

PLAN PARA REDUCIR LA GENERACION DE DICETONAS TOTALES EN EL PROCESO FERMENTATIVO DE UNA EMPRESA CERVECERA BASADO EN EL CICLO PDCA

Manuel Lopes. Ingrid Motezuma

Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonio José De Sucre"

Manuel_lopes@cantv.net Imotezuma@gmail.com

RESUMEN: En países tropicales el consumo de cervezas de tipo Pilsen se ha incrementado en los últimos años por ser éste un bien altamente atractivo para el consumidor, lo que obliga a la elaboración de un producto limpio y libre de defectos que puedan alterar su balance general fisicoquímico y sensorial. El propósito de este estudio fue diseñar un plan de mejoras para reducir la generación de dicetonas totales en el proceso fermentativo de la Compañía Brahma Venezuela S.A. basado en el ciclo PDCA de acuerdo a las estrategias de la organización, siendo éste un punto importante en la calidad de la cerveza ya que altera el perfil sensorial de la misma en sus etapas de producción y en el producto acabado. Para ello se propuso un plan basado en el control de procesos a través del ciclo PDCA, mediante el desarrollo de todas las fases del mismo: planificación, observación, análisis del problema y definición del plan de acción; así como la ejecución del mismo para su posterior comparación del antes y el después de la ejecución de las acciones, hasta lograr la estandarización de los procesos con la elaboración o modificación de los manuales de procedimientos. El trabajo fue focalizado en las áreas críticas de Cocimiento, Fermentación y Maduración, por ser éstas las áreas que poseen inherencia en la generación de las Dicetonas Totales. Una vez analizado el fenómeno y el proceso en las áreas foco, se consiguió desarrollar el Plan de Acción para cada causa raíz, en donde se definieron las acciones, el cómo realizarlas, los responsables por las mismas y las fechas de cumplimiento, bajo la figura Grupo de Mejoría de la Rutina de Calidad, lo cual ayudó al cumplimiento de las acciones planteadas. De la ejecución de los planes de mejoras, se logró conseguir una gestión del conocimiento cervecero para conseguir la puesta en control dentro de los valores permitidos menores < 0.10 ppm a las Dicetonas Totales final de fermentación, lo que implicó positivamente en la calidad del producto final, así como también en la productividad de las áreas. Este trabajo de mejora puede ser aplicada en otras filiales de la Compañía Brahma a nivel mundial.

PLAN TO REDUCE THE GENERATION OF TOTAL DIKETONES IN THE FERMENTATION PROCESS IN A BREWERY BASED IN PDCA CYCLE

ABSTRACT: In tropical countries the consumption of Pilsen beer has increased in recent years because this is a highly attractive to the consumer, which requires the development of a clean product free of defects keeping its balance physicochemical and sensory. The purpose of this study was to design an improvement plan to reduce the generation of total diketones in the fermentation process of the Company Brahma Venezuela SA based on the PDCA cycle according to the strategies of the organization, this is an important point on the quality of beer because this defect alters the sensory profile in their stages of production and in the finished product. To do this is proposed a plan based on process control through the PDCA cycle with the development of all phases: planning, monitoring, problem analysis and definition of the action plan; so the execution of it for later comparison of before and after the execution of actions to achieve standardization of processes to the development or modification of procedures manuals. The work was focused on the critical areas of Brewing, fermentation and maturation, because these are the areas that affect the generation of Total Diketones. After analyzing the phenomenon and the process hotspots, we succeeded in developing the Action Plan for each root cause, where actions were defined, how to perform them, those responsible for them and compliance dates, under the figure group Routine Improvement of Quality, which helped to compliance with the proposed actions. The implementation of improvement plans, we managed to get a management Brewing knowledge to get the start under control < 0.10 ppm like allowed values for Total Diketones at the end of fermentation, which implied positively on the quality of the final product as well as the productivity of the areas. This development work can be applied in other subsidiaries of the Company Brahma worldwide.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las empresas tienen problemas en diversos niveles, relacionados con calidad, costo, servicio y/o seguridad, donde resolver estos problemas en el día a día, es la tarea más importante para todas ellas. Por lo antes expuesto y por la competitividad que esto genera, las empresas hoy en día buscan implantar modelos y herramientas de calidad con el objetivo principal de desarrollar sistemáticamente, productos (bienes y/o servicios) de mejor calidad y al menor costo, que cumplan con las necesidades y deseos de los clientes.

