del manual que resulta del proyecto Factory control time, una vez llevada a cabo las investigaciones y lecturas, se reducen los materiales aquellos más actualizados y más conocidos en el mercado de la literatura de ingenios azucareros. Haciendo uso de las literaturas de francesas, brasileñas, sudafricana y australiana. Las cuales inducen al manejo de las limpiezas de los evaporadores sugiriendo: las ventajas de lavar el cuerpo con químicos o mecánicamente así como los cálculos pertinentes a desarrollar un múltiple efecto, cuando utilizar un cuádruple o un quíntuple efecto.

Cuando se desarrolla un proyecto transcurren tiempos, a lo largo del mismo surgen ideas las cuales ayudan a buscar la mejor solución a los problemas. Comparando este proyecto con zafras anteriores, donde un cuerpo no se lavaba semanal, si no que se paraba la fábrica para lavar todos los cuerpos en línea a lo que se llama tiempo perdido sumando mucho tiempo perdido a la fábrica. Ahora se puede ver la diferencia al desarrollar un protocolo de limpieza donde, un cuerpo se lava semanal sin necesidad de parar más que el equipo que no esté en funcionamiento.

Se realiza un protocolo para cada etapa, de esta manera el operario, supervisor y gerente tengan un control a la hora de sacar un cuerpo de línea o entrar el mismo cuerpo a línea nuevamente, porque muchas veces se quedaban válvulas

abiertas y no se percataban cuáles eran las direcciones a la que se dirigían los diferentes fluidos, tanto de jugo como de vapor. En la actualidad las válvulas cuentan con un nombre, una posición y un área de identificación, las cuales fueron desarrolladas bajo los criterios de tags, que son nombres para etiquetas de diferentes equipos que fueron desarrolladas por (ISO 1901 – 2015).

III. Especificación de método

III.1. Investigación de campo

Los datos tomados en este trabajo fueron directos desde el campo, donde se realizaron borradores del diseños del P&ID, para analizar de dónde venían las tuberías, qué cantidad de válvulas existen en la planta, que se necesita mejorar el cuerpo o evaporador. Luego se realizó el P&ID en Visio, identificando líneas con colores específicos, instalaciones de válvulas automáticas encargadas de controlar (temperatura, nivel y presión), nuevas tuberías, por ejemplo la línea de agua tiene entradas de 3 tuberías de aguas diferentes. Ahora luego del proyecto se puede visualizar una mejora en la misma línea que tiene sólo una entrada al evaporador pero 3 alimentaciones diferentes (agua de enfriamiento, agua salada y agua condensada).

III.1.1. Procedimientos para el Proyecto

1. Parte teórica.
2. Desarrollo de P&ID fabrica en la actualidad.
3. Desarrollo de P&ID fabrica en futuro.
4. Desarrollo de tags.
5. Manual para sacar un evaporador de línea respeto a jugo.
6. Manual para sacar un evaporador de línea respeto a vapor.
7. Protocolo de limpieza evaporador.
8. Manual de operación para zafra de evaporadores

CUARTA PARTE
RESULTADOS

CAPITULO IV

MANUAL DE OPERACIÓN DE LA SECCIÓN DE ELABORACIÓN



Consorcio Azucarero Central, S.A.

Ingenio Barahona, Barahona, República Dominicana

Consorcio Azucarero Central de Barahona

Departamento

Elaboración

Manual de operación de la sección de elaboración

INTRODUCCIÓN

Este manual va dirigido a los operadores del tren evaporación, el mismo contiene los P&ID y protocolos que explican cómo se debe operar cuando hay un evaporador que va estar próximo a limpieza, cuales son las válvulas que se deben de cerrar y abrir, con cual válvula de vapor se debe trabajar, cual es el número de efecto que se utiliza, de igual manera sugiere que exista una comunicación entre los operadores del cuarto de control de evaporadores y los supervisores para de esta manera coordinar todos los procesos concernientes al tren de evaporadores.

IV. Manual de operación del tren de evaporadores.

Tabla 3. Manual de operación del tren de evaporadores.

Nombre de la institución	Título del procedimiento	N del procedimiento
Consortio Azucarero Central de Barahona	Protocolo para evaporadores	01
Departamento		Página
Elaboración		
a. objetivo	Lograr alcanzar un tiempo perdido mínimo de 10%.	
b. Alcance campo de aplicación	Parada de evaporador por 3 horas para limpieza en el Consorcio Azucarero Central de Barahona.	
c. Responsable	Gregory Yancarlos Ferrera Frias.	
d. Definición	Este procedimiento consta de una serie de pasos en los cuales explica la parada y puesta en marcha de un evaporador, el cual luego de no estar operando se someterá a una jornada de limpieza por los encargados de la misma. Los encargados de limpieza deben de seguir rigurosamente este protocolo para poder llevar a cabo un trabajo eficiente y de calidad de no ser así se estará operando en el tren de evaporadores de una forma incorrecta lo que afectaría las propiedades de la azúcar en el evaporador.	
e. Desarrollo de procedimiento	<p style="text-align: center;">IV.1. <u>Protocolo parada de evaporadores</u></p> <p>Luego de la explicación de la puesta en marcha del tren de evaporadores, se representan de manera textual como se debe parar o poner en línea un evaporador, se encontraran los lineamientos para los evaporadores; 1A ,1B, 2A ,2B, 3,4A y 4B.</p>	

	<p>IV.1.1. <u>Proceso de parada del evaporador 1 A.</u></p> <ul style="list-style-type: none">➤ Comunicar vía radio con CCE que se va a iniciar proceso de limpieza del evaporador. ➤ Cerrar válvula de entrada de vapor de escape (VMV24-001-24”). ➤ Cerrar válvula de salida de vapor V1 (VMV53-002-30”). ➤ Abrir válvula de venteo a la atmósfera (VMV53-001-12”). ➤ Abrir válvulas de baipás de jugo (2 válvulas (JMV-002-8”) y (JMV53-003-8”) header principal de jugo). ➤ Cerrar válvula manual de entrada de jugo al evaporador (1 válvula manual JMV53-016-8”) ➤ Cerrar válvulas de salida de jugo al evaporador (2 válvulas manuales JMV53-003-8” y JMV53-002-8” ver esquema). ➤ Coordinar con operador del CCE vía radio que se cerró válvula de jugo, para que oprima botón de
--	---

	<p>bypass del evaporador# 1A pase a controlar la válvula automática de jugo del evaporador siguiente (1 A LCV53-002-8”).</p> <ul style="list-style-type: none">➤ Verificar con CCE que este controlando el nivel del evaporador siguiente.➤ Comunicar con operador de CCE verificar nivel TJC, que este apto para recibir más jugo.➤ Liquidar jugo abriendo válvula JMV53-022-8” al header de liquidación que va al tanque jugo claro, una vez finalizada la liquidación procedemos a cerrar esta válvula. <p>IV.1.2.<u>Enjuague del equipo</u></p> <ul style="list-style-type: none">➤ Abrir válvula tubería de agua.➤ Opción 1 agua palomino AMV63-001-6”.➤ Opción 2 agua condensado AMV53-001-6”.➤ Opción 3 agua salada AMV63-004-6”.➤ Verificar nivel del agua que se ha establecido para el enjuague (primer luceta).
--	---

- Abrir válvula de la acequia AMV53-008-8". Una vez finalizada la descarga del evaporador, se procede a cerrar la válvula de acequia.

IV.1.3.Hervido de soda

- Verificar con un día de anticipación el nivel y que la concentración de soda sea mínima del 12% en el tanque de soda diluida.
- Verificar que la válvula JMV53-022-8" de liquidación de jugo este cerrada.
- Verificar estado del circuito de soda desde: tanque, bombas, tuberías y válvulas.
- Abrir válvula (QMV53-007-8") entrada de soda al evaporador 1A. Encender bomba de soda.
- Cargar de soda hasta el nivel de la calandria. Cuando la soda haya llegado al nivel de la calandria se procede a cerrar la válvula de entrada y apagar la bomba.
- Verificar que la válvula (VMV53-001-12") de venteo a la atmósfera este abierta.

	<ul style="list-style-type: none">➤ Hervir la soda en el evaporador de 3 a 4 horas.➤ Verificar constantemente el nivel de soda dentro del evaporador y reponer cuando sea necesario.➤ Una vez finalizado el hervido de soda, se procede a cerrar válvula de entrada de vapor.➤ Descargar soda, abriendo válvula por línea de retorno de soda.➤ Verificar que el evaporador esté libre de soda. <p style="text-align: center;"><u>IV.1.4.Enjuague</u></p> <ul style="list-style-type: none">➤ Abrir válvula tubería de agua.➤ Opción 1 agua palomino (AMV63-001-6”).➤ Opción 2 agua condensado (AMV53-001-6”).➤ Opción 3 agua salada (AMV63-004-6”).➤ Abrir válvula (AMV53-008-8”) de la acequia.
--	---

	<ul style="list-style-type: none">➤ Verificar que el evaporador este desocupado y cerrar la válvula de la acequia. <p style="text-align: center;">IV.1.5.Hidrolavado</p> <ul style="list-style-type: none">➤ Verificar estado de las mangueras.➤ Verificar estado del pedal.➤ Verificar nivel de agua del tinaco de abastecimiento de agua a la hidrolavadora.➤ Alistamiento de extensiones eléctricas para el extractor de gases y las lámparas.➤ Verificar y probar previamente los extractores de gases.➤ Verificar y probar previamente las lámparas.➤ Abrir man-hole del cuerpo del evaporador.➤ Abrir válvula de las duchas, para enfriar cuerpo.➤ Conectar, instalar y arrancar los extractores de gases y lámparas.➤ Ingreso personal de limpieza al evaporador.
--	--

	<ul style="list-style-type: none">➤ Limpieza de los tubos.➤ Limpiar lucetas internamente con ácido.➤ Abrir válvula de agua al cuerpo para realizar enjuague MV53-001-8”.➤ Verificar que la válvula (AMV53-008-8”) de la acequia este abierta.➤ Abrir man-hole del fondo del evaporador.➤ Abrir válvula de agua palomino (AMV63-001-6”), condensado (AMV53-001-6”) o salada (AMV63-004-6”) para prueba hidrostática de calandria.➤ Llamar al supervisor para que revise limpieza de los tubos y prueba hidrostática.➤ Realizar prueba hidrostática a 20 psig.➤ Revisar calandria superior e inferior.➤ Llamar al ingeniero para que revise y de visto bueno de la limpieza (da la orden de cerrar o reparar).➤ Sacar las personas de limpieza.
--	---

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Verificar que no se quede ningún elemento dentro del evaporador. ➤ Cerrar man-hole del cuerpo y del fondo. ➤ Cerrar válvula (AMV53-008-8”) de liquidación a la acequia. <p style="text-align: center;">IV.1.6. <u>Arranque de evaporador:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Verificar que las válvulas de soda (QMV53-007-8”), agua (AMV53-001-8”), acequia (AMV53-008-8”) y liquidación (JMV53-022-8”) estén cerradas. ➤ Abrir la válvula manual (JMV53-016-8”) de jugo para alimentar el evaporador, cuando el evaporador este hasta nivel de operación se procede a cerrar la válvula. ➤ Iniciar calentamiento del jugo, mediante la válvula de hervido de soda o en su defecto con una mínima apertura de la válvula de vapor. ➤ Solicitar autorización para puesta en marcha del equipo al ingeniero a cargo. ➤ Abrir válvulas de salida de jugo manuales (JMV53-003-8”) y (JMV53-002-8”).
--	--

- Abrir válvula JMV53-016-8" de admisión de jugo al cuerpo manual.
- Colocar en operación el evaporador desde el sistema.
- Cerrar líneas de bloqueo de jugo al cuerpo siguiente (JMV53-023-8") Y (JMV53-024-8").
- Iniciar apertura de línea de gases.
- Iniciar apertura de línea de entrada y salida de vapor VMV24-001-24" y VMV53-002-30".
- Cerrar válvula VMV53-001-12" de alivio a la atmósfera.
- Verificar la correcta operación del equipo.

IV.2. Protocolo de limpieza de evaporadores

IV.2.1. Proceso de parada del evaporador 1B.

- Comunicar vía radio con CCE que se va a iniciar proceso de limpieza del evaporador.

	<ul style="list-style-type: none">➤ Cerrar válvula de entrada de vapor de escape (VMV53-026-24”).➤ Cerrar válvula de salida de vapor V1 (VMV53-008-24”).➤ Abrir válvula de venteo a la atmósfera (VMV53-006-8”).➤ Abrir válvulas de baipás de jugo (2 válvulas (JMV-026 -8”) y (JMV53-028-8”) header principal de jugo).➤ Cerrar válvula manual de entrada de jugo al evaporador (1 válvula manual (JMV53-017-8”).➤ Cerrar válvulas de salida de jugo al evaporador (2 válvulas manuales JMV53-005-8” y JMV53-006-8” ver esquema).➤ Coordinar con operador del CCE vía radio que se cerró válvula de jugo, para que oprima botón de bypass del evaporador# 1B pase a controlar la válvula automática de jugo del evaporador siguiente (1 A LCV53-003-8”).➤ Verificar con CCE que este controlando el nivel del evaporador siguiente.
--	---

	<ul style="list-style-type: none">➤ Comunicar con operador de CCE verificar nivel TJC, que este apto para recibir más jugo. ➤ Liquidar jugo abriendo válvula (JMV53-028-8") al header de liquidación que va al tanque jugo claro, una vez finalizada la liquidación procedemos a cerrar esta válvula. <p style="text-align: center;">IV.2.2. <u>Enjuague del equipo</u></p> <ul style="list-style-type: none">➤ Abrir válvula tubería de agua. ➤ Opción 1 agua palomino (AMV63-001-6"). ➤ Opción 2 agua condensado (AMV53-001-6"). ➤ Opción 3 agua salada (AMV63-004-6").➤ Verificar nivel del agua que se ha establecido para el enjuague (primer luceta). ➤ Abrir válvula de la acequia (AMV53-009-8"). Una vez finalizada la descarga del evaporador, se procede a cerrar la válvula de acequia.
--	--

IV.2.3.Hervido de soda

- Verificar con un día de anticipación nivel y concentración de soda mínima del 12% en el tanque de soda diluida.
- Verificar que la válvula (JMV53-028-8") de liquidación de jugo este cerrada.
- Verificar estado del circuito de soda desde: tanque, bombas, tuberías y válvulas.
- Abrir válvula (QMV53-001-8") entrada de soda al evaporador 1B. no tenemos válvula de entrada de soda al evaporador.
- Encender bomba de soda.
- Cargar de soda hasta el nivel de la calandria. Cuando la soda haya llegado al nivel de la calandria se procede a cerrar la válvula de entrada y apagar la bomba.
- verificar que la válvula (VMV53-006-12") de venteo a la atmosfera este abierta.
- Hervir la soda en el evaporador de 3 a 4 horas.

	<ul style="list-style-type: none">➤ Verificar constantemente el nivel de soda dentro del evaporador y reponer cuando sea necesario.➤ Una vez finalizado el hervido de soda, se procede a cerrar válvula de entrada de vapor.➤ Descargar soda, abriendo válvula por línea de retorno de soda.➤ Verificar que el evaporador esté libre de soda. <p style="text-align: center;"><u>IV.2.4.Enjuague</u></p> <ul style="list-style-type: none">➤ Abrir válvula tubería de agua.➤ Opción 1 agua palomino (AMV63-001-6”).➤ Opción 2 agua condensado (AMV53-001-6”).➤ Opción 3 agua salada (AMV63-004-6”).➤ Abrir válvula de la acequia (AMV53-009-8”).➤ Verificar que el evaporador este desocupado y cerrar la válvula (AMV53-009-8”) de la acequia.
--	---

IV.2.5.Hidrolavado

- Verificar estado de las mangueras.
- Verificar estado del pedal.
- Verificar nivel de agua del tinaco de abastecimiento de agua a la hidrolavadora.
- Alistamiento de extensiones eléctricas para el extractor de gases y las lámparas.
- Verificar y probar previamente los extractores de gases.
- Verificar y probar previamente las lámparas.
- Abrir man-hole del cuerpo del evaporador.
- Abrir válvula de las duchas, para enfriar cuerpo.
- Conectar, instalar y arrancar los extractores de gases y lámparas.
- Ingreso personal de limpieza al evaporador.
- Limpieza de los tubos.

	<ul style="list-style-type: none">➤ Limpiar lucetas internamente con ácido.➤ Abrir válvula (AMV53-002-8") de agua al cuerpo para realizar enjuague.➤ Verificar que la válvula (AMV53-009-8") de la acequia este abierta.➤ Abrir man-hole del fondo del evaporador.➤ Abrir válvula de agua palomino (AMV63-001-6"), condensado (AMV53-001-6") o salada (AMV63-004-6") para prueba hidrostática de calandria.➤ Llamar al supervisor para que revise limpieza de los tubos y prueba hidrostática.➤ Realizar prueba hidrostática a 20 psig.➤ Revisar calandria superior e inferior.➤ Llamar al ingeniero para que revise y de visto bueno de la limpieza (da la orden de cerrar o repasar).➤ Sacar las personas de limpieza.➤ Verificar que no se quede ningún elemento dentro del evaporador.
--	--

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cerrar man-hole del cuerpo y del fondo. ➤ Cerrar válvula (AMV53-009-8") de liquidación a la acequia. <p style="text-align: center;"><u>IV.2.6. Arranque de evaporador:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Verificar que las válvulas de soda (QMV53-001-8"), agua (AMV53-002-8"), acequia (AMV53-009-8") y liquidación (JMV53-028-8") estén cerradas. ➤ Abrir la válvula manual (JMV53-017-8") de jugo para alimentar el evaporador, cuando el evaporador este hasta nivel de operación se procede a cerrar la válvula. ➤ Iniciar calentamiento del jugo, mediante la válvula de hervido de soda o en su defecto con una mínima apertura de la válvula de vapor. ➤ Solicitar autorización para puesta en marcha del equipo al ingeniero a cargo. ➤ abrir válvulas de salida de jugo manuales (JMV53-005-8") y (JMV53-006-8"). ➤ abrir válvula (JMV53-017-8") de admisión de jugo al cuerpo manual.
--	--

- colocar en operación el evaporador desde el sistema.
- cerrar líneas de bloqueo de jugo al cuerpo siguiente (JMV53-026-8”) Y (JMV53-028-8”).
- iniciar apertura de línea de gases.
- iniciar apertura de línea de entrada y salida de vapor (VMV53-026-24”) y (VMV53-008-24”).
- cerrar válvula (VMV53-006-8”) de alivio a la atmosfera.
- Verificar la correcta operación del equipo.

IV.3. Protocolo de limpieza de evaporadores

IV.3.1. Proceso de parada del evaporador 2 A.

- Comunicar vía radio con CCE que se va a iniciar proceso de limpieza del evaporador.
- Cerrar válvula (VMV53-007-24”) de entrada de vapor de escape.