La presente investigación tiene como objetivo general “Diseñar un plan de mejoras para reducir la generación de dicetonas totales en el proceso fermentativo de la Compañía Brahma Venezuela S.A. basado en el ciclo PDCA según Agüero [1] de acuerdo a las estrategias de la organización”, como respuesta a la constante búsqueda del mejoramiento continuo de la calidad en los procesos de elaboración en empresas de consumo masivo siendo para este caso el ramo cervecero.

Es precisamente en este punto donde la Calidad Total (TQM) se proyecta como un sistema de gestión empresarial y factor de primer orden para la competitividad de las empresas. El concepto de calidad, tradicionalmente relacionado con la calidad del producto, se identifica ahora como aplicable a toda la actividad empresarial y a todo tipo de organización.

La mejora continua es una filosofía que tiene por objetivo el incremento gradual de mejoras en los procesos y está representada en el ciclo PDCA, su aplicación es vital cuando se plantea aplicar una mejora en los procesos y este ciclo no tiene fin.

Esta investigación es importante para el área de producción, así como también para toda Brahma – AmBev Venezuela, según Báez [3-4] y Pérez [7] debido a que las Dicetonas Totales en el producto bien sea en proceso o en producto acabado es un ítem de medición que definirá la liberación del producto según Marcondes [5] para una etapa siguiente en la cadena de elaboración del producto, influyendo en tiempo y costo para la empresa.

1. DESARROLLO

Población y Muestra

Según Morles [6] indica que “La población es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación, la cual queda delimitada por el problema y los objetivos del estudio”.

La población de este estudio comprende los procesos de producción de cerveza durante todo el año 2010 en la Compañía Brahma Venezuela S.A., con foco en la realización de las actividades investigativas a nivel del área de procesos, siendo específicamente las etapas de fermentación y maduración.

Brito[4] define la muestra como “Subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible, que contenga las características más significativas, a fin de poder generalizar los resultados de la investigación”.

Luego de conocer la población se hace necesario seleccionar una muestra representativa de la misma, que contenga sus características más significativas, para generalizar resultados de la investigación. Como muestra de la población en estudio se consideraron 98 lotes de producción de cerveza en total, de los cuales el foco será en 79 de ellos correspondientes a las áreas de fermentación y maduración para el producto de Brahma Light.

2. METODOLOGIA

En el presente estudio se realizan una serie de actividades programadas secuencialmente con la finalidad de detectar los problemas y plantear soluciones apropiadas a estos. Según Ávila [2]. Las actividades a desarrollar que conlleven al cumplimiento de los objetivos específicos son las siguientes fases:

ETAPA DE PLANIFICACIÓN (P):

- 1.1. **Fase de Identificación del Problema:** En esta fase se evaluó la correspondencia de los objetivos funcionales del área productiva con los estratégicos de la compañía, específicamente en lo relativo a las dicetonas totales en el área de fermentación. Así mismo, se definirá el problema a fin de reconocer la importancia del mismo y la conveniencia de la solución.
- 1.2. **Fase de Análisis del Fenómeno:** En esta fase se diagnosticó la situación actual del área de Procesos en relación a las dicetonas totales final de fermentación y maduración, buscando conocer profundamente el problema, y al mismo tiempo, desdoblarlo en problemas prioritarios más simples.
- 1.3. **Fase de Análisis del Proceso:** En esta fase se buscarán las causas generadoras del problema para obtener un mayor conocimiento sobre ellas.
- 1.4. **Fase de Establecimiento del Plan de Acción:** Estas medidas se focalizaron sobre la priorización obtenida u sobre las causas raíces, las cuales serán evaluadas en base al alcance de la meta, además de definir el tiempo requerido para alcanzarla, estrategias de mejoras factibles e indicadores de proceso y de resultado asociados a los procesos críticos.

ETAPA DE EJECUCIÓN (D): Para esto se implementaron los planes de acción (medidas); así como también, se recolectará información (datos) de los resultados de los procesos.

ETAPA DE VERIFICACIÓN (C): En esta etapa se realizó el seguimiento de las medidas ejecutadas y se realizan ajustes en caso necesario.