	<ul style="list-style-type: none">➤ Cerrar válvula de salida de vapor V2 (VMV53-011-24”).➤ Abrir válvula de venteo a la atmósfera (VMV53-027-8”).➤ Abrir válvulas de baipás de jugo (2 válvulas (JMV-008 -8”) y (JMV53-009-8”) header principal de jugo).➤ Cerrar válvula manual de entrada de jugo al evaporador (1 válvula manual (JMV53-018-8”).➤ Cerrar válvulas de salida de jugo al evaporador (2 válvulas manuales JMV53-008-8” y JMV53-009-8” ver esquema).➤ Coordinar con operador del CCE vía radio que se cerró válvula de jugo, para que oprima botón de bypass del evaporador# 2A pase a controlar la válvula automática de jugo del evaporador siguiente (LCV53-004-8”).➤ Verificar con CCE que este controlando el nivel del evaporador siguiente.➤ Comunicar con operador de CCE verificar nivel TJC, que este apto para recibir más jugo.
--	---

- Liquidar jugo abriendo válvula (JMV53-023-8”) al header de liquidación que va al tanque jugo claro, una vez finalizada la liquidación procedemos a cerrar esta válvula.

IV.3.2.Enjuague del equipo

- Abrir válvula tubería de agua.
- Opción 1 agua palomino (AMV63-001-6”).
- Opción 2 agua condensado (AMV53-001-6”).
- Opción 3 agua salada (AMV63-004-6”).
- Verificar nivel del agua que se ha establecido para el enjuague (primer luceta).
- Abrir válvula de la acequia (AMV53-010-8”) Una vez finalizada la descarga del evaporador, se procede a cerrar la válvula de acequia.

IV.3.3.Hervido de soda

- Verificar con un día de anticipación nivel y concentración de soda mínima del 12% en el tanque de soda diluida.
- Verificar que la válvula (JMV53-023-8") de liquidación de jugo este cerrada.
- Verificar estado del circuito de soda desde: tanque, bombas, tuberías y válvulas.
- Abrir válvula (QMV53-002-8") entrada de soda al evaporador 2 A.
- Encender bomba de soda.
- Cargar de soda hasta el nivel de la calandria. Cuando la soda haya llegado al nivel de la calandria se procede a cerrar la válvula de entrada y apagar la bomba.
- verificar que la válvula (VMV53-027-8") de venteo a la atmosfera este abierta.
- Hervir la soda en el evaporador de 3 a 4 horas.

	<ul style="list-style-type: none">➤ Verificar constantemente el nivel de soda dentro del evaporador y reponer cuando sea necesario.➤ Una vez finalizado el hervido de soda, se procede a cerrar válvula de entrada de vapor.➤ Descargar soda, abriendo válvula por línea de retorno de soda.➤ Verificar que el evaporador esté libre de soda. <p style="text-align: center;">IV.3.4. <u>Enjuague</u></p> <ul style="list-style-type: none">➤ Abrir válvula tubería de agua.➤ Opción 1 agua palomino (AMV63-001-6”).➤ Opción 2 agua condensado (AMV53-001-6”).➤ Opción 3 agua salada (AMV63-004-6”).➤ Abrir válvula de la acequia (AMV53-010-8”).➤ Verificar que el evaporador este desocupado y cerrar la válvula (VMV53-010-8”) de la acequia.
--	--

IV.3.5.Hidrolavado

- Verificar estado de las mangueras.
- Verificar estado del pedal.
- Verificar nivel de agua del tinaco de abastecimiento de agua a la hidrolavadora.
- Alistamiento de extensiones eléctricas para el extractor de gases y las lámparas.
- Verificar y probar previamente los extractores de gases.
- Verificar y probar previamente las lámparas.
- Abrir man-hole del cuerpo del evaporador.
- Abrir válvula de las duchas, para enfriar cuerpo.
- Conectar, instalar y arrancar los extractores de gases y lámparas.
- Ingreso personal de limpieza al evaporador.
- Limpieza de los tubos.

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Limpiar lucetas internamente con ácido. ➤ Abrir válvula (AMV53-003-8").)de agua al cuerpo para realizar enjuague. ➤ Verificar que la válvula (VMV53-010-8") de la acequia este abierta. ➤ Abrir man-hole del fondo del evaporador. ➤ Abrir válvula de agua palomino (AMV63-001-6"), condensado (AMV53-001-6") o salada (AMV63-004-6") para prueba hidrostática de calandria. ➤ Llamar al supervisor para que revise limpieza de los tubos y prueba hidrostática. ➤ Realizar prueba hidrostática a 20 psig. ➤ Revisar calandria superior e inferior. ➤ Llamar al ingeniero para que revise y de visto bueno de la limpieza (da la orden de cerrar o reparar). ➤ Sacar las personas de limpieza. ➤ Verificar que no se quede ningún elemento dentro del evaporador. ➤ Cerrar man-hole del cuerpo y del fondo.
--	--

- Cerrar válvula (VMV53-010-8") de liquidación a la acequia.

IV.3.6.Alistamiento de evaporador para arranque

- Verificar que las válvulas de soda (QMV53-002-8"), agua (AMV53-003-8"), acequia (VMV53-010-8") y liquidación (JMV53-023-8") estén cerradas.
- Abrir la válvula manual (JMV53-018-8") de jugo para alimentar el evaporador, cuando el evaporador este hasta nivel de operación se procede a cerrar la válvula.
- Iniciar calentamiento del jugo, mediante la válvula de hervido de soda o en su defecto con una mínima apertura de la válvula de vapor.
- Solicitar autorización para puesta en marcha del equipo al ingeniero a cargo.
- abrir válvulas de salida de jugo manuales (JMV53-008-8") y (JMV53-009-8").
- abrir válvula (JMV53-018-8") de admisión de jugo al cuerpo manual.

	<ul style="list-style-type: none">➤ colocar en operación el evaporador desde el sistema.➤ cerrar líneas de bloqueo de jugo al cuerpo siguiente (JMV53-029-8") Y (JMV53-030-8").➤ iniciar apertura de línea de gases.➤ iniciar apertura de línea de entrada y salida de vapor (VMV24-007-24") y (VMV53-011-24").➤ cerrar válvula (VMV53-0027-8") de alivio a la atmosfera.➤ Verificar la correcta operación del equipo. <p>IV.4. <u>Protocolo de limpieza de evaporadores</u></p> <p>IV.4.1. <u>Proceso de parada del evaporador 2B.</u></p> <ul style="list-style-type: none">➤ Comunicar vía radio con CCE que se va a iniciar proceso de limpieza del evaporador.➤ Cerrar válvula (VMV53-013-24") de entrada de vapor V1.
--	---

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cerrar válvula de salida de vapor V2 (VMV53-015-24"). ➤ Abrir válvula (VMV53-014-8") de venteo a la atmósfera. ➤ Abrir válvulas de baipás de jugo (2 válvulas (JMV-032 -8") y (JMV53-033-8") header principal de jugo). ➤ Cerrar válvula manual (JMV53-017-8") de entrada de jugo al evaporador 2B. ➤ Cerrar válvulas de salida de jugo al evaporador, 2 válvulas manuales (JMV53-011-8") y (JMV53-0012-8") ver esquema. ➤ Coordinar con operador del CCE vía radio que se cerró válvula de jugo, para que oprima botón de bypass del evaporador #2B pase a controlar la válvula automática de jugo del evaporador siguiente (LCV53-005-8"). ➤ Verificar con CCE que este controlando el nivel del evaporador siguiente. ➤ Comunicar con operador de CCE verificar nivel TJC, que este apto para recibir más jugo. ➤ Liquidar jugo abriendo válvula (VMV53-024-8") al header de liquidación que va al tanque jugo claro,
--	--

	<p>una vez finalizada la liquidación procedemos a cerrar esta válvula.</p> <p>IV.4.2.<u>Enjuague del equipo</u></p> <ul style="list-style-type: none">➤ Abrir válvula tubería de agua.➤ Opción 1 agua palomino (AMV63-001-6”).➤ Opción 2 agua condensado (AMV53-001-6”).➤ Opción 3 agua salada (AMV63-004-6”).➤ Verificar nivel del agua que se ha establecido para el enjuague (primer luceta).➤ Abrir válvula de la acequia (AMV53-011-8”) Una vez finalizada la descarga del evaporador, se procede a cerrar la válvula de acequia. <p>IV.4.3.<u>Hervido de soda</u></p> <ul style="list-style-type: none">➤ Verificar con un día de anticipación nivel y concentración de soda mínima del 12% en el tanque de soda diluida.
--	--

	<ul style="list-style-type: none">➤ Verificar que la válvula (JMV53-024-8") de liquidación de jugo este cerrada.➤ Verificar estado del circuito de soda desde: tanque, bombas, tuberías y válvulas.➤ Abrir válvula (QMV53-003-8") entrada de soda al evaporador 2B.➤ Encender bomba de soda.➤ Cargar de soda hasta el nivel de la calandria. Cuando la soda haya llegado al nivel de la calandria se procede a cerrar la válvula de entrada y apagar la bomba.➤ Verificar que la válvula (VMV53-014-8") de venteo a la atmosfera este abierta.➤ Abrir válvula (VMV53-030-8") línea de vapor de escape para hervido de soda que entra al cuerpo de la calandria.➤ Hervir la soda en el evaporador de 3 a 4 horas.➤ Verificar constantemente el nivel de soda dentro del evaporador y reponer cuando sea necesario.
--	---

- Una vez finalizado el hervido de soda, se procede a cerrar válvula de entrada de vapor.
- Descargar soda, abriendo válvula por línea de retorno de soda.
- Verificar que el evaporador esté libre de soda

IV.4.4.Enjuague

- Abrir válvula tubería de agua.
- Opción 1 agua palomino (AMV63-001-6”).
- Opción 2 agua condensado (AMV53-001-6”).
- Opción 3 agua salada (AMV63-004-6”).
- Abrir válvula (AMV53-011-8”) de la acequia.
- Verificar que el evaporador este desocupado y cerrar la válvula (AMV53-011-8”) de la acequia.

IV.4.5.Hidrolavado

- Verificar estado de las mangueras.

	<ul style="list-style-type: none">➤ Verificar estado del pedal.➤ Verificar nivel de agua del tinaco de abastecimiento de agua a la hidrolavadora.➤ Alistamiento de extensiones eléctricas para el extractor de gases y las lámparas.➤ Verificar y probar previamente los extractores de gases.➤ Verificar y probar previamente las lámparas.➤ Abrir man-hole del cuerpo del evaporador.➤ Abrir válvula de las duchas, para enfriar cuerpo➤ Conectar, instalar y arrancar los extractores de gases y lámparas.➤ Ingreso personal de limpieza al evaporador.➤ Limpieza de los tubos.➤ Limpiar lucetas internamente con ácido.➤ Abrir válvula (AMV53-004-8") de agua al cuerpo para realizar enjuague.
--	--

	<ul style="list-style-type: none">➤ Verificar que la válvula (AMV53-011-8") de la acequia este abierta. ➤ Abrir man-hole del fondo del evaporador. ➤ Abrir válvula de agua palomino (AMV63-001-6"), condensado (AMV53-001-6") o salada (AMV63-004-6") para prueba hidrostática de calandria. ➤ Llamar al supervisor para que revise limpieza de los tubos y prueba hidrostática. ➤ Realizar prueba hidrostática a 20 psig.➤ Revisar calandria superior e inferior. ➤ Llamar al ingeniero para que revise y de visto bueno de la limpieza (da la orden de cerrar o reparar). ➤ Sacar las personas de limpieza. ➤ Verificar que no se quede ningún elemento dentro del evaporador. ➤ Cerrar man-hole del cuerpo y del fondo. ➤ Cerrar válvula (AMV53-011-8") de liquidación a la acequia.
--	---

IV.4.6. Arranque de evaporador:

- Verificar que las válvulas de soda (QMV53-003-8”), agua (AMV53-004-8”), acequia (AMV53-011-8”) y liquidación (JMV53-024-8”) estén cerradas.
- Abrir la válvula manual (JMV53-019-8”) de jugo para alimentar el evaporador, cuando el evaporador este hasta nivel de operación se procede a cerrar la válvula.
- Iniciar calentamiento del jugo, mediante la válvula de hervido de soda o en su defecto con una mínima apertura de la válvula de vapor.
- Solicitar autorización para puesta en marcha del equipo al ingeniero a cargo.
- abrir válvulas de salida de jugo manuales (JMV53-011-8”) y (JMV53-012-8”).
- abrir válvula (JMV53-019-8”) de admisión de jugo al cuerpo manual.
- colocar en operación el evaporador desde el sistema.

- cerrar líneas de bloqueo de jugo al cuerpo siguiente (JMV53-032-8") Y (JMV53-033-8").
- iniciar apertura de línea de gases.
- iniciar apertura de línea de entrada y salida de vapor (VMV24-013-24") y (VMV53-015-28").
- cerrar válvula (VMV53-014-8") de alivio a la atmosfera.
- Verificar la correcta operación del equipo.

IV.5. Protocolo de limpieza de evaporadores

IV.5.1. Proceso de parada del evaporador 3.

- Comunicar vía radio con CCE que se va a iniciar proceso de limpieza del evaporador.
- Cerrar válvula (VMV53-018-28") de entrada de vapor V2.
- Cerrar válvula de salida de vapor (VMV53-019-24").
- Abrir válvula (VMV53-028-6") de venteo a la atmósfera.

	<ul style="list-style-type: none">➤ Abrir válvulas de baipás de jugo (2 válvulas (JMV-035 -6”) y (JMV53-036-6”) header principal de jugo).➤ Cerrar válvula manual (JMV53-020-6”) de entrada de jugo al evaporador 3.➤ Cerrar válvulas de salida de jugo al evaporador, 2 válvulas manuales (JMV53-014-6”) y (JMV53-015-6”) ver esquema.➤ Coordinar con operador del CCE vía radio que se cerró válvula de jugo, para que oprima botón de bypass del evaporador# 1A pase a controlar la válvula automática de jugo del evaporador siguiente (2B LCV53-005-6”).➤ Verificar con CCE que este controlando el nivel del evaporador siguiente.➤ Comunicar con operador de CCE verificar nivel TJC, que este apto para recibir más jugo.➤ Liquidar jugo abriendo válvula (VMV53-025-6”) al header de liquidación que va al tanque jugo claro, una vez finalizada la liquidación procedemos a cerrar esta válvula.
--	--

IV.5.2.Enjuague del equipo

- Abrir válvula tubería de agua.
- Opción 1 agua palomino (AMV63-001-6”).
- Opción 2 agua condensado (AMV53-001-6”).
- Opción 3 agua salada (AMV63-004-6”).
- Verificar nivel del agua que se ha establecido para el enjuague (primer luceta).
- Abrir válvula de la acequia (AMV53-012-6”) Una vez finalizada la descarga del evaporador, se procede a cerrar la válvula de acequia.

IV.5.3.Hervido de soda

- Verificar con un día de anticipación nivel y concentración de soda mínima del 12% en el tanque de soda diluida.
- Verificar que la válvula (JMV53-025-6”) de liquidación de jugo este cerrada.

	<ul style="list-style-type: none">➤ Verificar estado del circuito de soda desde: tanque, bombas, tuberías y válvulas.➤ Abrir válvula (QMV53-00-6") entrada de soda al evaporador 3.➤ Encender bomba de soda.➤ Cargar de soda hasta el nivel de la calandria. Cuando la soda haya llegado al nivel de la calandria se procede a cerrar la válvula de entrada y apagar la bomba.➤ verificar que la válvula (VMV53-028-6") de venteo a la atmosfera este abierta.➤ Abrir válvula (VMV53-031-6") línea de vapor de escape para hervido de soda que entra al cuerpo de la calandria.➤ Hervir la soda en el evaporador de 3 a 4 horas.➤ Verificar constantemente el nivel de soda dentro del evaporador y reponer cuando sea necesario.➤ Una vez finalizado el hervido de soda, se procede a cerrar válvula de entrada de vapor.
--	--

➤ Descargar soda, abriendo válvula por línea de retorno de soda.

➤ Verificar que el evaporador esté libre de soda.

IV.5.4.Enjuague

➤ Abrir válvula tubería de agua.

➤ Opción 1 agua palomino (AMV63-001-6”).

➤ Opción 2 agua condensado (AMV53-001-6”).

➤ Opción 3 agua salada (AMV63-004-6”).

➤ Abrir válvula (AMV53-012-6”) de la acequia.

➤ Verificar que el evaporador este desocupado y cerrar la válvula (AMV53-012-6”) de la acequia.

IV.5.5.Hidrolavado

➤ Verificar estado de las mangueras.

➤ Verificar estado del pedal.

	<ul style="list-style-type: none">➤ Verificar nivel de agua del tinaco de abastecimiento de agua a la hidrolavadora.➤ Alistamiento de extensiones eléctricas para el extractor de gases y las lámparas.➤ Verificar y probar previamente los extractores de gases.➤ Verificar y probar previamente las lámparas.➤ Abrir man-hole del cuerpo del evaporador.➤ Abrir válvula de las duchas, para enfriar cuerpo.➤ Conectar, instalar y arrancar los extractores de gases y lámparas.➤ Ingreso personal de limpieza al evaporador.➤ Limpieza de los tubos.➤ Limpiar lucetas internamente con ácido.➤ Abrir válvula (AMV53-005-6") de agua al cuerpo para realizar enjuague.➤ Verificar que la válvula (AMV53-012-6") de la acequia este abierta.
--	---

	<ul style="list-style-type: none">➤ Abrir man-hole del fondo del evaporador.➤ Abrir válvula de agua palomino (AMV63-001-6”), condensado (AMV53-001-6”) o salada (AMV63-004-6”) para prueba hidrostática de calandria.➤ Llamar al supervisor para que revise limpieza de los tubos y prueba hidrostática.➤ Realizar prueba hidrostática a 20 psig.➤ Revisar calandria superior e inferior.➤ Llamar al ingeniero para que revise y de visto bueno de la limpieza (da la orden de cerrar o repasar).➤ Sacar las personas de limpieza.➤ Verificar que no se quede ningún elemento dentro del evaporador.➤ Cerrar man-hole del cuerpo y del fondo.➤ Cerrar válvula (AMV53-012-6”) de liquidación a la acequia.
--	--

IV.5.6. Arranque de evaporador:

- Verificar que las válvulas de soda (QMV53-004-6"), agua (AMV53-005-6"), acequia (AMV53-012-6") y liquidación (JMV53-025-6") estén cerradas.

- Abrir la válvula manual (JMV53-020-6") de jugo para alimentar el evaporador, cuando el evaporador este hasta nivel de operación se procede a cerrar la válvula.

- Iniciar calentamiento del jugo, mediante la válvula de hervido de soda o en su defecto con una mínima apertura de la válvula de vapor.

- Solicitar autorización para puesta en marcha del equipo al ingeniero a cargo.

- abrir válvulas de salida de jugo manuales (JMV53-01-6") y (JMV53-015-6").

- abrir válvula (JMV53-020-6") de admisión de jugo al cuerpo manual.

- colocar en operación el evaporador desde el sistema.

	<ul style="list-style-type: none">➤ cerrar líneas de bloqueo de jugo al cuerpo siguiente (JMV53-035-6”) Y (JMV53-036-6”).➤ iniciar apertura de línea de gases.➤ iniciar apertura de línea de entrada y salida de vapor (VMV24-018-28”) y (VMV53-019-24”).➤ cerrar válvula (VMV53-028-6”) de alivio a la atmosfera.➤ Verificar la correcta operación del equipo. <p>IV.6. <u>Protocolo de limpieza de evaporadores</u></p> <p>IV.6.1. <u>Proceso de parada del evaporador 4A.</u></p> <ul style="list-style-type: none">➤ Comunicar vía radio con CCE que se va a iniciar proceso de limpieza del evaporador.➤ Cerrar válvula (VMV53-025-24”) de entrada de vapor V3.➤ Cerrar válvula de salida de vapor (VMV53-021-24”).➤ Abrir válvula (VMV53-029-6”) de venteo a la atmósfera.
--	---

	<ul style="list-style-type: none">➤ Abrir válvulas de baipás de jugo (2 válvulas (JMV-038 -6") y (JMV53-040-6") header principal de jugo).➤ Cerrar válvula manual (JMV53-021-6") de entrada de jugo al evaporador 4A.➤ Cerrar válvulas de salida de jugo al evaporador, 2 válvulas manuales (MMV53-002-6") y (MMV53-003-6") ver esquema.➤ Coordinar con operador del CCE vía radio que se cerró válvula de jugo, para que oprima botón de bypass del evaporador #4A para que pase a controlar la válvula automática de jugo del evaporador siguiente (LCV53-007-6").➤ Verificar con CCE que este controlando el nivel del evaporador siguiente.➤ Comunicar con operador de CCE verificar nivel TJC, que este apto para recibir más jugo.➤ Liquidar jugo abriendo válvula (JMV53-026-6") al header de liquidación que va al tanque jugo claro, una vez finalizada la liquidación procedemos a cerrar esta válvula.
--	---

IV.6.2.Enjuague del equipo

- Abrir válvula tubería de agua.
- Opción 1 agua palomino (AMV63-001-6”).
- Opción 2 agua condensado (AMV53-001-6”).
- Opción 3 agua salada (AMV63-004-6”).
- Verificar nivel del agua que se ha establecido para el enjuague (primer luceta).
- Abrir válvula de la acequia (AMV53-013-6”) Una vez finalizada la descarga del evaporador, se procede a cerrar la válvula de acequia.

IV.6.3.Hervido de soda

- Verificar con un día de anticipación nivel y concentración de soda mínima del 12% en el tanque de soda diluida.

	<ul style="list-style-type: none">➤ Verificar que la válvula (JMV53-026-6") de liquidación de jugo este cerrada.➤ Verificar estado del circuito de soda desde: tanque, bombas, tuberías y válvulas.➤ Abrir válvula (QMV53-005-6") entrada de soda al evaporador 4A.➤ Encender bomba de soda.➤ Cargar de soda hasta el nivel de la calandria. Cuando la soda haya llegado al nivel de la calandria se procede a cerrar la válvula de entrada y apagar la bomba.➤ verificar que la válvula (VMV53-029-6") de venteo a la atmosfera este abierta.➤ Abrir válvula (VMV53-032-6") línea de vapor de escape para hervido de soda que entra al cuerpo de la calandria.➤ Hervir la soda en el evaporador de 3 a 4 horas.➤ Verificar constantemente el nivel de soda dentro del evaporador y reponer cuando sea necesario.
--	---

- Una vez finalizado el hervido de soda, se procede a cerrar válvula de entrada de vapor.
- Descargar soda, abriendo válvula por línea de retorno de soda.
- Verificar que el evaporador esté libre de soda.

IV.6.4.Enjuague

- Abrir válvula tubería de agua.
- Opción 1 agua palomino (AMV63-001-6”).
- Opción 2 agua condensado (AMV53-001-6”).
- Opción 3 agua salada (AMV63-004-6”).
- Abrir válvula (AMV53-013-6”) de la acequia.
- Verificar que el evaporador este desocupado y cerrar la válvula (AMV53-013-6” de acequia.

IV.6.5.Hidrolavado

- Verificar estado de las mangueras.
- Verificar estado del pedal.

	<ul style="list-style-type: none">➤ Verificar nivel de agua del tinaco de abastecimiento de agua a la hidrolavadora.➤ Alistamiento de extensiones eléctricas para el extractor de gases y las lámparas.➤ Verificar y probar previamente los extractores de gases.➤ Verificar y probar previamente las lámparas.➤ Abrir man-hole del cuerpo del evaporador.➤ Abrir válvula de las duchas, para enfriar cuerpo.➤ Conectar, instalar y arrancar los extractores de gases y lámparas.➤ Ingreso personal de limpieza al evaporador.➤ Limpieza de los tubos.➤ Limpiar lucetas internamente con ácido.➤ Abrir válvula (AMV53-006-6") de agua al cuerpo para realizar enjuague.➤ Verificar que la válvula (AMV53-013-6") de la acequia este abierta.
--	---

	<ul style="list-style-type: none">➤ Abrir man-hole del fondo del evaporador.➤ Abrir válvula de agua palomino (AMV63-001-6”), condensado (AMV53-001-6”) o salada (AMV63-004-6”) para prueba hidrostática de calandria.➤ Llamar al supervisor para que revise limpieza de los tubos y prueba hidrostática.➤ Realizar prueba hidrostática a 20 psig.➤ Revisar calandria superior e inferior.➤ Llamar al ingeniero para que revise y de visto bueno de la limpieza (da la orden de cerrar o reparar).➤ Sacar las personas de limpieza.➤ Verificar que no se quede ningún elemento dentro del evaporador.➤ Cerrar man-hole del cuerpo y del fondo.➤ Cerrar válvula (AMV53-013-6”) de liquidación a la acequia.
--	--

IV.6.6. Arranque de evaporador:

- Verificar que las válvulas de soda (QMV53-005-6”), agua (AMV53-006-6”), acequia (AMV53-013-6”) y liquidación (JMV53-026-6”) estén cerradas.

- Abrir la válvula manual (JMV53-021-6”) de jugo para alimentar el evaporador, cuando el evaporador este hasta nivel de operación se procede a cerrar la válvula.

- Iniciar calentamiento del jugo, mediante la válvula de hervido de soda o en su defecto con una mínima apertura de la válvula de vapor.

- Solicitar autorización para puesta en marcha del equipo al ingeniero a cargo.

- abrir válvulas de salida de jugo manuales (MMV53-002-6”) y (MMV53-003-6”).

- abrir válvula (JMV53-021-6”) de admisión de jugo al cuerpo manual.

- colocar en operación el evaporador desde el sistema.

- cerrar líneas de bloqueo de jugo al cuerpo siguiente (JMV53-038-6”) Y (JMV53-040-6”).
- iniciar apertura de línea de gases.
- iniciar apertura de línea de entrada y salida de vapor (VMV24-025-24”) y (VMV53-021-24”).
- cerrar válvula (VMV53-029-6”) de alivio a la atmósfera.
- Verificar la correcta operación del equipo.

IV.7. Protocolo de limpieza de evaporadores

IV.7.1. Proceso de parada del evaporador 4B

- Comunicar vía radio con CCE que se va a iniciar proceso de limpieza del evaporador.
- Cerrar válvula (VMV53-024-24”) de entrada de vapor V4.
- Cerrar válvula de salida de vapor (VMV53-023-24”).

	<ul style="list-style-type: none">➤ Abrir válvula (VMV53-030-6") de venteo a la atmósfera.➤ Abrir válvulas de baipás de jugo (2 válvulas (JMV-041-6") y (JMV53-042-6") header principal de jugo).➤ Cerrar válvula manual (JMV53-022-6") de entrada de jugo al evaporador 4B.➤ Cerrar válvulas de salida de jugo al evaporador, 2 válvulas manuales (MMV53-005-6") y (MMV53-006-6") ver esquema.➤ Coordinar con operador del CCE vía radio que se cerró válvula de jugo, para que oprima botón de bypass del evaporador #4 para que pase a controlar la válvula automática de jugo del evaporador.➤ Verificar con CCE que este controlando el nivel del evaporador siguiente.➤ Comunicar con operador de CCE verificar nivel TJC, que este apto para recibir más jugo.➤ Liquidar jugo abriendo válvula (JMV53-027-6") al header de liquidación que va al tanque jugo claro, una vez finalizada la liquidación procedemos a cerrar esta válvula.
--	---

IV.7.2.Enjuague del equipo

- Abrir válvula tubería de agua.
- Opción 1 agua palomino (AMV63-001-6”).
- Opción 2 agua condensado (AMV53-001-6”).
- Opción 3 agua salada (AMV63-004-6”).
- Verificar nivel del agua que se ha establecido para el enjuague (primer luceta).
- Abrir válvula de la acequia (AMV53-014-6”) Una vez finalizada la descarga del evaporador, se procede a cerrar la válvula de acequia.

IV.7.3.Hervido de soda

- Verificar con un día de anticipación nivel y concentración de soda mínima del 12% en el tanque de soda diluida.
- Verificar que la válvula (JMV53-027-6”) de liquidación de jugo este cerrada.

	<ul style="list-style-type: none">➤ Verificar estado del circuito de soda desde: tanque, bombas, tuberías y válvulas.➤ Abrir válvula (QMV53-006-6") entrada de soda al evaporador 4B.➤ Encender bomba de soda.➤ Cargar de soda hasta el nivel de la calandria. Cuando la soda haya llegado al nivel de la calandria se procede a cerrar la válvula de entrada y apagar la bomba.➤ verificar que la válvula (VMV53-030-6") de venteo a la atmosfera este abierta.➤ Abrir válvula (VMV53-033-6") línea de vapor de escape para hervido de soda que entra al cuerpo de la calandria.➤ Hervir la soda en el evaporador de 3 a 4 horas.➤ Verificar constantemente el nivel de soda dentro del evaporador y reponer cuando sea necesario.➤ Una vez finalizado el hervido de soda, se procede a cerrar válvula de entrada de vapor.
--	--

➤ Descargar soda, abriendo válvula por línea de retorno de soda.

➤ Verificar que el evaporador esté libre de soda.

IV.7.4.Enjuague

➤ Abrir válvula tubería de agua.

➤ Opción 1 agua palomino (AMV63-001-6”).

➤ Opción 2 agua condensado (AMV53-001-6”).

➤ Opción 3 agua salada (AMV63-004-6”).

➤ Abrir válvula (AMV53-013-6”) de la acequia.

➤ Verificar que el evaporador este desocupado y cerrar la válvula (AMV53-014-6”) de la acequia.

IV.7.5.Hidrolavado

➤ Verificar estado de las mangueras.

➤ Verificar estado del pedal.

	<ul style="list-style-type: none">➤ Verificar nivel de agua del tinaco de abastecimiento de agua a la hidrolavadora.➤ Alistamiento de extensiones eléctricas para el extractor de gases y las lámparas.➤ Verificar y probar previamente los extractores de gases.➤ Verificar y probar previamente las lámparas.➤ Abrir man-hole del cuerpo del evaporador.➤ Abrir válvula de las duchas, para enfriar cuerpo.➤ Conectar, instalar y arrancar los extractores de gases y lámparas.➤ Ingreso personal de limpieza al evaporador.➤ Limpieza de los tubos.➤ Limpiar lucetas internamente con ácido.➤ Abrir válvula (AMV53-007-6") de agua al cuerpo para realizar enjuague.➤ Verificar que la válvula (AMV53-014-6") de la acequia este abierta.
--	---

	<ul style="list-style-type: none">➤ Abrir man-hole del fondo del evaporador.➤ Abrir válvula de agua palomino (AMV63-001-6”), condensado (AMV53-001-6”) o salada (AMV63-004-6”) para prueba hidrostática de calandria.➤ Llamar al supervisor para que revise limpieza de los tubos y prueba hidrostática.➤ Realizar prueba hidrostática a 20 psig.➤ Revisar calandria superior e inferior.➤ Llamar al ingeniero para que revise y de visto bueno de la limpieza (da la orden de cerrar o reparar).➤ Sacar las personas de limpieza.➤ Verificar que no se quede ningún elemento dentro del evaporador.➤ Cerrar man-hole del cuerpo y del fondo.➤ Cerrar válvula (AMV53-014-6”) de liquidación a la acequia.
--	--

IV.7.6. Arranque de evaporador:

- Verificar que las válvulas de soda (QMV53-006-6"), agua (AMV53-007-6"), acequia (AMV53-014-6") y liquidación (JMV53-027-6") estén cerradas.

- Abrir la válvula manual (JMV53-022-6") de jugo para alimentar el evaporador, cuando el evaporador este hasta nivel de operación se procede a cerrar la válvula.

- Iniciar calentamiento del jugo, mediante la válvula de hervido de soda o en su defecto con una mínima apertura de la válvula de vapor.

- Solicitar autorización para puesta en marcha del equipo al ingeniero a cargo.

- abrir válvulas de salida de jugo manuales (MMV53-005-6") y (MMV53-006-6").

- abrir válvula (JMV53-022-6") de admisión de jugo al cuerpo manual.

- colocar en operación el evaporador desde el sistema.

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ cerrar líneas de bloqueo de jugo al cuerpo siguiente (JMV53-041-6") Y (JMV53-042-6"). ➤ iniciar apertura de línea de gases. ➤ iniciar apertura de línea de entrada y salida de vapor (VMV24-024-24") y (VMV53-023-24"). ➤ cerrar válvula (VMV53-030-6") de alivio a la atmosfera. 	
f. Formulario y registro	Formulario N1. Chequeo de parada y puesta en marcha de evaporador.	
g. Referencias	<p>HUGOT, E. (1978). <i>MANUAL PARA INGENIEROS AZUCAREROS</i>. FRANCIA: COMPAÑIA EDITORA CONTINENTAL, S.A., MEXICO.</p> <p>REIN, P. (2012). <i>INGENIERIA DE LA CAÑA DE AZUCAR</i>. BERLIN: VERLAG DR. ALBERT BARTENS KG.</p>	
h. Anexos	Diseños diagramas tren de evaporadores.	
i. Listado de distribución	Este protocolo se distribuye a: los ingenieros supervisores, operadores de cuarto de control de evaporadores, operadores encargado de limpieza y gerentes.	
Redactado por: Gregory Yancarlos Ferrera Frias.	Revisado por: Ing. Javier Ramos	Aprobado por: Ing. Jhon Betancpurs

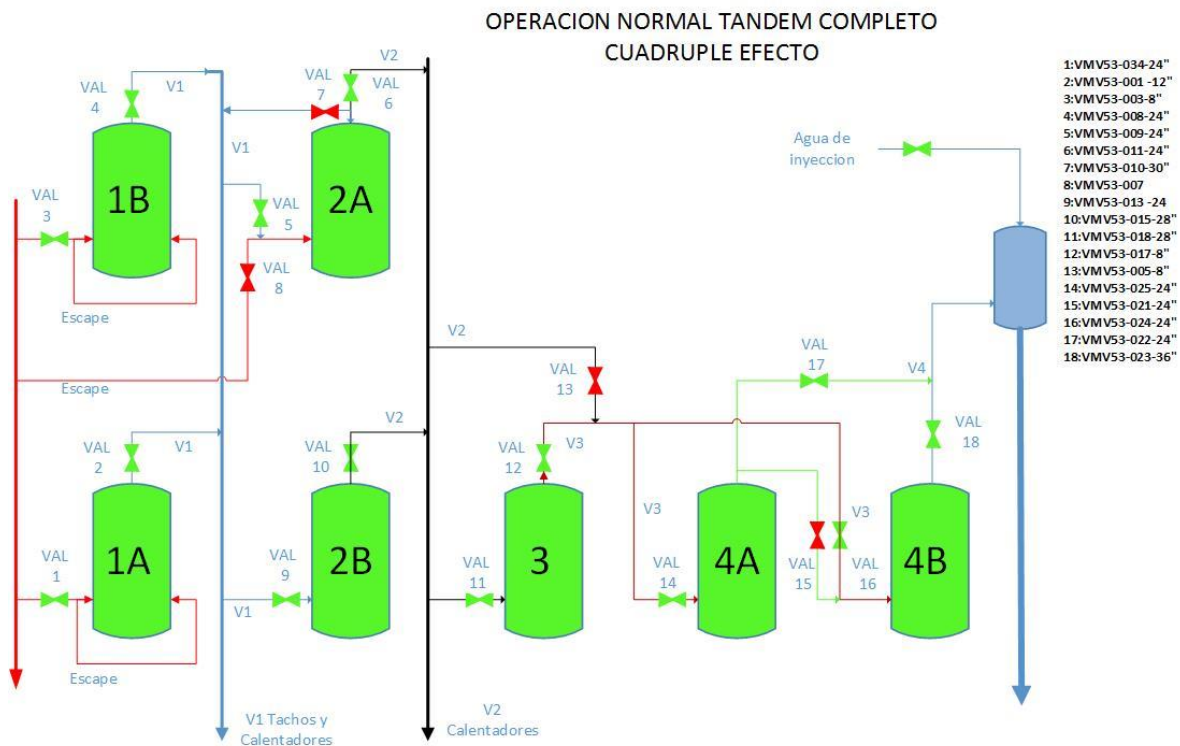
Fecha de redacción 20-06-2017	Fecha de revisión 21-06-2017	Fecha de aprobación: 22-06-2017
Fecha vigencia: 22-06-2018	Actualización N: 0	

Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

IV.8. Diseño diagramas tren de evaporadores

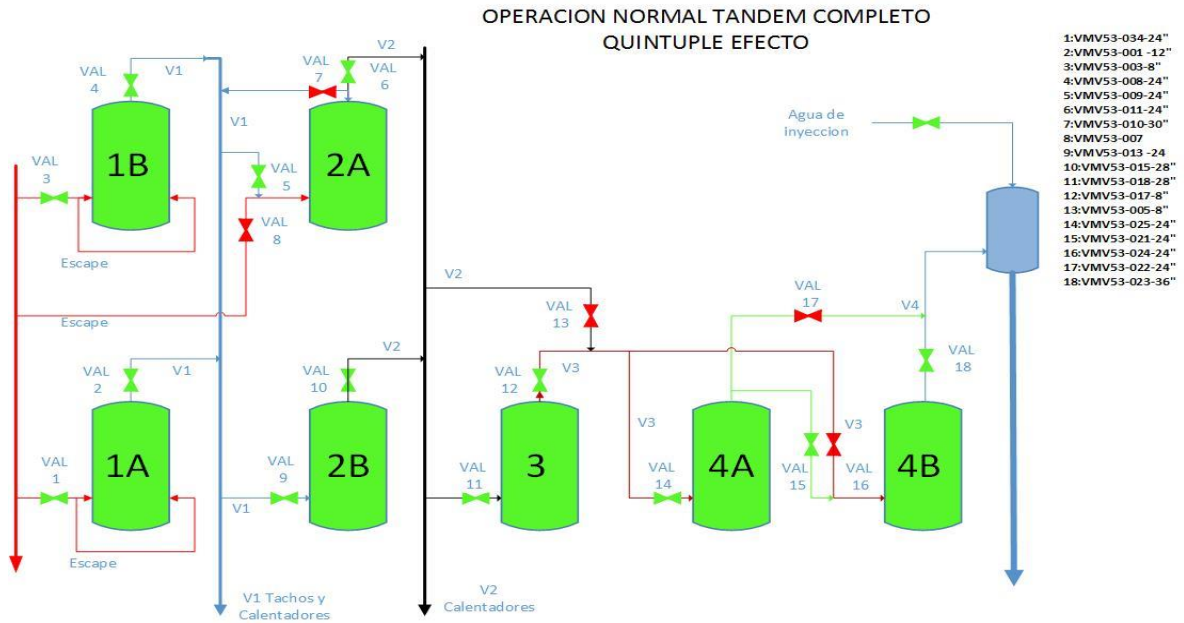
P&ID que representan equipos fuera y puesto en línea para las operaciones pertinentes a jugo y vapor.