ETAPA DE ACCIÓN (A): En esta etapa se busca estandarizar y actualizar los procedimientos asociados al hecho de mantener a las Dicetonas totales dentro de norma, mediante el establecimiento de medios que garanticen los buenos resultados, así como también, se priorizarán las actividades de estandarización y entrenamiento.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La fermentación como proceso de transformación de azúcares en alcohol, dióxido de carbono y energía es de vital importancia en la fabricación de la cerveza, siendo la segunda etapa de la cadena productiva del proceso cervecero, es una etapa crítica de muchos controles donde cualquier impacto por muy pequeño afecta un lote completo de producción, es por ello, que estratégicamente a este proceso considerado como una caja negra se le prestó mayor atención y foco debido a que dependiendo de la calidad de la conducción de la fermentación se tiene impacto en el producto del tanque fermentador completo como tal, al ser una de las transformaciones fisicoquímicas y bioquímicas más importantes presentes a lo largo del proceso productivo de la cerveza. Es en esta etapa es donde se empieza la generación de una cerveza primitiva o también conocida cerveza verde hasta proseguir al producto final.

En función a una cultura cervecera que trata de implementar la Compañía Brahma Venezuela C.A. es por ello que se ha prestado mucha importancia en una adecuada conducción, monitoreo y control de la fermentación para poder garantizar un producto estándar de calidad internacional para todos los puntos de venta que se puedan imaginar.

Cabe destacar que desde inicios del año 2.010 se originó una situación problemática la cual fue identificada por la obtención de lotes de producción de forma recurrente con valores de Dicetonas Totales > 0.10 ppm, lo que representó un grave problema de alteración sensorial, dejando un paladar rancio, olor a grasa o mantequilla en el producto Brahma Light impidiendo su liberación al mercado. La liberación en su momento no fue permitida porque el máximo de concentración permisible de las dicetonas totales como defecto en una fermentación es de 0.10 ppm, al haber la presencia de un lote con valores que sobrepasen el deber ser de los valores permisibles se debe dejar aun en fermentación el lote, aumentando los tiempos de fermentación y de ocupación del tanque excediendo los 7,5 días, definidos dentro del catálogo de proceso para este producto como deber ser. En la data experimental levantada en la planilla Excel de control interno (Fermad Control Diario) se hace una compilación de la data, siendo así los meses de Febrero, Marzo y Abril, aquellos meses que poseen todos los valores fuera del límite superior de control. De forma inicial se identifica que puede tener factores de origen fisicoquímico y/o microbiológico, como generadores de éste compuesto químico causante de un flavour no deseado en el producto, traduciendo todo esto en riesgos potenciales de parada de fábrica y desatendimiento del mercado venezolano, afectando enormemente a la Compañía Brahma Venezuela S.A.

Este problema presentó una variada serie de factores a los que se les busco solución aplicando el ciclo PDCA donde se muestra el análisis y discusión de resultados de las actividades presentadas en esta metodología de investigación:

4. ETAPA DE PLANIFICACIÓN (P):

4.1 Fase de Identificación del Problema: Las Diketonas Totales es una variable de calidad importante en la cerveza tanto en proceso como en producto acabado por originar cambios en el perfil sensorial del producto de forma perceptible, siendo así un problema crónico en la Compañía Brahma Venezuela. Esto se evidencia al hacer un análisis del conjunto de datos analíticos reportados por el laboratorio central, los cuales son digitados en el programa MES y consolidados por el personal del área de cerveza en planillas de control internas.

En cuanto a las interrogantes planteadas, la planilla de control interno FERMAD CONTROL DIARIO, manejado por el personal del área de Fermentación-Maduración reúne toda la data relacionada con la producción diaria en la cámara fría. Se observan todas las variables que se controlan en el proceso por producto desde la entrada hasta el final de esa etapa de producción, visualizando día a día el comportamiento de reducción de las diketonas a través del tiempo. Estos datos son considerados 100% confiables por ser recolectados directamente de la operación y monitoreados por la supervisión del área en cuestión. Todos estos datos demuestran que el problema de generación de Diketonas Totales está orientado en varios frentes: materia prima, calidad de levadura y contaminación microbiológica.

En la figura 1 se observan los valores de diketonas obtenidos durante la fermentación los cuales están en color rojo por estar fuera del rango de especificación (>0.10 ppm) y con un tiempo de fermentación también en rojo por ser mayor a los 7.5 días, al igual que los valores de diketonas para los lotes de maduración, los cuales exceden valores de 0.10 ppm sin posibilidad de reducción, sino más bien con riesgo de aumento.

4.2 Fase de Análisis del Fenómeno: Las Dicetonas totales en final de fermentación y en maduración, se presentan por una variedad de factores, los primeros lotes de producción como el BL-11, BL-19 , BL-29 y BL-32 son los más críticos por tener los mayores tiempos de fermentación sin conseguir resultados satisfactorios dentro del rango máximo permisible de 0.10 ppm, todos estos están por encima del mismo, esto repercute en mayor tiempo de ocupación del tanque fermentador, mayor riesgo de contaminación microbiológica, autólisis de la levadura, pudiendo generar aumento del pH y daño total del lote de producción, representando así riesgo de desatendimiento del mercado venezolano.

Otro factor influyente en estos resultados es la escasez de materia prima, lo que obligo a realizar lotes de producción en principios del año 2010 sin High Maltosa como adjunto cervecero. Esto trajo como consecuencia el aumento del % de células muertas, disminución de la viabilidad y vitalidad de la levadura, así como también disminución del factor de arranque de la fermentación, lo que originaba un arranque más lento y una finalización más tardía del proceso fermentativo, generando resultados altos de Dicetonas con lenta reducción.

En la figura 2 se observa el nivel de contaminación microbiológica por tener resultados mayores >0 UFC (Unidades Formadoras de Colonias), esto es consecuencia de tener cepas de levaduras provenientes de Brasil ya contaminadas con *Lactobacillus* y *Pediococcus* así como también instalaciones con condiciones sanitarias precarias, representando esto un riesgo potencial adicional de aumento de las Dicetonas Totales a través del tiempo ya que las bacterias poseen rutas metabólicas en las que sintetizan las Dicetonas para mantenerse vivas.