Ilustración 3 Operación de equipo cuádruple efecto.



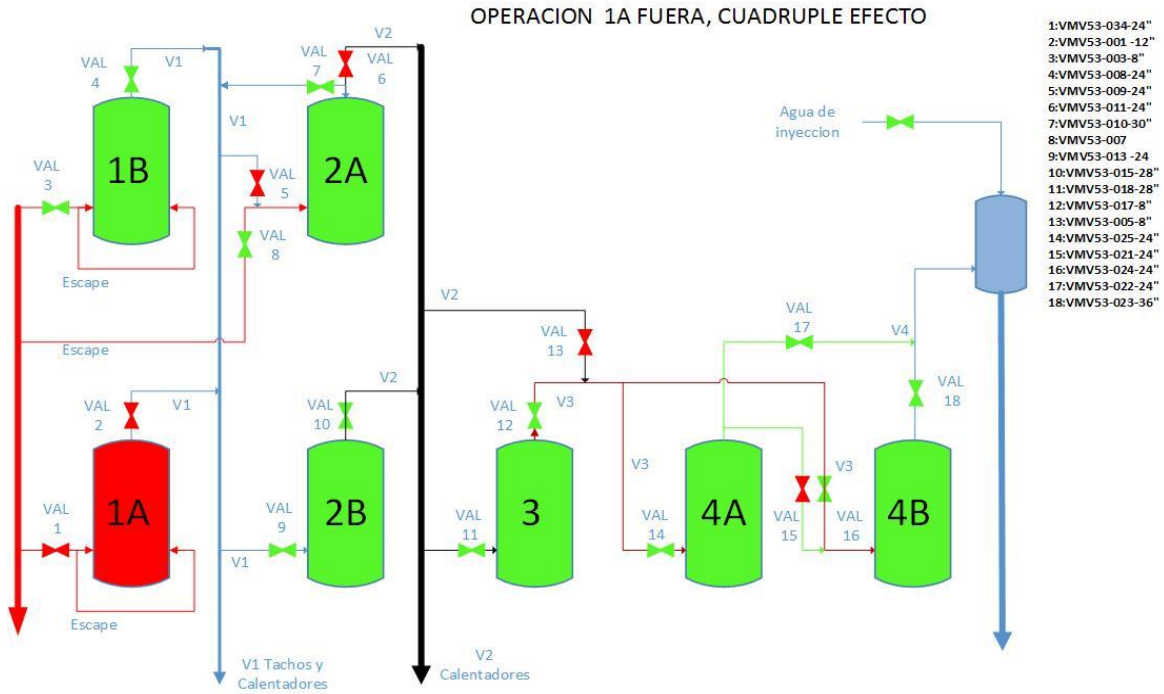
Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

Ilustración 4 Operación de equipo quintuple efecto



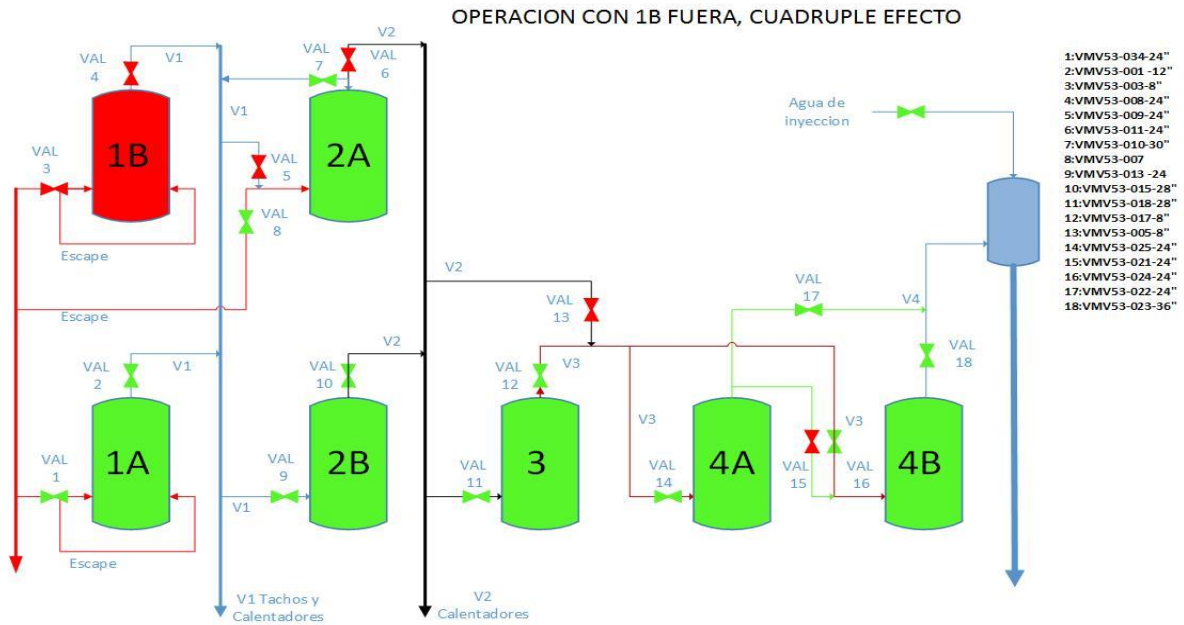
Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

Ilustración 5 Operación con el 1A fuera



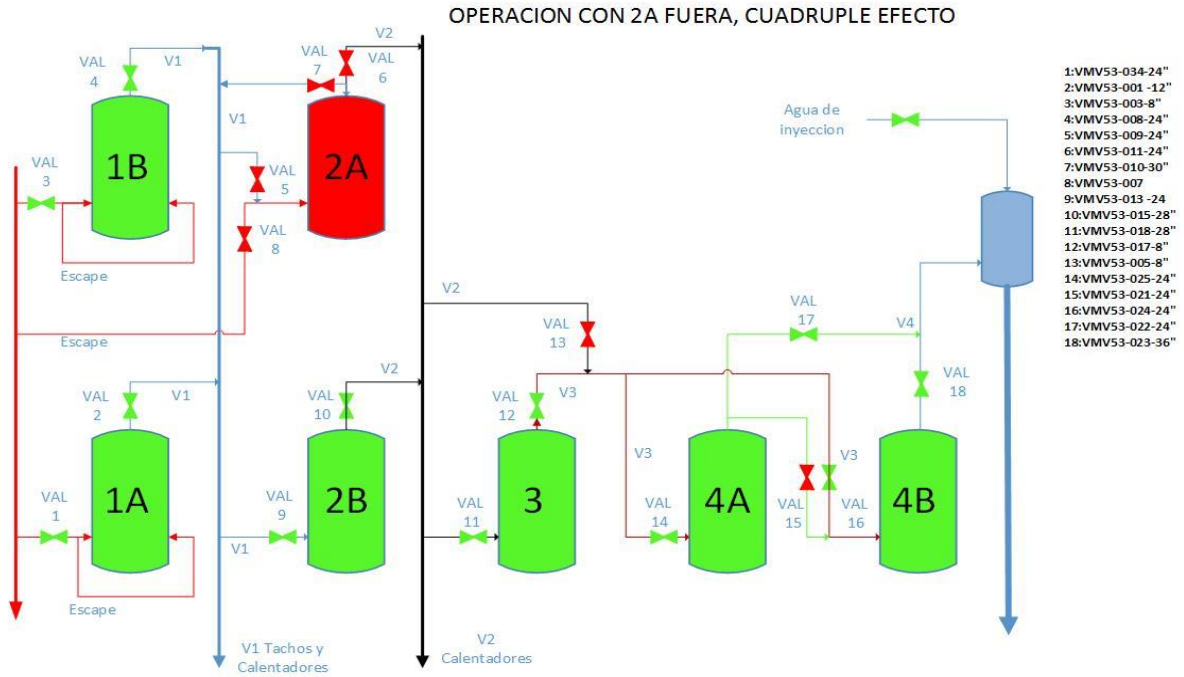
Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

Ilustración 6 Operación con el 1B fuera.



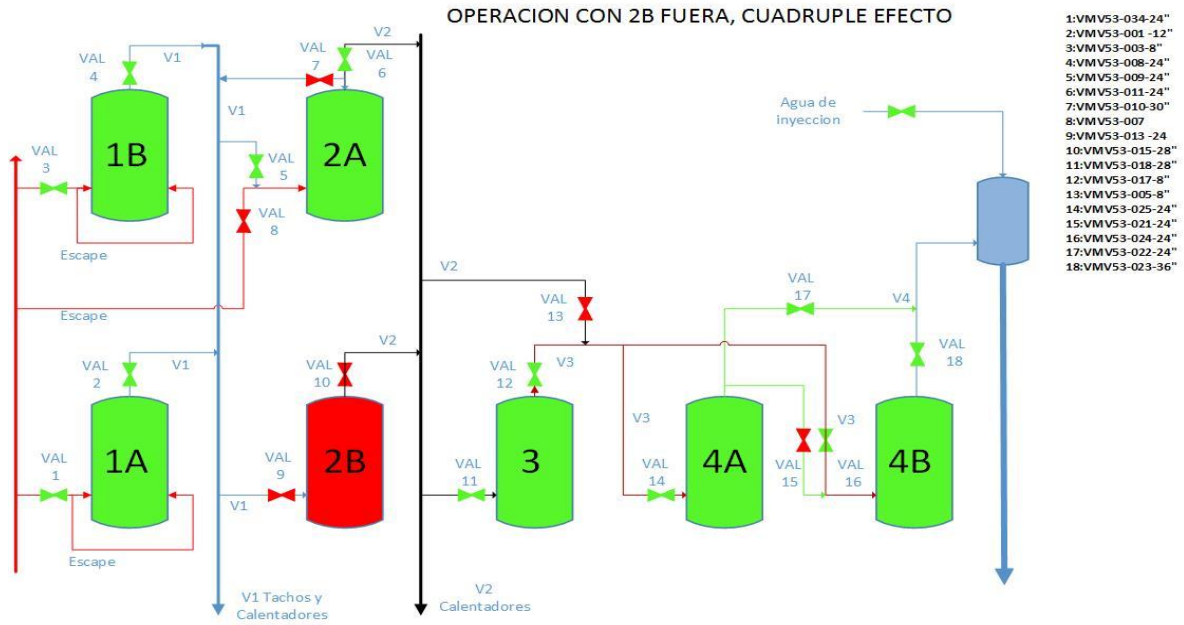
Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

Ilustración 7 Operación con el 2A fuera.



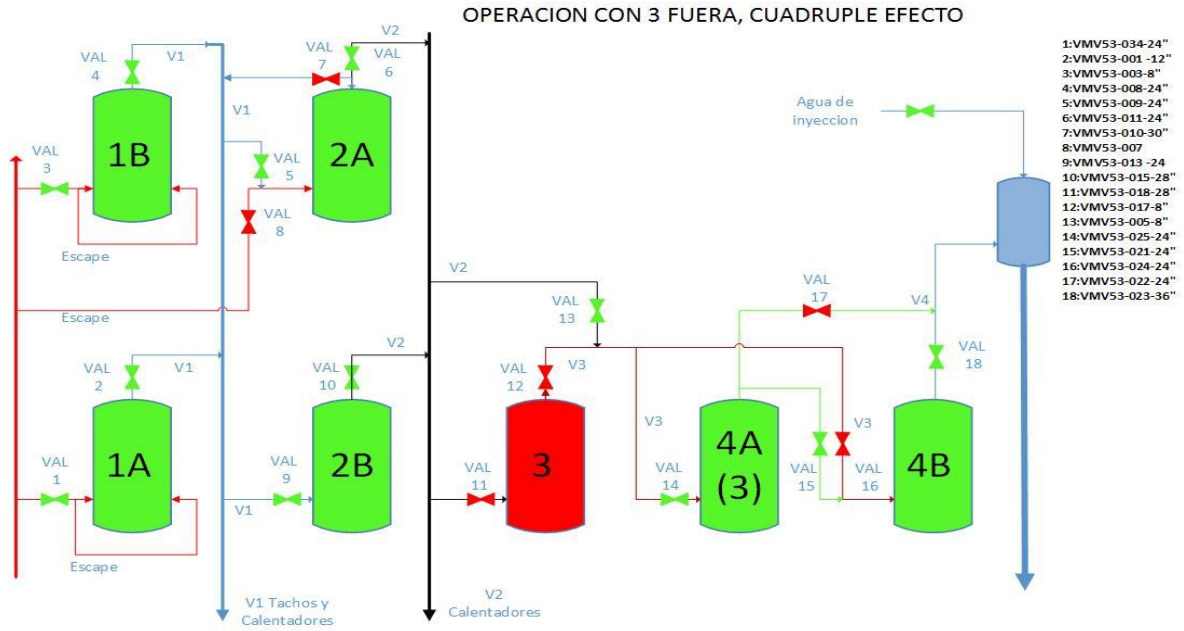
Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

Ilustración 8 Operación con el 2B fuera.



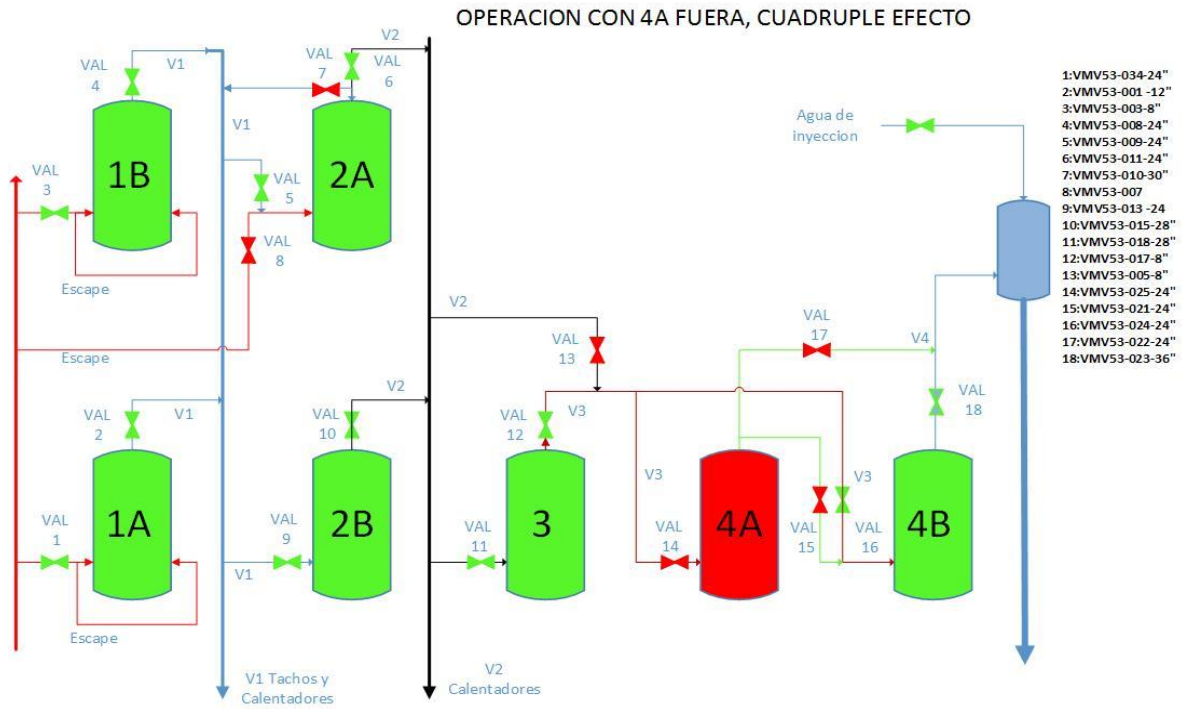
Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

Ilustración 9 Operación con el 3 fuera



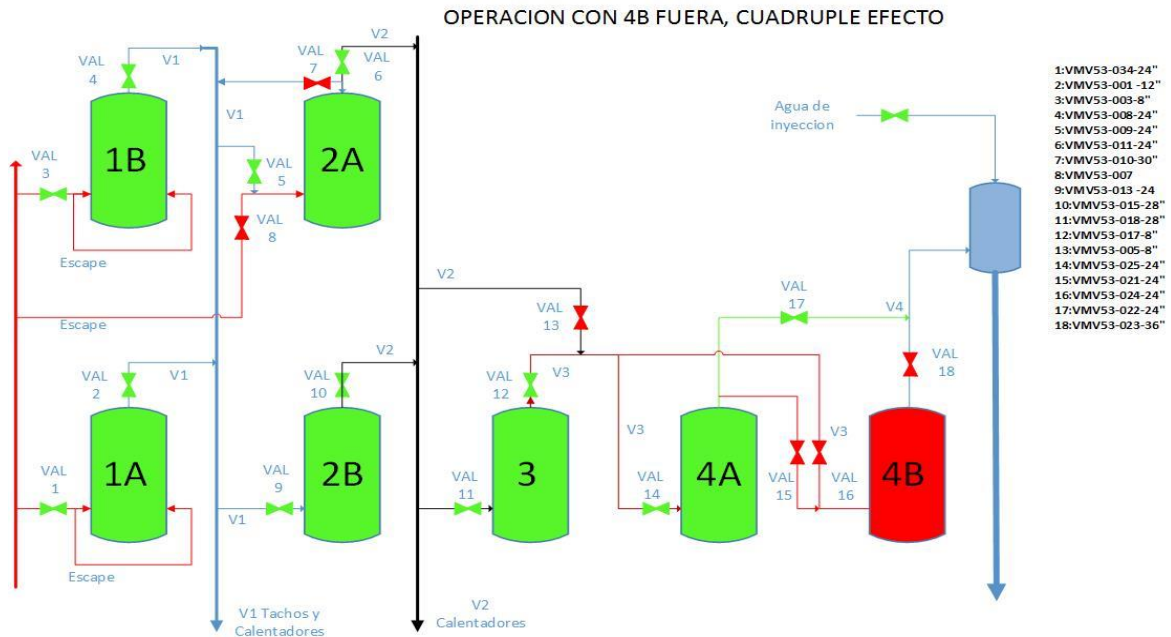
Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

Ilustración 10 Operación con el 4A fuera.



Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

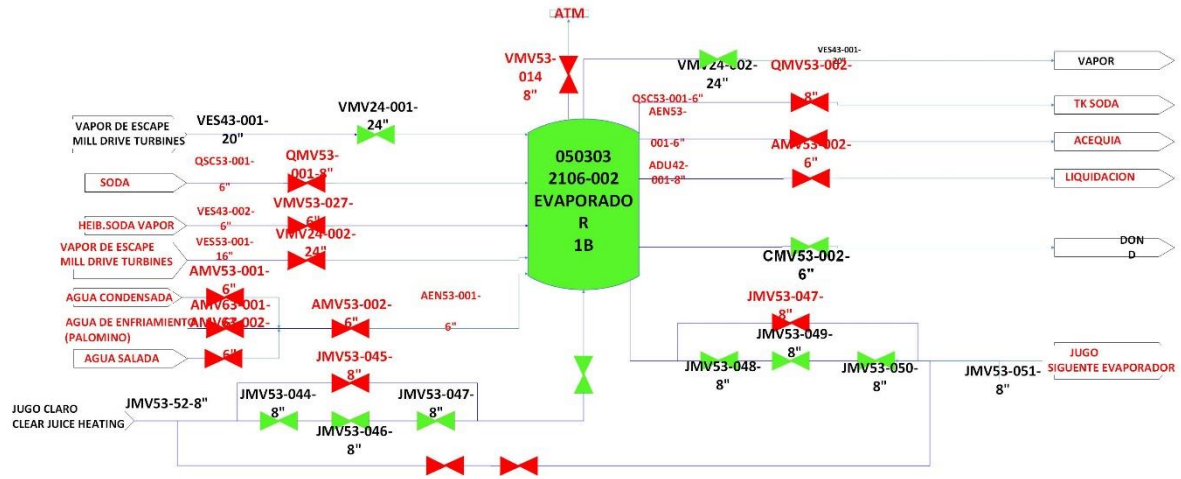
Ilustración 11 Operación con el 4B fuera.



Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

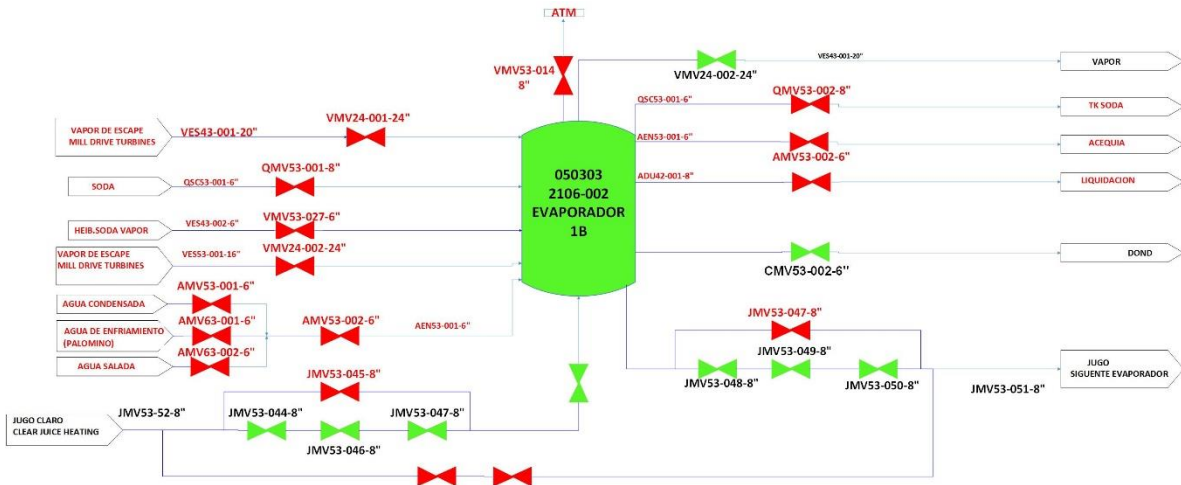
IV.9. Diseño esquemático de parada de evaporadores protocolo

Ilustración 12 Inicio de operación de equipo.



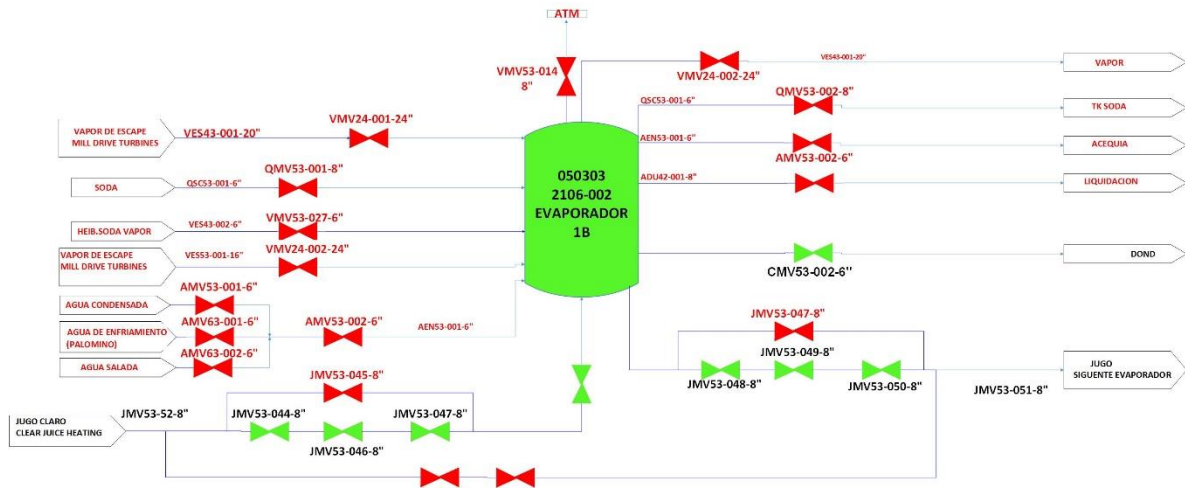
Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

Ilustración 13 Cerrar válvula de entrada de vapor de escape.



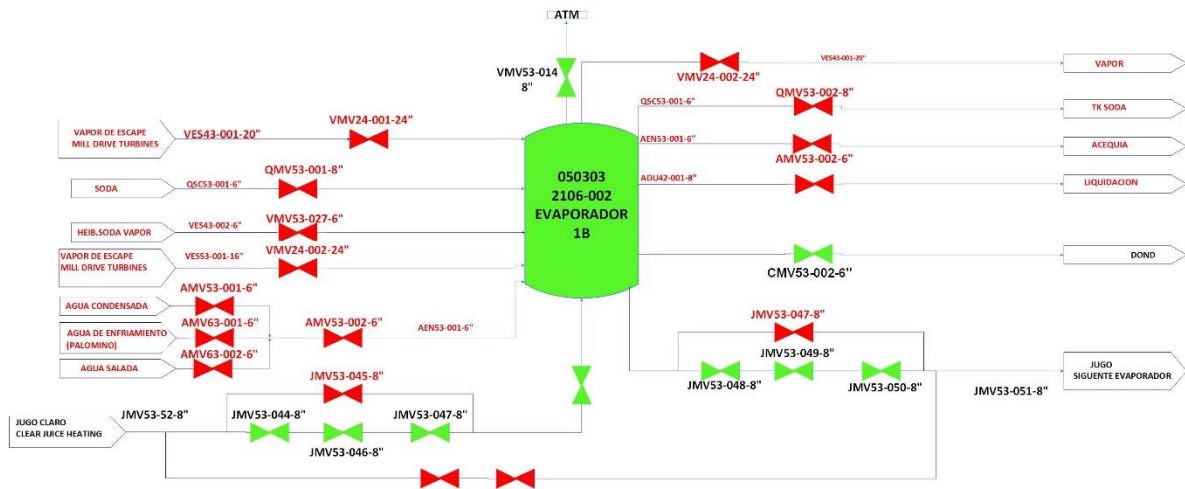
Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

Ilustración 14 Cerrar válvula de salida de vapor V1



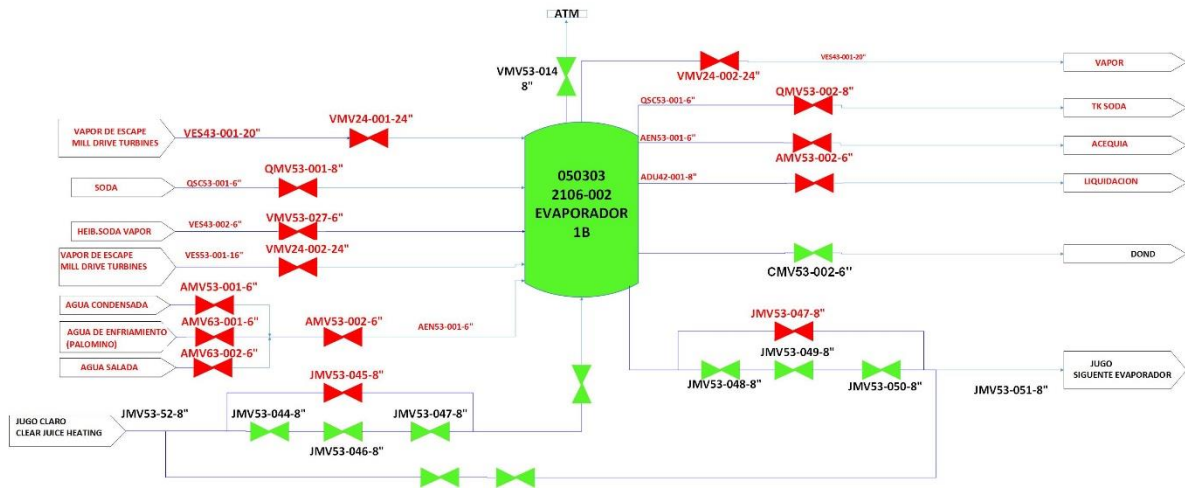
Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

Ilustración 15 Abrir válvula de venteo a la atmósfera.



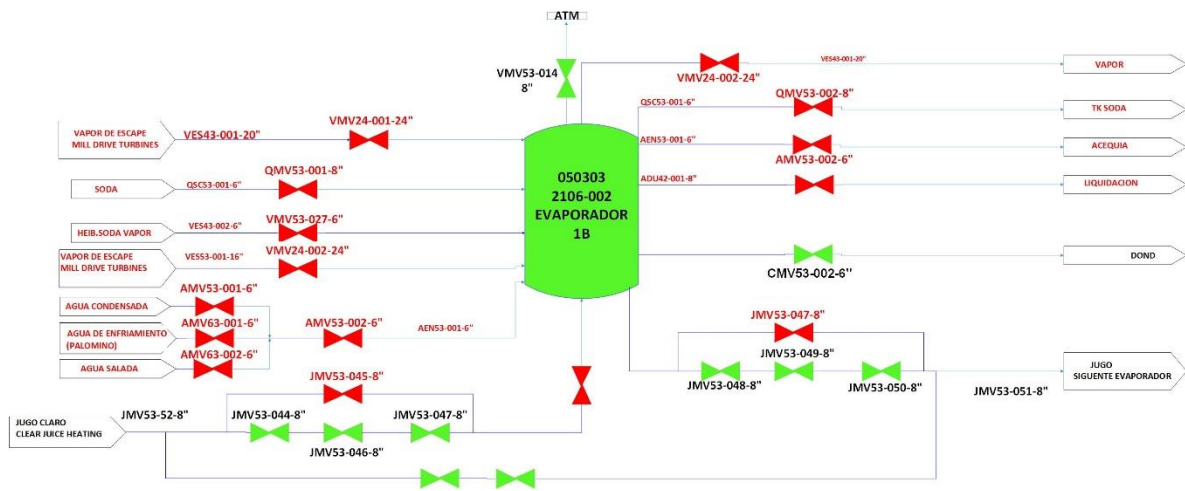
Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

Ilustración 16 Abrir válvulas de baipás de jugo



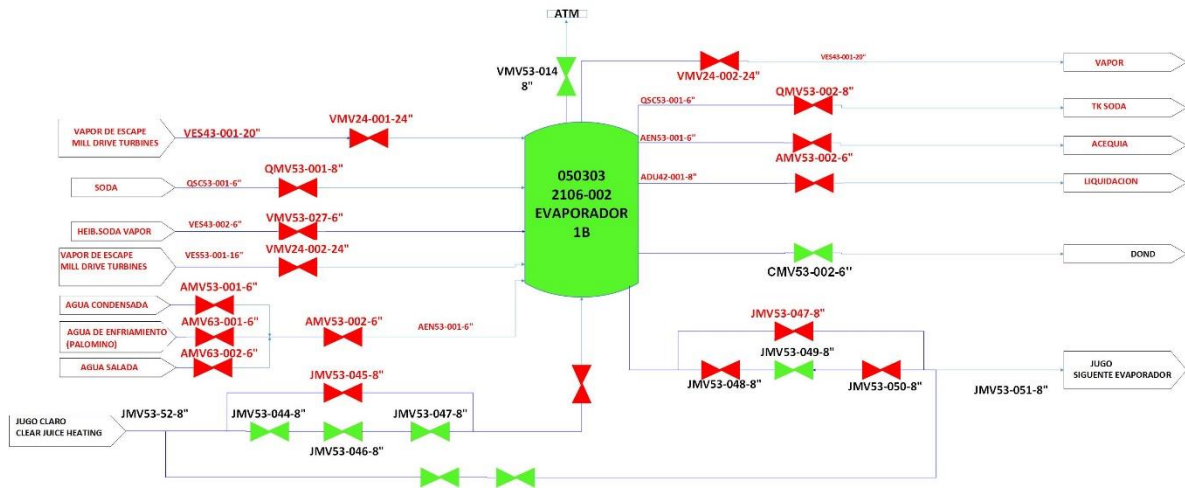
Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

Ilustración 17 Cerrar válvula manual de entrada de jugo al evaporador.



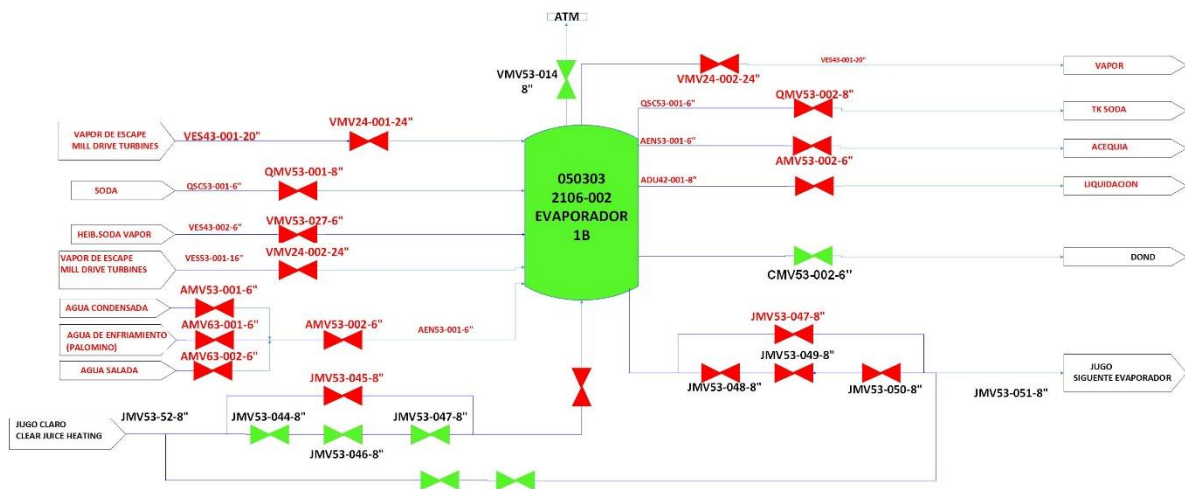
Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

Ilustración 18 Cerrar válvulas de salida de jugo al evaporador.



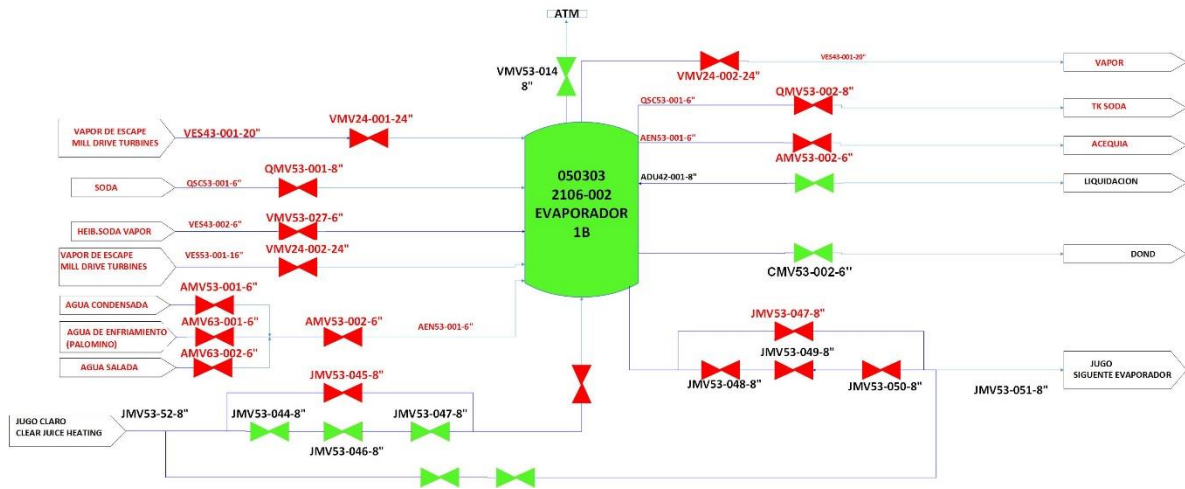
Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

Ilustración 19 Cerrar válvulas de salida de jugo del baipás.



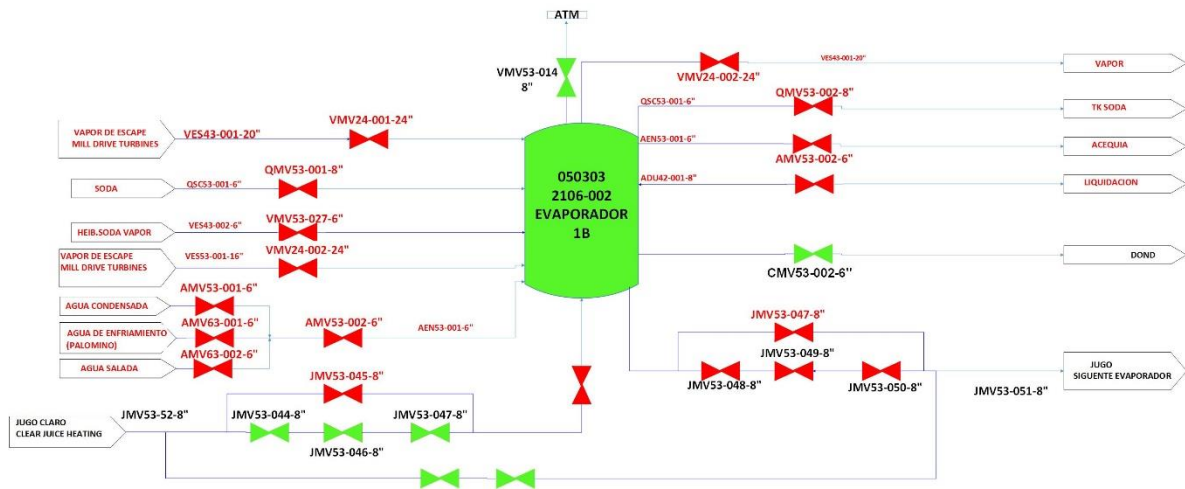
Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

Ilustración 20 Liquidar jugo abriendo válvula de liquidación.



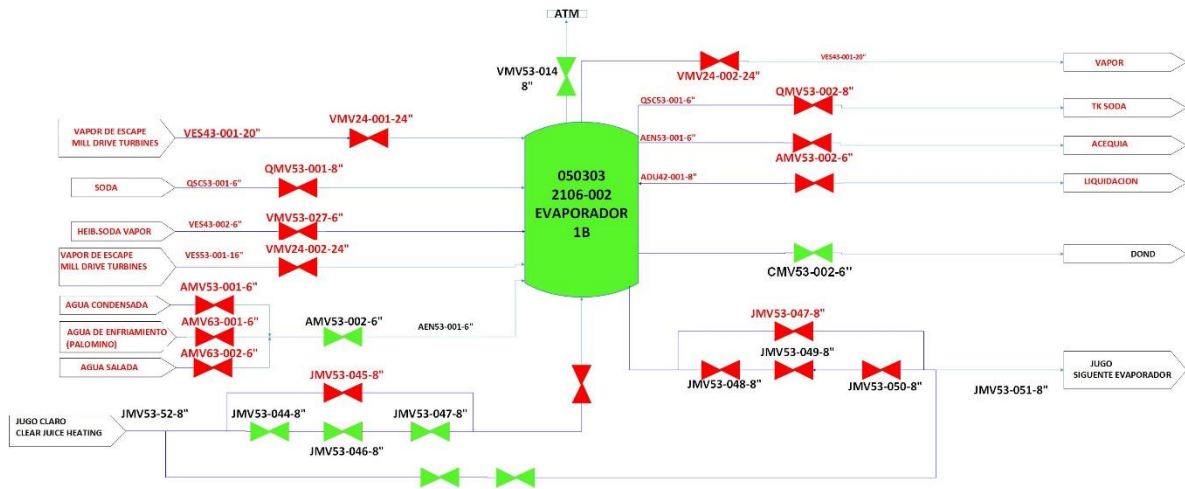
Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

Ilustración 21 Luego de liquidar cerrar válvula de liquidación



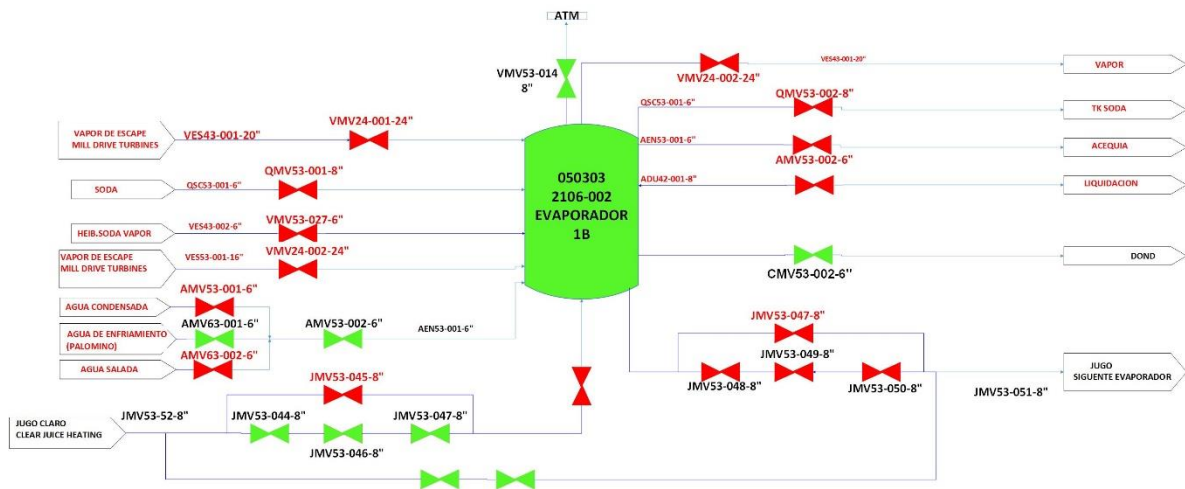
Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

Ilustración 22 Abrir válvula tubería de agua.



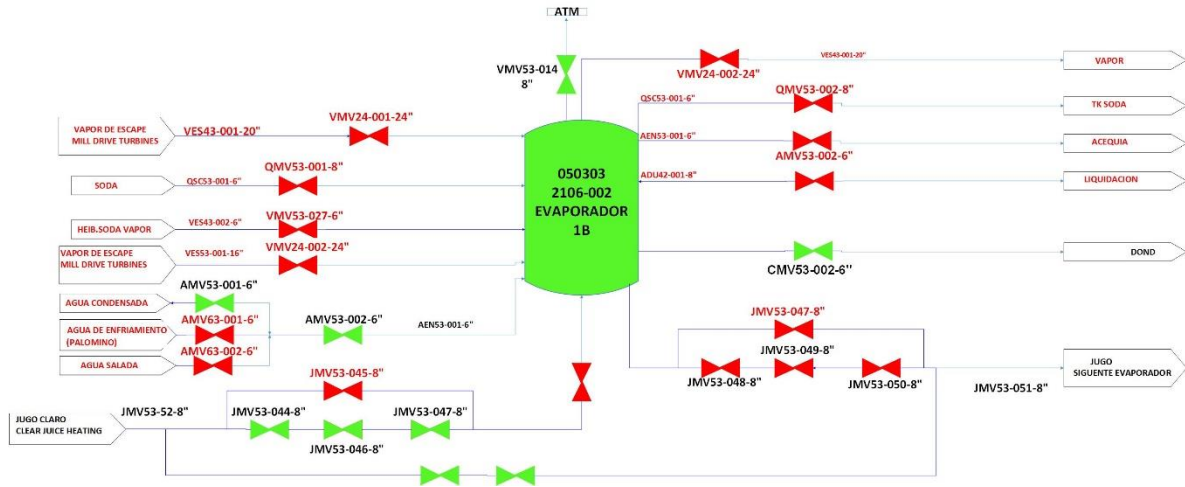
Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

Ilustración 23 Opción 1 agua palomino



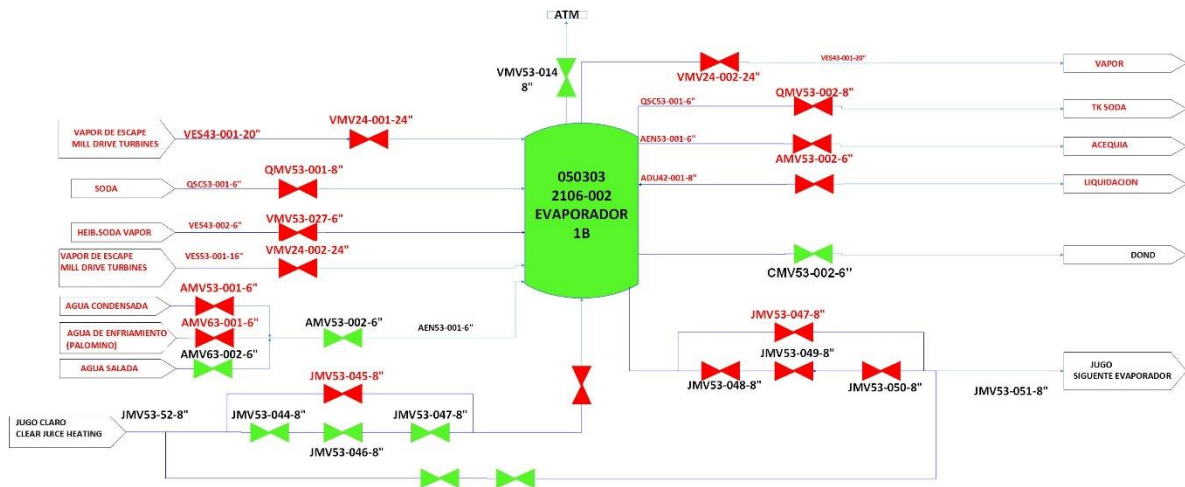
Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

Ilustración Opción 2 agua condensado.



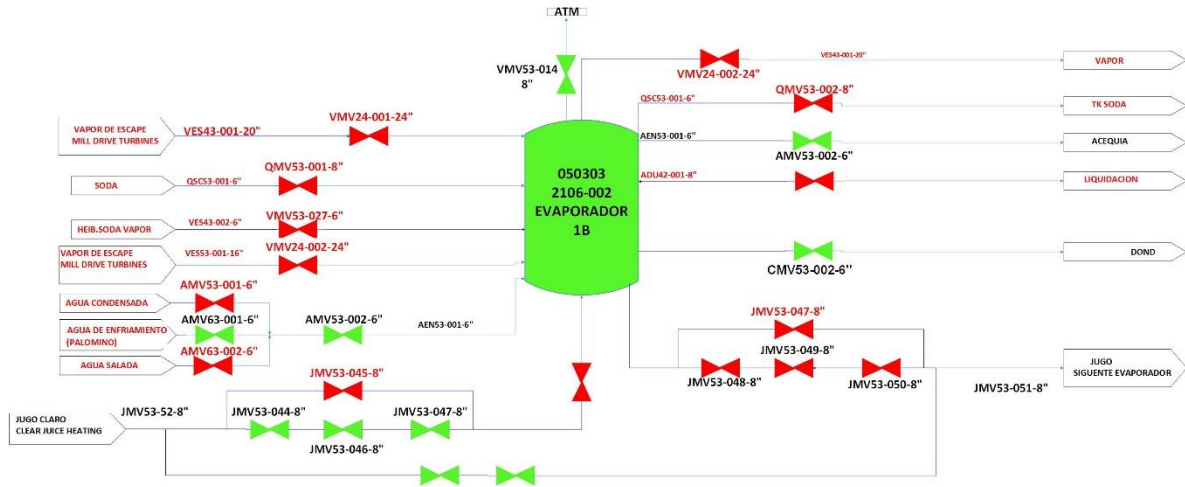
Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

Ilustración 24 Opción 3 agua salada.



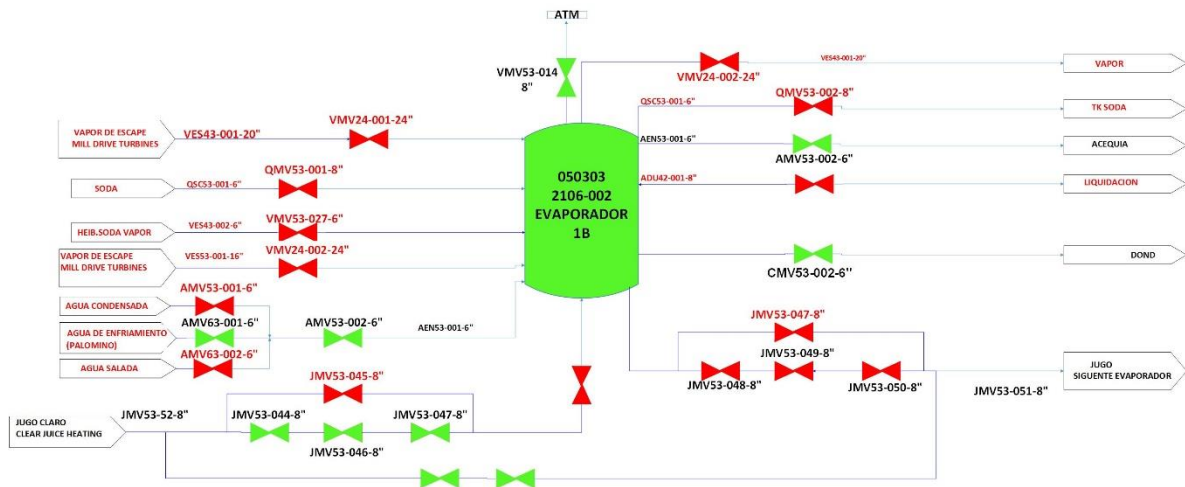
Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

Ilustración 25 Opción 1 agua palomino.



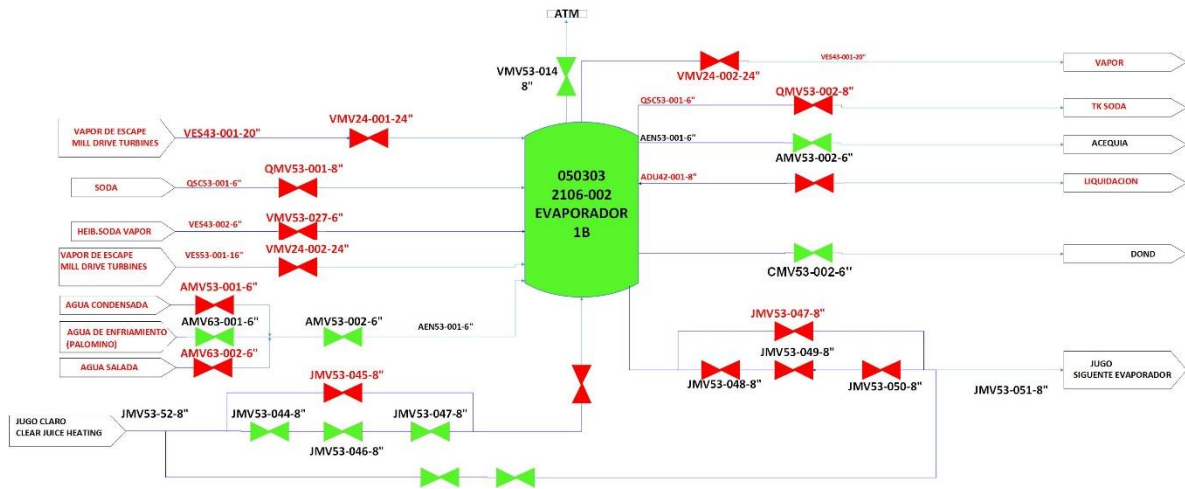
Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

Ilustración 26 Abrir válvula de la acequia.



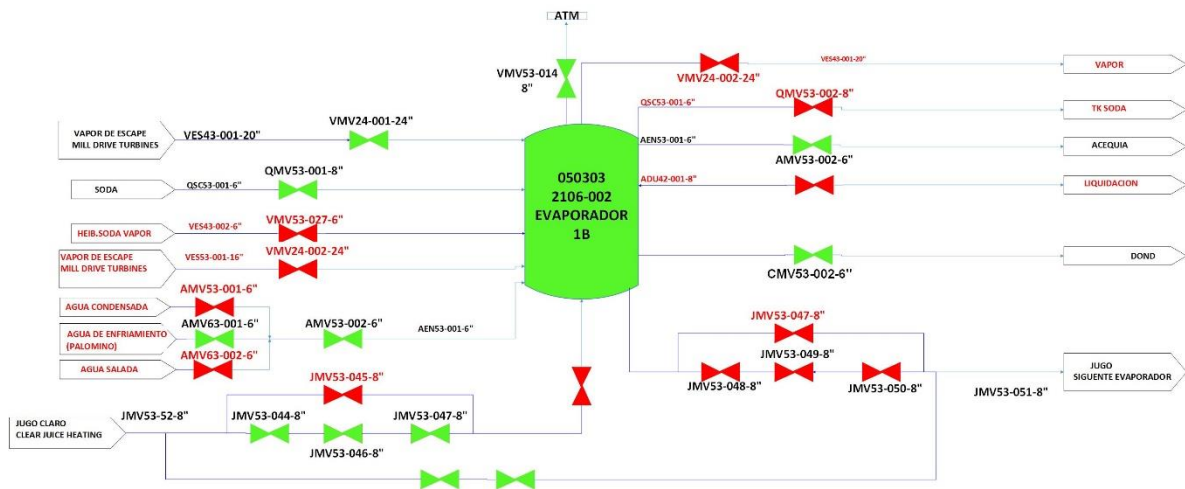
Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

Ilustración 27 verificar válvula liquidación de jugo este cerrada.



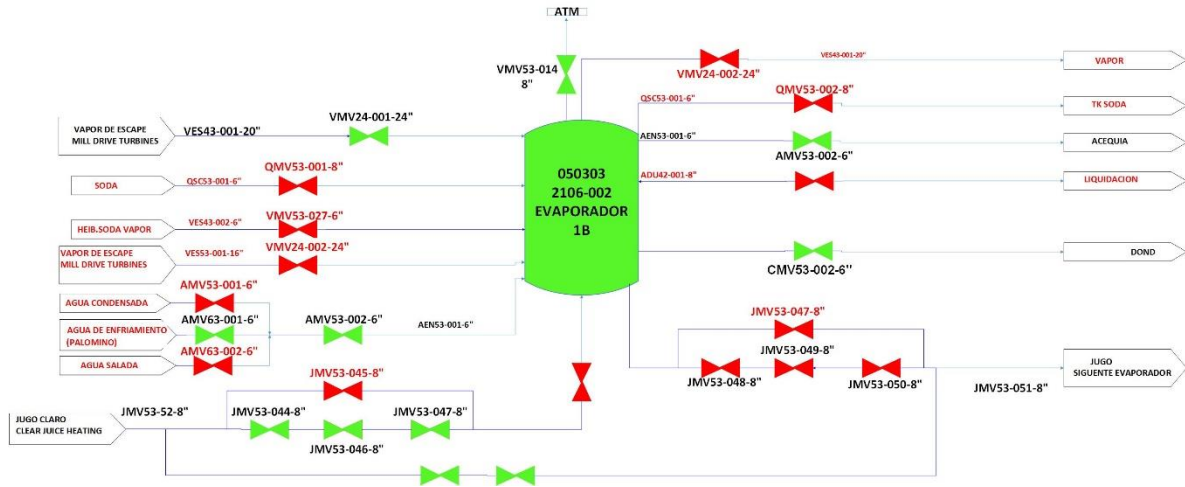
Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

Ilustración 28 Abrir válvula de entrada de soda



Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

Ilustración 29 verificar que la válvula de venteo a la atmósfera este abierta

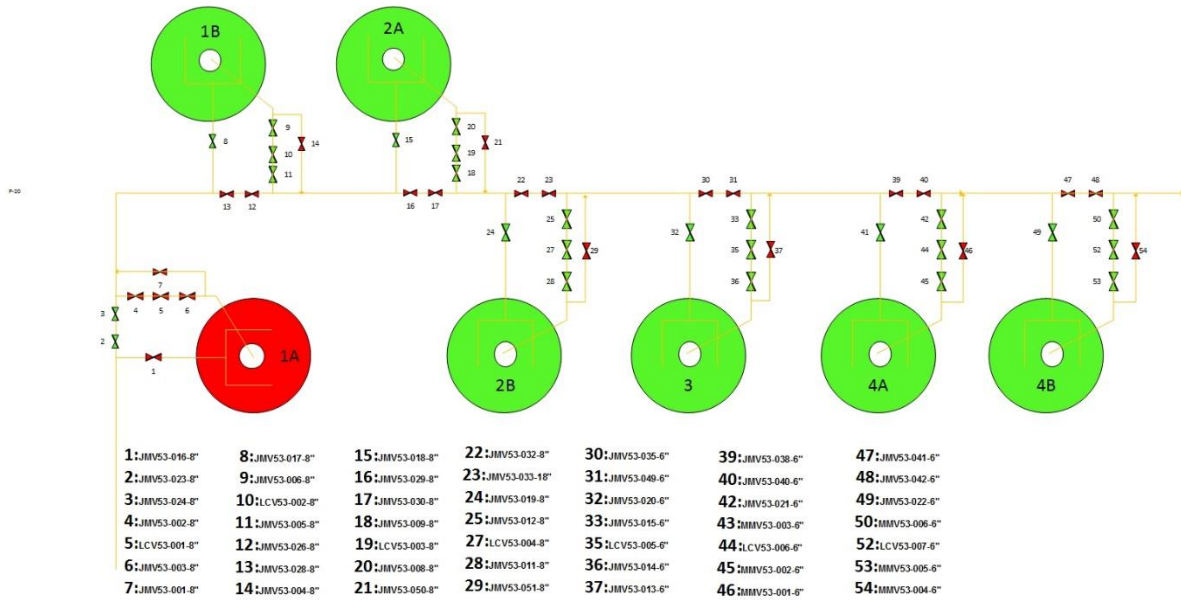


Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

IV.10. Sistema paradas de evaporadores jugo

Ilustración 30 1A fuera de línea sistema de jugo en los evaporadores.