Planilla de Control Interno FerMad												MADURACION												
COCCIMENTACION												MADURACION												
Mate	Lote	Form.	Fecha Inicio llenado	Curva de Temperatura de Fermentación (°C)	% de Atenuación en 1era Fase	Tasa Multi. Celular	Distancia al Final	pH	6 dia	7 dia	8 dia	9 dia	10 dia	# Mad	Diseñil Maduro (ppm)	D2 Lleno (ppb)	Color EBC	pH	Amargor BU	Levadura Después de Acidif. 4	Aspepsia Fermentador	Cerveza Verde UFC	Aspepsia Madurador	Cerveza Madura UFC
7	a	BL1	F5	04/02/2010 14:00	10.5C-15C	35-40	0.17	79.93	0.14					M1	0.13	9.00	7.70	4.10	4.30	201	0	201	0	201
8	a	BL2	F5	04/02/2010 16:55	10.5C-15C	35-40	0.16	80.99	0.10					M1	0.16	11.00	7.10	4.30	4.35	201	0	201	0	201
9	a	BL3	F5	04/02/2010 18:55	10.5C-15C	35-40	0.14	79.70	0.23	0.09				M1	0.12	15.00	8.20	4.28	4.50	201	0	201	0	201
10	a	BL4	F5	20/02/2010 21:40	10.5C-15C	35-40	0.03	77.65	0.18	0.16	0.18			M1	0.18	19.00	7.50	4.30	4.50	201	0	201	0	201
11	a	BL5	F5	20/02/2010 23:30	10.5C-15C	35-40	0.08	77.51	0.26	0.11	0.11			M1	0.10	10.00	8.20	4.22	4.50	201	0	201	0	201
12	a	BL6	M1	25/02/2010 22:40	10.5C-15C	35-40	-0.09	78.24	0.15	0.10				M2	0.09	40.00	7.30	4.32	4.30	201	0	201	0	201
13	a	BL7	F5	27/02/2010 6:53	10.5C-15C	35-40	0.17	77.60	0.13	0.10				M4	0.10	5.90	8.25	4.25	4.60	201	0	201	0	201
14	a	BL8	M7	28/02/2010 4:30	10.5C-15C	35-40	-0.34	78.19	0.10	0.09				M10	0.08	3.60	8.40	4.42	4.50	201	2	201	0	201
15	a	BL9	F5	30/02/2010 4:30	10.5C-15C	35-40	-0.53	78.57	0.10	0.09				M10	0.12	5.90	8.40	4.31	4.50	201	6	201	0	201
16	a	BL10	F3	02/03/2010 0:05	10.5C-15C	35-40	-0.10	81.50	0.10	0.10				M10	0.18	20.00	5.90	4.22	4.50	201	45	201	0	201
17	a	BL11	PF2	02/03/2010 2:18	15C	20	0.08	81.50	0.50	0.56	0.23	0.22	0.18	M2	0.29					201				201
18	a	BL12	M1	03/03/2010 6:53	10.5C-15C	35-40	0.00	78.70	0.17	0.17	0.10			M1	0.09			7.40	7.40	201				201
19	a	BL13	M7	04/03/2010 23:40	10.5C-15C	35-40	0.00	79.70	0.13					M4	0.13			2.40	2.40	201				201
20	a	BL14	F5	07/03/2010 18:00	10.5C-15C	35-40	0.45	79.47	0.14	0.13	0.14			M3	0.19	15.00	8.40	4.30	4.30	201	201	201	0	201
21	a	BL15	F6	09/03/2010 12:00	10.5C-15C	35-40	0.13	79.17	0.09					M10	0.13			5.00	5.00	201	201	201	0	201
22	a	BL16	F3	10/03/2010 4:43	10.5C-15C	35-40	-0.11	77.45	0.11	0.09				M7	0.14	12.00	8.00	4.30	4.30	201	4	201	0	201
23	a	BL17	F1	12/03/2010 18:40	10.5C-15C	35-40	-0.02	79.44	0.16					M4	0.20	5.00	7.00	4.35	4.80	201	0	201	0	201
24	a	BL18	F5	18/03/2010 6:48	10.5C-15C	35-40	-0.02	78.53		0.13				M11	0.17	10.00	8.90	4.20	4.20	201	0	201	0	201
25	a	BL19	F6	19/03/2010 8:30	10.5C-15C	35-40	-0.40	76.98		0.14				M4	0.14	20.00	7.20	4.25	4.30	201	0	201	0	201
26	a	BL20	F3	23/03/2010 22:00	10.5C-15C	35-40	0.10	79.44	0.10					M4	0.12	10.00	6.90	4.20	4.20	201	8	201	0	201
27	a	BL21	M1	25/03/2010 2:30	10.5C-15C	35-40	-0.38	78.50	0.10					M10	0.12	1024.00	6.90	4.30	4.20	201	0	201	0	201
28	a	BL22	MB	01/03/2010 0:00	15C	20	-0.15	77.96						M5	0.20	5.00	7.10	4.26	4.70	201				201
29	a	BL23	F5	03/03/2010 16:40	10.5C-15C	35-40	0.08	79.70	0.12	0.11	0.09			M1	0.13	20.00	6.90	4.44	4.40	201				201
30	a	BL24	F6	03/03/2010 21:08	10.5C-15C	35-40	-0.06	79.59	0.18					M3	0.08	300.00	7.90	4.44	4.30	201				201
31	a	BL25	PF2	05/03/2010 0:28	15C	20	0.00	78.17						M2	0.14	15.00	7.60	4.44	4.44	201				201
32	a	BL26	F3	10/03/2010 12:40	10.5C-15C	35-40	-0.09	79.59						M3	0.08	300.00	7.90	4.44	4.30	201				201
33	a	BL27	F5	17/03/2010 3:30	10.5C-15C	35-40	0.01	78.9	0.16	0.16	0.15			M2	0.14	20.00	7.30	4.39	4.30	201	201	201	0	201
34	c	BL28	PF2	18/03/2010 3:30	10.5C-15C	35-40	0.01	78.9						M7	0.09	20.00	5.60	4.4	4.50	201	36	201	0	201
35	c	BL29	MB	24/03/2010 18:00	10.5C-15C	35-40	-0.36	78.28						M9	0.15	20.00	6.20	4.2	4.20	201				201
36	c	BL30	F3	01/04/2010 18:53	10.5C-15C	35-40	-0.36	78.28						M7	0.09	20.00	5.20	4.2	4.20	201				201
37	c	BL31	F5	09/04/2010 4:00	10.5C-15C	35-40	0.04	76.93	0.14					M1	0.10	28.00	5.60	4.2	4.50	201				201
38	c	BL32	MB	21/04/2010 2:40	15C	20	-0.25	78.69						M1	0.10	15.00	6.00	4.30	4.70	201	10	201	0	201
39	c	BL33	F1	27/04/2010 13:00	10.5C-15C	35-40	0.00	76.30	0.24	0.18	0.17	0.11	0.11	M10	0.12	17.00	6.00	4.36	4.60	201				201
40	c	BL34	M7	03/05/2010 13:00	10.5C-15C	35-40	0.08	76.38	0.21	0.18	0.07			M11	0.08	40.00	6.90	4.38	4.30	201				201
41	c	BL35	F5	05/05/2010 18:30	10.5C-15C	35-40	0.03	73.43	0.19	0.13				M13	0.13	26.00	7.30	4.38	4.40	201				201
42	c	BL36	F5	05/05/2010 19:03	10.5C-15C	35-40	0.06	73.43	0.24	0.12	0.23	0.22		M13	0.12	36.00	6.90	4.38	4.30	201				201
43	c	BL37	F1	10/05/2010 0:05	10.5C-15C	35-40	0.00	76.79	0.11	0.13				M12	0.07	32.00	5.30	4.30	4.30	201				201
44	c	BL38	M1	10/05/2010 8:40	10.5C-15C	35-40	0.00	76.51	0.19	0.20	0.17			M3	0.19	19.00	6.10	4.30	4.30	201				201
45	c	BL39	F5	12/05/2010 20:30	10.5C-15C	35-40	-0.06	77.17	0.16	0.23	0.24			M2	0.20	5.00	8.40	4.36	4.30	201				201
46	c	BL40	PF2	16/05/2010 21:15	15C	20	0.09	78.05	0.24	0.21	0.16			M4	0.23	20.00	8.40	4.45	4.40	201				201
47	c	BL41	M7	17/05/2010 2:30	10.5C-15C	35-40	-0.09	76.09	0.23	0.25				M10	0.37	100.00	8.20	4.38	4.30	201				201

FIGURA 2: Planilla de control interno FERMAD CONTROL DIARIO 2

Fuente: Lopes, M. 2011

4.3 Fase de Análisis del Proceso: El proceso relacionado con el problema de generación de Diketonas Totales es una etapa crítica y obligatoria en la generación de cerveza, ya que es en la fermentación la etapa en la cual se transforman los azúcares en alcohol por medio de la acción de las levaduras, este proceso de elaboración de cerveza está estructurado en dos etapas principales: área caliente y cámara fría donde se tiene a la fermentación y maduración, ampliamente estudiada por cerveceros en el mundo.

Tormenta de Ideas		Coc	Ferm	Lab	Ing
VA	Patron de Analisis			x	
VA	Apertura de Diketonas Totales por Cromatografia para descartar contaminacion			x	
VA	Analizar FAN de Mosto fabricado con Malte Argentino / Evaluar mix	x			
VA	Tasa de elevacion de temperatura de curva de maceracion	x			
VA	Presion de vapor de coccion debe ser < 3bar	x			
VA	Tiempo de reposo en el whirlpool (carga termica)	x			
VA	Sulfato de Zinc debe ser PA	x			
VA	Temperatura de enfriamiento de mosto > 10°C	x			
VA	Analisis de Vitalidad y Viabilidad			x	
VA	Factor de Arranque		x		
VA	Temperatura de 1ra Fase en 10°C		x		
VA	Choques de Temperatura durante llenado del Fermentador		x		
VA	Retiro de Fermento debe ser entre el 5to y 6to día		x		
PA	Arrastre de Trub (verificar fondo durante enfriamiento)	x			
PA	Turbidez de Mosto (verificar impacto de cambio de telas del filtro)	x			
PA	Aireacion de Mosto	x			
PA	Aireacion de Fermento		x		
PA	Dosificacion de Levadura no confiable		x		
PA	Temperatura de Almacenaje de Levadura no adecuada		x		
PA	Contrapresion de TQs durante toda la fermentacion (spund aparat)		x		
PA	Problemas de Frio por Solape de Procesos / Capacidad Frio Fabrica	x	x		x
PA	Confiablez de Indicadores de Temperatura				x
PA	Inoculacion de Levadura en el 1er cocim		x		
PA	Indicacion de Temperatura en linea de mosto entrada fermentadores		x		x
PA	Equipo de Medicion			x	