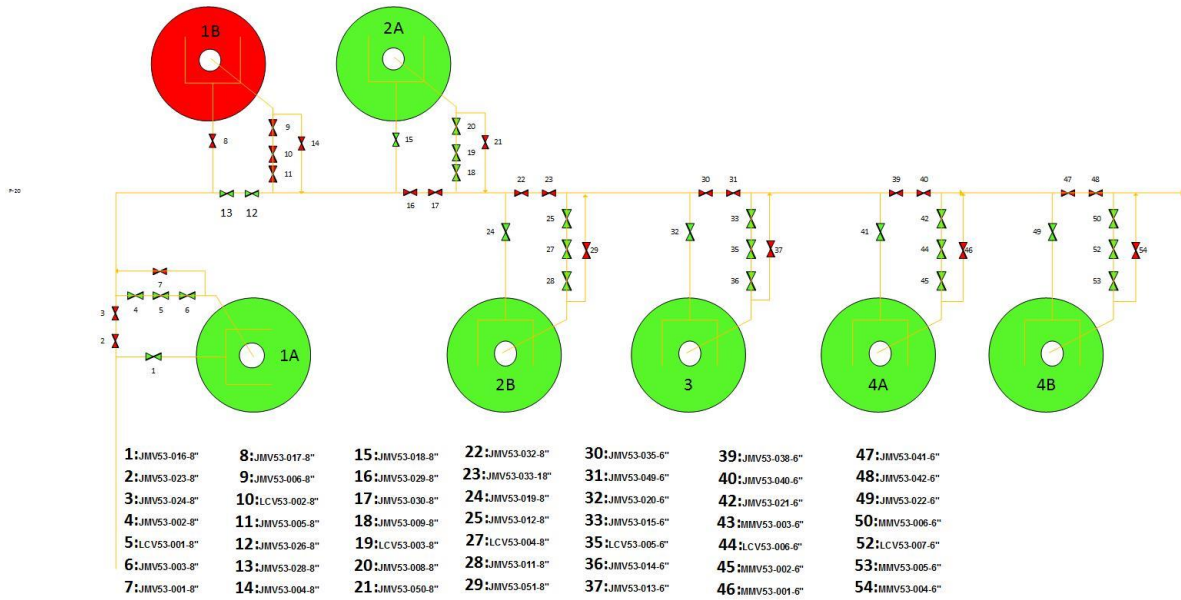
1A OFF



Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

Ilustración 31 1B fuera de línea sistema de jugo en los evaporadores.

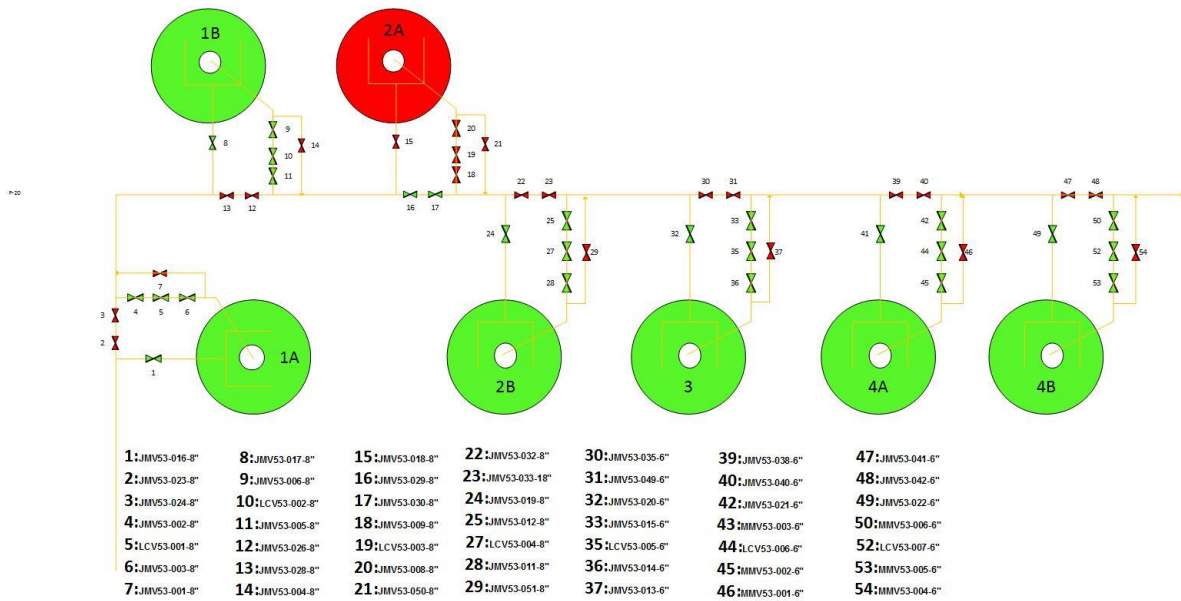
1B OFF



Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

Ilustración 32 2A fuera de línea sistema de jugo en los evaporadores.

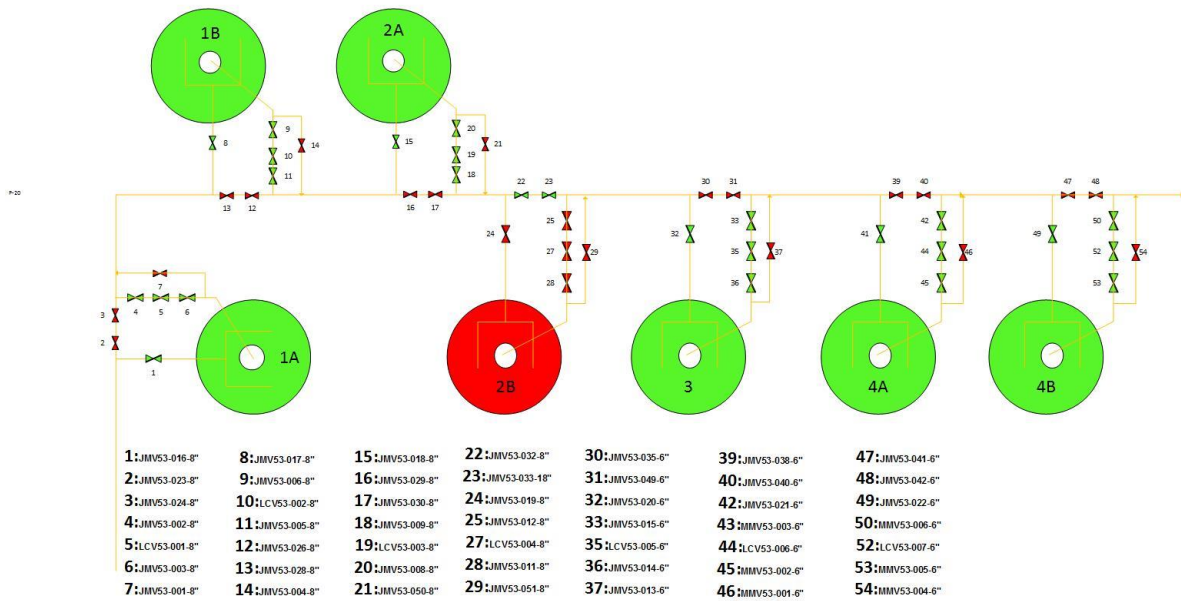
2A OFF



Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

Ilustración 33 2B fuera de línea sistema de jugo en los evaporador.

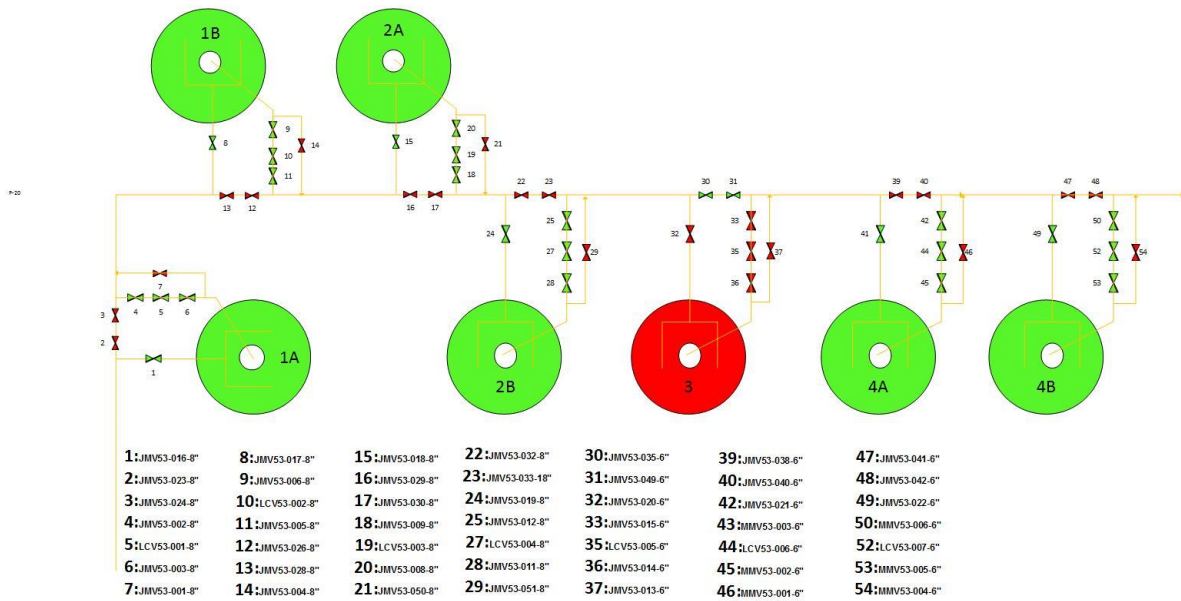
2B OFF



Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

Ilustración 34 3 fuera de línea sistema de jugo en los evaporadores.

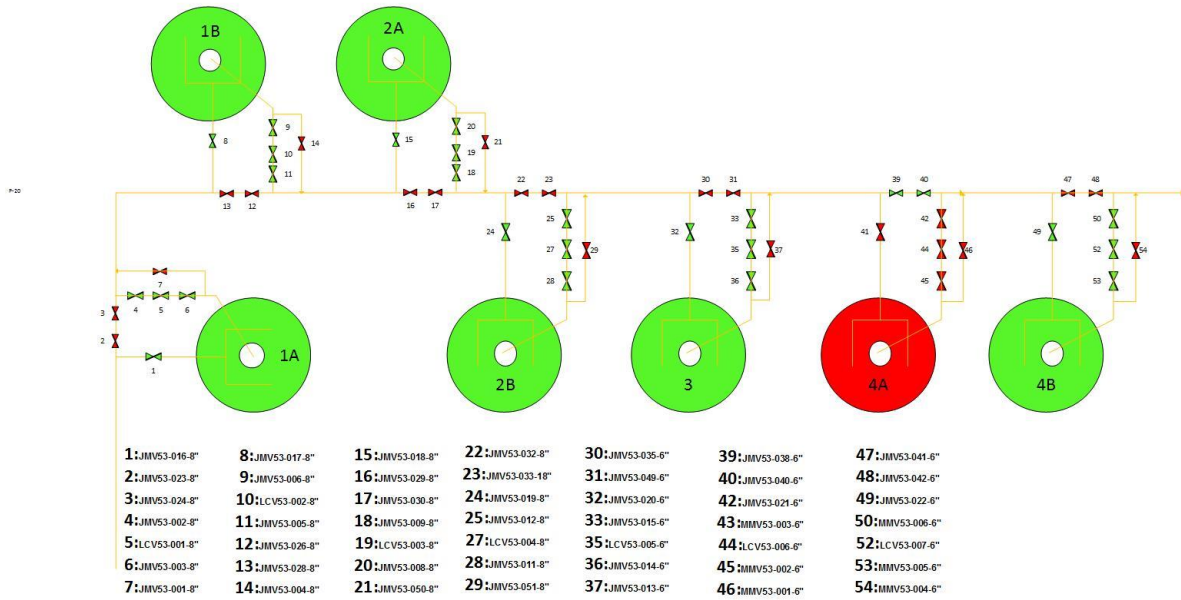
3 OFF



Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

Ilustración 35 4A fuera de línea sistema de jugo en los evaporadores.

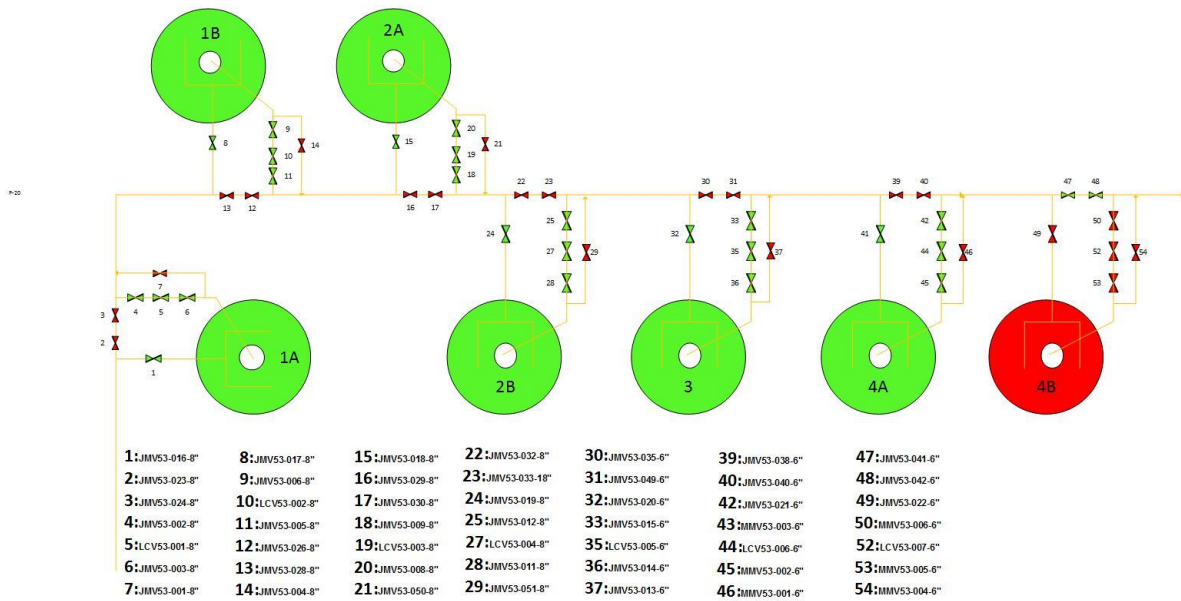
4A OFF



Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

Ilustración 36 4B fuera de línea sistema de jugo en los evaporadores.

4B OFF



Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

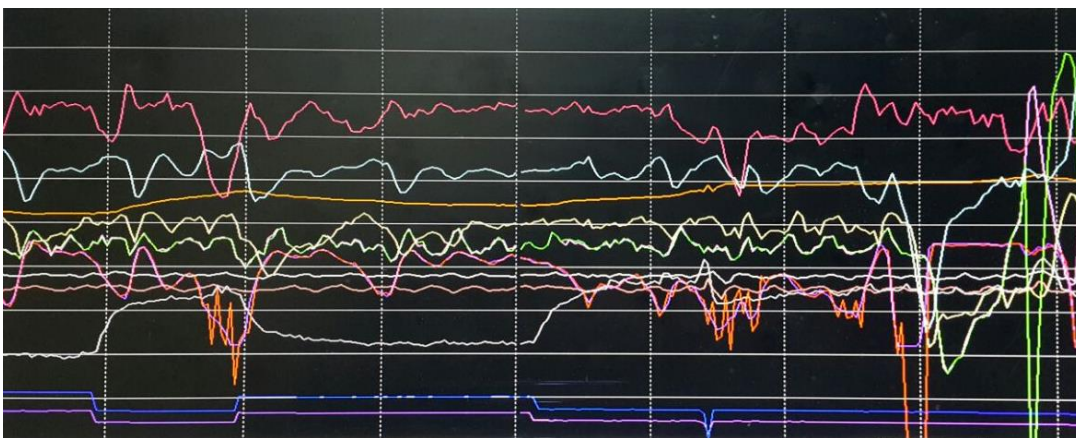
CAPITULO V
RESULTADOS DE MUESTREOS

V. Control automático y mecánico del Brix de meladura en el evaporador 4B

V.1. Control automático del Brix meladura



Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

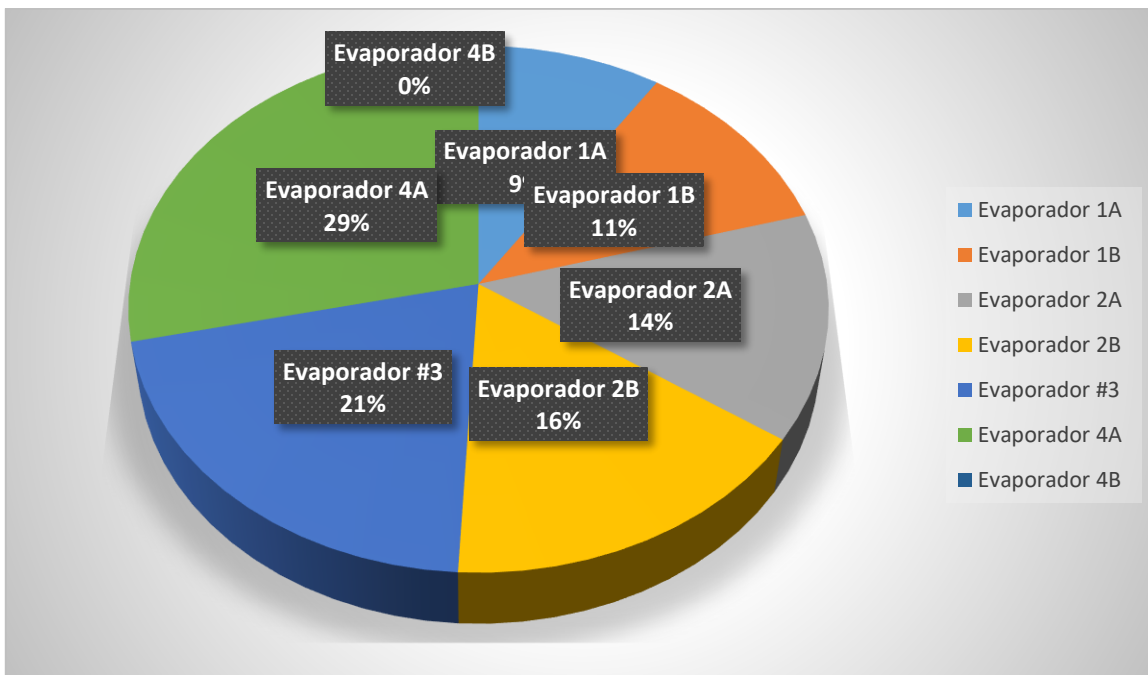


Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.



Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

V.2. Control mecánico del Brix de meladura



Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

QUINTA PARTE
ANÁLISIS DE RESULTADOS

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Factory control time, proyecto en el cual se busca mejorar las diferentes secciones y sub secciones del departamento de elaboración de azúcar a partir de la caña, desarrolla un plan de trabajo en etapas para cumplir con cada uno de los requisitos calidad y mejoras de proyecto. Este proyecto inicia en fecha 24 de agosto del año 2016 con el levamiento en la sección de evaporación, cumpliéndose la meta de en 2 días realizar el diagrama del tren de evaporación ver II.1 Desarrollo P&ID de fábrica.

Luego se lleva a cabo el plan estratégico de desarrollar el diagrama con los accesorios que se iban a mejorar en el área, este plan se cumplió en una semana, ver II.1.1 Desarrollo P&ID de fábrica. Al finalizar esta etapa, se inició a realizar los cambios planificados: mejorar las líneas, válvulas y bombas en los evaporadores. Las líneas se identificaron los con nombres, las válvulas se cambiaron por válvulas nuevas; válvulas automáticas de menor grosor pero con más eficiencia al momento de la fábrica operar, estos cambios se culminaron en un tiempo de 2 meses, obteniendo buenos resultados en el tiempo prolongado.

Para finalizar el proyecto se realiza un manual de operaciones en un tren de evaporadores. El cual se explica al personal de mandos medios y gerenciales, el manual al igual que explicación fue comprendido y aceptado por todo el personal asistente a la presentación, copia de dicha acta se presenta en el anexo no 3.

SEXTA PARTE

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Realizar un manual para un proyecto desarrollado por primera vez en una empresa es un desafío a gran escala, porque mejorar significa cambiar; para mejorar y cambiar se necesita experimentar. Los cambios realizados durante este proyecto, cambios de válvulas, tuberías, tuberías de calandrias de evaporadores, colores de tuberías y nombres para lograr identificarlas, manómetros, visores. Con el objetivo de obtener un grado Brix de 64 a 65 en meladura.

Al instalar estos accesorios en la sección de elaboración, se observó un diferencial entre los grados Brix de la meladura. Los grados Brix de meladura estaban para las zafras del 2015 y 2016 en 58 grados y luego se nota una diferencia de 64 y 65 grados Brix en la meladura para la zafra del 2017, logrando un aumento de 7 % de aumento en las concentraciones de la meladura.

Los resultados arrojados por el tren de evaporadores fueron tomados en un equipo de control de grados Brix automático para la meladura, el resultado arrojado por las diferentes observaciones durante 90 días de supervisión fueron de 64 a 65 grados Brix, resultado que se esperaba; los resultados se muestran en la gráfica de resultados, las cuales se identifican como muestreo automático de meladura página 125 y 126 las cuales dan resultado válido. Se llevó un muestreo automático en la línea que va al tanque de meladura y una parte mecánica que se tomaba y manualmente en un punto de muestreo del melador, la línea color amarillo correspondiente al Brix de meladura en las primeras 3 gráficas expresan que los grados Brix de la meladura tras muestrear por 90 días se mantuvieron estables en el rango de 64 a 65.

Los grados Brix de 64 y 65, ayudaron a mejorar el desarrollo de masa en los tachos, que son evaporadores de efectos simples utilizados en la industria azucarera para el desarrollo de cristales, también ayudaron a la disminución de color en el azúcar para más calidad.

Los operarios de la planta lograron identificar de manera más rápida las tuberías, válvulas y medidores de flujos de los evaporadores. Dando un buen resultado al momento de enfrentarse a una problemática, la solución de por ejemplo de una tubería de soda que contaminaba el tren de evaporadores duraba una hora y luego de implementar la mejora se redujo a 10 minutos.

Al realizar el documento que es el chequeo que se realiza a cada evaporador para su puesta en marcha o sacarlo de funcionamiento así como sus parámetros, se mejora la forma de hacer las revisiones ya que el documento manda a revisar válvulas de vapor y jugo pero de manera lógica desde entrada a salida, siendo este documento la evidencia de que se realiza un chequeo por parte de los encargados de limpieza y mantenimiento de la sección de elaboración.

Luego que se implementó el mantenimiento y la mejora en el tren de evaporadores, el tiempo perdido disminuyó de 20% al 10%, esto se debe al plan de mantenimiento de la puesta en marcha de un evaporador luego de este estar en mantenimiento, también ayudo a mejorar el tiempo perdido la paradas de evaporadores por días no sacar en una sola semana los 7 evaporadores para mantenimiento y no moler ni producir azúcar aumentaba el tiempo perdido, ahora se utiliza la estrategia de sacar un cuerpo por día y 6 siguen en funcionamiento.

Las válvulas sustituidas tienen grandes diámetros las cuales impedían que los socios internos transitaran por dicha subsección una vez sustituidas por válvulas automáticas y de guillotina se reduce el uso de utensilios para forzar las válvulas a funcionar, con esta sustitución se cuida el proceso de la fábrica y el personal.

Finalizada cada etapa de este proceso se concluye que cada etapa aceptaron positivamente a los objetivos a lograr en el consorcio azucarero central de barahona, siendo este el plan de control maestro para cada zafra.

RECOMENDACIONES

Para que un tren de evaporadores tenga una buena función, es necesario operarlo con las especificaciones necesarias, sabiendo que cada evaporador tiene una función y especificaciones es recomendable que tenga en el panel de control de evaporadores un vapor de escape de mínimo 19 psi. Con un vapor de escape en 19 psi podemos operar el evaporador 1A a un nivel de 50 por ciento, el 1B a 40 por ciento, 2A a 35 por ciento, 2b a 30 por ciento, 3 a 25 por ciento y los meladores a un 20 por ciento. De esta manera el tren de evaporadores obtendrá como resultado un buen grado Brix de la meladura, buena concentración del jugo desde el primer evaporador hasta el último evaporador del tren.

Al momento que todos los evaporadores estén en línea y falle el vapor de escape lo correcto sería que sólo el tren de evaporadores trabaje con vapor de escape, los tachos tendrían que operar con vapor V1, que es el vapor producido por los pre evaporadores y es aprovechado para ahorro energético en la planta.

SÉPTIMA PARTE

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y ANEXOS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN SOCIETY OF PART L-6TH EDRTRON, NEW YORK, 1971 MECHANICAL ENGINEERS, 'OR. G. CUNNINGHAM, COMPRESSIBLE FLOW ORIFICE METERS WITH SUPERCRITICAL ASME PAPER NO.
2. B. F. GRIZZLE, "SIMPLIFICATION OF GAS FLOW CALCULATIONS BY MEANS OF A NEW SPECIAL SLIDE RULE. PETROLEUM ENGINEER, SEPTEMBER, 1945.
3. BIBLIOTECA DEL INGENIERO QUIMICO. ROBERT H. PERRY Y CECIL H. CHILTON MC GRAW-HIL/ INTERAMERICANA DE MEXICO, S.A 5^{TA} EDICIÓN, 1991 TOMOS I Y IV.
4. DOWTHERM HANDBOOK"; DOW CHEMICAL CO. MIDLAND, MICHIGAN, 1954; P. 10.
5. H. ROUSE, "ELEMENTARY MECHANICS OF FLUIDS. JOHN WILEY & SONS, INC., NEW YORK, 1946.
6. H. KIRCHBACH, "LOSS OF ENERGY IN MITER BENDS. TRANSACTIONS OF THE MUNICH HYDRAULIC INSTITUTE, BULLETIN NO. 3, AMERITAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS, NEW YORK, 1935.

7. HUGOT, E. (1978). MANUAL PARA INGENIEROS AZUCAREROS. FRANCIA: COMPAÑIA EDITORA CONTINENTAL, S.A., MEXI.
8. JACKSON, R. R. JOHNSON, AND C. A. LARSON, "FLOW MEASUREMENT WITH ORIFICE METERS"; D. VAN 'IR. TI+ 2 N&RAHD COMPANY,IRRLS; NEW YORK, 195 1. 9 "FLUID METERS.
9. MANUAL DEL INGENIERO QUIMICO. ANTONIO VALIENTE Y JAIME NORIEGA LIMUSA/ GRUPO NORIEGA EDITORIES. MEXICO.1^{RA} EDICION, 1993.
- 10.NATIONAL ENGINEERING LABORATORY, HUSO EDINBURGH, UK. "STEAM TABLES '1964"; 'R. F. STEARNS, R. M.
- 11.OPERACIONES BASICAS DE INGENIERO QUIMICO.WARREN L. MC CABE Y JULIAN C. GRAW-HILL-EDITORIAL REVERTE, S.A 3^{RA} Y 4^{TA} EDICION.
- 12.PETER REIN. (2012). INGENIERIA DE LA CAÑA DE AZUCAR. ALEMANIA: COMPAÑÍA EDITORA VELARG DR ALBERT BARTENS KG.
- 13.R. 4, DODGE & M. J. THOMPSON. "FLUID MECHANICS", MCGRAW-HILL BOOK COMPANY, INC., 1937; PP. 193, 288.

14. R. J. S. PIGOTT, "PRESSURE LOSSES IN TUBING, PIPE, AND FITTINGS";
TRANSACTIONS OF THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL
ENGINEERS, VOLUME 72, 1950; PP. 679 A 688.

ANEXOS

ANEXO I. PRESENTACIÓN DE PROYECTO

Fotos 1 reunión de revisión proyecto.



Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

Fotos 2 reunión de revisión proyecto.



Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

**ANEXO II. HOJA DE ASISTENCIA DE INVITADOS AL
PROYECTO**

Fotos 3 hoja asistencia a la reunión de revisión proyecto.

INGENIO BARAHONA

Contiene: Interpretación de tags y sistema del manejo de ju

Objetivo: Dar a conocer los cambios realizados en el sistema

Participantes:

No	Nombre	Firma	No
1	SILFREDO T. GERMOSÉN		35
2	JULIO LEÓN		36
3	Hector Pequeño		37
4	Rubén D. Alcántara		38
5	Juan Maella		39
6	Benny Godoy		40
7	Carlos T. Lopez		41
8	Daniela D. ...		42
9	PAUL HAMILTON		43
10	DAFAEL LANGUASCO		44
11	Henry Matos Feliz		45
12	EDUARDO VÁSQUEZ		46
13	Jaimé Bonifazi		47
14	MARTÍN COLÓN		48
15	José Paul Ramos		49
16	Julita Carvalho		50
17	Bruno Andrade		51
18	John E. Tagliacozzi		52
19	Gerbert R. Vergara		53
20			54

Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

ANEXO III. MUESTREOS MECÁNICOS DE MELADURA

Tabla 4. Muestreo mecánico de la meladura.

Fecha	18/2/17							
Hora	8:23 a. m.							
Flujo jugo claro (tn/h)	195.2							
Molienda	216.8							
Flujo jugo encalado (tn/h)	233.3							
Flujo jugo mixto (tn/h)	259.4							
Flujo meladura (tn/h)	46.2							
Presion de escape	18.8	Presion V1		13	Presion V2		4.3	
Evaporador	1A	1B	2A	2B	3A	4A	4B	
Presion del cuerpo	12	13.2	EVAPORADOR FUERA DE LINEA	3.4	-3.2	-19.35	-25.19	
Presion calandria	20.5	19.1		12.6	1.5	-12.8	-9.2	
Temperatura °F	250.1	247		224.3	195.3	144.6	140.9	
Nivel de llenado	56.40%	47.10%		33.30%	35.80%	28.70%	24.30%	
Brix Entrada	17.54	19.29		22.16	27.02	37.28	45.24	
Brix de salida	19.29	22.16		27.02	37.28	45.24	57.94	
Abertura valvula entrada	100.0%	70.3%		37.2%	17.3%	20.1%	44.7%	
Abertura valvula salida	70.3%	37.2%		17.3%	20.1%	44.7%	58.8%	
Evaporadores	1A	1B		2A	2B	3A	4A	4B
Toneladas/h de jugo entrando	195.2	177.49	0.00	154.50	126.71	91.84	75.68	
Toneladas evaporadas	17.71	22.99	0.00	27.79	34.87	16.16	16.59	136.11
Porcentaje de evaporacion	9.07%	12.95%	0.00%	16.14%	20.83%	10.08%	9.27%	69.73%

Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

Tabla 5. Muestreo mecánico de la meladura.

Fecha	19/2/17								
Hora	8:21 a. m.								
Flujo jugo claro (tn/h)	197.6								
Molienda	222								
Flujo jugo encalado (tn/h)	229.2								
Flujo jugo mixto (tn/h)	234.9								
Flujo meladura (tn/h)	44.4								
Presion de escape	19.3	Presion V1			10.7	Presion V2		6.4	
Evaporador	1A	1B	2A	2B	3A	4A	4B		
Presion del cuerpo	10	10.5	6.8	5.3	0.7	EVAPORADOR FUERA DE LINEA	-25.32		
Presion calandria	19.9	19.1	10.5	10.3	4.3		-1.6		
Temperatura °F	244.8	241.3	229.3	224.6	210.7		141.4		
Nivel de llenado	43.70%	47.30%	50.20%	34.70%	12.20%		38.50%		
Brix Entrada	16.56	20.32	23.31	25.8	28.11		36.21		
Brix de salida	20.32	23.31	25.8	28.11	36.21		58.18		
Abertura valvula entrada	100.0%	59.9%	36.7%	36.8%	100.0%		12.6%		
Abertura valvula salida	59.9%	36.7%	36.8%	100.0%	12.6%		100.0%		
Evaporadores	1A	1B	2A	2B	3A		4A	4B	Total
Toneladas/h de jugo entrando	197.6	161.04	140.38	126.83	116.41		0.00	90.37	
Toneladas evaporadas	36.56	20.66	13.55	10.42	26.04	0.00	34.13	141.36	
Porcentaje de evaporacion	18.50%	12.83%	7.66%	5.66%	13.91%	0.00%	19.89%	71.54%	

Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

Tabla 6. Muestreo mecánico de la meladura.

Fecha	20/2/17							
Hora	8:32 a. m.							
Flujo jugo claro (tn/h)	189							
Molienda	204.6							
Flujo jugo encalado (tn/h)	245.8							
Flujo jugo mixto (tn/h)	140							
Flujo meladura (tn/h)	56.9							
Presion de escape	14.7	Presion V1		10.1	Presion V2		3.2	
Evaporador	1A	1B	2A	2B	3A	4A	4B	
Presion del cuerpo	10	EVAPORADOR FUERA DE LINEA	12.7	2.5	-6.8	-19.46	-25.69	
Presion calandria	16.6		16.4	9.9	1.3	-11.6	-24.3	
Temperatura °F	244.8		241.8	222.1	201.5	148.5	131.9	
Nivel de llenado	40.20%		25.10%	21.60%	44.60%	33.60%	22.20%	
Brix Entrada	17.86		20.66	23.51	28.19	36.73	54.11	
Brix de salida	20.66		23.51	28.19	36.73	54.11	57	
Abertura valvula entrada	100.0%		100.0%	30.7%	29.6%	20.4%	20.4%	
Abertura valvula salida	100.0%		30.7%	29.6%	20.4%	33.3%	91.7%	
Evaporadores	1A	1B	2A	2B	3A	4A	4B	Total
Toneladas/h de jugo entrand	189	0.00	163.39	143.58	119.74	91.90	91.90	

Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

ANEXO IV. ORGANIGRAMA DE ENTREGA DE PROYECTO

Tabla 7. Programa de lógica de control de proyecto.

Programa de logica de control				Llegada de Simon: Octubre 17				
		TST	CAC	TST	TST		TST/CAC	CAC
AREAS	SISTEMA	Concepto	P&ID Existente	P&ID nuevo	Filosofia de Control	Bloque de Diagrama	Revision	Sistema
		5 Octubre	11 Octubre	21 Octubre			2 Noviembre	1 Diciembre
Evaporacion	Evaporadores	Simon	Gregory ferrera	Gregory Ferrera	Simon	Simon	TST / CAC	Gregory Ferrera
		5 Octubre	7 Octubre	7 Octubre			3 Noviembre	1 Diciembre
Condensados	Condensados	VB	Varela / Javier	Varela / Javier/Livio	BV + Castillo	BV + Castillo	TST / CAC	Luis
		5 Octubre	7 Octubre	7 Octubre			21 Octubre	1 Diciembre
Calderas	Caldera 10	L. Osorio					TST / CAC	Luis
							4 Noviembre	1 Diciembre

Fuente: Evaluación e implementación de mejoras en el proceso de evaporación y mantenimiento de evaporadores del Consorcio Central Azucarero, Gregory Yancarlos F.

GLOSARIO

GLOSARIO

Ágata: El ágata no es un mineral específico, sino un conjunto de variedades microcristalinas del cuarzo (sílice). En realidad, son variedades de calcedonia que presentan bandas de varios colores poco contrastados.

Ausencia de dextrano: es la ausencia de microorganismo en el azúcar.

Brix: Los grados Brix son una unidad de cantidad (símbolo °Bx) y sirven para determinar el cociente total de materia seca (generalmente azúcares) disuelta en un líquido. Una solución de 25 °Bx contiene 25 g de sólido disuelto por 100 g de disolución total. Los grados Brix se cuantifican con un refractómetro.

Calor específico: Energía que se manifiesta por un aumento de temperatura y procede de la transformación de otras energías; es originada por los movimientos vibratorios de los átomos y las moléculas que forman los cuerpos.

CCE: cuarto de control de evaporadores.

Desfogan: Echar agua a la cal viva para apagarla.

Efecto hidrostático: El equilibrio hidrostático se produce en un fluido en el que las fuerzas del gradiente vertical de presión y la gravedad están en equilibrio.

Insolubilizar: Que no puede disolverse ni diluirse.

NPSH: En hidráulica, la NPSH (acrónimo de Net Positive Suction Head), también conocido como ANPA (Altura Neta Positiva en la Aspiración) y CNPA (Carga Neta Positiva en Aspiración), es una cantidad utilizada en el análisis de la cavitación de una instalación hidráulica.

Peligro de explosión: este se da en el tren de evaporadores por mal manejo de parte de los operarios.

Vapor vegetal: este vapor se utiliza en el consorcio azucarero central de barahona para los evaporadores 1A, 1B y tachos, es un vapor vivo que sede la turbina luego que este sede la energía cinética.

Radioactividad: Definimos radioactividad como la emisión espontánea de partículas (alfa, beta, neutrón) o radiaciones (gama, captura K), o de ambas a la vez, procedentes de la desintegración de determinados nucleídos que las forman, por causa de un arreglo en su estructura interna.

Soda cáustica: El hidróxido de sodio (NaOH), hidróxido sódico o hidrato de sodio, también conocido como soda cáustica o sosa cáustica, es un hidróxido cáustico usado en la industria principalmente como una base química en la fabricación de azúcar.

Solenoides: Bobina formada por un alambre enrollado en espiral sobre una armazón cilíndrica, que se emplea en diversos aparatos eléctricos, y que crea un campo magnético cuando circula una corriente continua por su interior.

Toxicidad: se denomina toxicidad al grado de efectividad que poseen las sustancias que, por su composición, se consideran tóxicas.

Temperatura de congelación: es la temperatura en la cual una sustancia pasa del estado líquido al estado sólido cuando el líquido se enfría.

Visio: Microsoft Visio es un software de dibujo vectorial para Microsoft Windows

Sustentante

Gregory Yancarlos Ferrera Frias

Asesor (a)

Jurado

Jurado

Jurado

Calificación: _____

Fecha: _____

Ing. Doris Peña
Directora de la Escuela de Química