FIGURA 3: Tormenta de Ideas hecha con el personal de Cocimiento y Fermentación

Fuente: Lopes, M. 2011

De la figura 3 se aprecia la tormenta de ideas aplicada al personal de cocimiento y fermentación de la cual salen un conjunto de acciones, de donde se hizo una priorización de todas ellas para definir las acciones a tomar, entre las cuales tenemos puntos de ver y actuar (VA) y puntos que van directo a un plan de acción (PA). De todo el conjunto de ideas obtenidas a través de esta técnica resaltan a nivel de la fermentación puntos relacionados directamente con la calidad de la levadura, que a su vez impactará en el proceso fermentativo y por ende en la generación y reducción problemática de las diketonas totales. De esta manera se evidencia un alto porcentaje de foco a la cámara fría en comparación al área caliente como factor crítico generador de diketonas totales, en el cual está la aireación de mosto, el cual incide directamente en la tasa de multiplicación celular, afectando el factor

de arranque de la fermentación, ocasionando arranques más lentos y por ende reducciones de dicetonas totales en final de fermentación más lentas.

Tabla de Priorización para el problema Comité Calidad - Dicetonas en: PQCM - PQS - FQIndex - PTPI - PTPC						
	5	3	1	0		
	Comprometer	Empeorar	Mantener	Mejorar	Legenda	Legenda
					1 Mes	3 Meses
					6 Meses	1 Año
					Area	Venezuela
					Ven + AC	AC
					Fuerte	Medio
					Débil	Ninguno
					Ninguna	OBZ
					CAPEX	No Presupuestado
Causa Influyente	Tendencia	Rapidez	Autonomia	Impacto	Inversión	Total
1 Equipo de Medición	5	5	3	5	3	21
2 Dosificación de Levadura no confiable	3	5	3	5	3	19
3 Aireación de Fermento	1	3	1	5	1	11
4 Aireación de Mosto	1	3	1	5	1	11
5 Confiabilidad de Indicadores de Temperatura	3	1	1	5	1	11
6 Temperatura de Almacenaje de Levadura no adecuada	1	1	1	5	1	9
7 Inoculación de Levadura en el ter cocim	1	1	1	3	1	7
8 Arrastre de Trub (verificar fondo durante enfriamiento)	1	0	0	5	1	0
9 Contrapresion de TQs durante toda la fermentacion (spund aparat)	1	0	1	3	1	0
10 Turbidez de Mosto (verificar impacto de cambio de telas del filtro)	1	0	0	5	1	0
						0

FIGURA 4: Tabla de Priorización

Fuente: Lopes, M. 2011

De la figura 4 es claramente visible una priorización orientada hacia la gestión de la levadura como factor principal generador de Dicetonas Totales, procurando garantizar las variables de control tales como: dosificación de levadura, aireación de la levadura, aireación de mosto y su vez parámetros de control en equipos de medición y confiabilidad en indicadores de temperatura.

5 Por Ques		
Causa 1-		
Por Que?	Motivo	O Que Fazer
Equipo de Medición Equipo dañado Se quemò la tarjeta Por humedad 0	Equipo dañado Se quemò la tarjeta Por humedad	Reparar Espectrofotometro
Causa 2-		
Por Que?	Motivo	O Que Fazer
Dosificación de Levadura no Display del dosador masico dañado da señales erradas vida útil 0	Display del dosador masico dañado da señales erradas vida útil	Comprar e instalar Display del dosador masico de lev.
Causa 3-		
Por Que?	Motivo	O Que Fazer
Aireacion de Fermento No existe aireador de fermento 0 0 0	No existe aireador de fermento	_Buscar aprobación del CENG para instalar filtros de aire provisionalmente en sala de levadura _Instalar filtros de aire provisionalmente en sala de levadura _Gestionar CAPEX para instalar un aireador de levadura adecuado en la sala de levadura
Causa 4-		
Por Que?	Motivo	O Que Fazer
Aireacion de Mosto Baja intensidad de aireación baja presión y bolas de aire muy grandes poca abertura en la valvula y filtro microbiologico dañado 0	Baja intensidad de aireación baja presión y bolas de aire muy grandes poca abertura en la valvula y filtro microbiologico dañado	_Aumentar presión de aire en la aireación del mosto _Comprar y cambiar filtro microbiologico del aireador de mosto.
Causa 5-		
Por Que?	Motivo	O Que Fazer
Confiabilidad de Indicadores de Temperatura se obtienen lecturas con mucha variación hay temperaturas que llegan a la especificación y otras no, en el mismo tq falta verificación en la medición Vs maleta 0	se obtienen lecturas con mucha variación hay temperaturas que llegan a la especificación y otras no, en el mismo tq falta verificación en la medición Vs maleta	Calibrar los medidores de temperatura de Mosto frio y fermentadores

FIGURA 5: Cinco (5) ¿Por Qué

Fuente: Lopes, M. 2011

A partir de la tabla de priorización se respondieron un conjunto de preguntas sobre el ¿por qué? de su generación, dentro de las cuales muchas de ellas se orientaron a la falta de mantenimiento o reposición de equipos para tener medidores e indicadores que garanticen la operación. Todos estos repercuten en parámetros de control importantes originando un efecto domino en el restos de pasos secuenciales ante la generación de Dicetonas Totales, todo esto evidenciado en la figura 5.

4.4 Fase de Establecimiento del Plan de Acción: A partir de la priorización se establecieron un conjunto de medidas en búsqueda de resolver el problema presente a nivel de las Dicetonas Totales, tratando de abarcar todos los focos que éste tiene. En la figura que a continuación se muestra se puede ver un detalle de todas las medidas tomadas con sus respectivos responsables y tiempos asignados para la ejecución de cada una de las actividades.

Ver y Actuar

CAUSA A BLOQUEAR	QUE HACER	COMO	QUIEN	CUAN
[PLANEJAMENTO DA AÇÃO]				
Equipo de Medición	Reparar Espectrofotometro	Comprando las tarjetas, instalando y calibrando el equipo.	Gladys C.	30/10/2010
Dosificación de Levadura no confiable	Comprar e instalar Display del dosador masico de lev.	Instalando display en el sistema dosificador de levadura.	Manuel L.	30/09/2010
Aireacion de Fermento	_Buscar aprobación del CENG para instalar filtros de aire probicionalmente en sala de levadura	Enviando información al ceng de los filtros de 0,01 mic, disponibles en planta para solicitar autorización para instalar provisionalmente,	Yonny V.	25/10/2010
	_Instalar filtros de aire probicionalmente en sala de levadura	Montando los filtros en sala de levadura, usando conexiones de manguera, y en la lines de entrada a la tina 7	Manuel L.	05/11/2010
	_Gestionar CAPEX para instalar un aireador de levadura adecuado en la sala de levadura	Realizando el one pager de la sala de levadura y según RAT de Humberto C.	Yonny V.	30/09/2010
Aireacion de Mosto	_Aumentar presión de aire en la aireación del mosto	Realizando pruebas con mayor presión (actual 2 bar) durante el enfriamiento del mosto, hasta observar microbolas y aspecto lechoso en el mosto.	Manuel L.	15/09/2010
	_Comprar y cambiar filtro microbiológico del aireador de mosto.	Cotizando y comprando el cartucho del filtro microbiológico de aireacion de mosto de 0,02 micras.	Manuel L.	30/09/2010
Confiabilidad de Indicadores de Temperatura	Calibrar los medidores de temperatura de Mosto frio y fermentadores	Ejecutando la periodica de calibración de estos equipos.	Manuel L.	30/10/2010
Dosificación de Levadura no confiable	Verificar valores de Dicetonas Vs displly funcionando	Acompañando los resultados de dicetonas desde el 06-11-2007	Manuel L.	20/11/2010
Equipo de Medición	Verificar valores de Dicetonas Vs Espectrofotometro en funcionamiento	Acompañando los resultados de dicetonas desde el 06-11-2008	Manuel L.	20/11/2010
	Confrontar resultados de Dicetonas en Mad Vs el tiempo	Acompañando los resultados de dicetonas desde en mad con min 2,5 días desde el Lote 127 hasta 132	Edgar	20/11/2010
Confiabilidad de Indicadores de Temperatura	Abrir frio del fermentador en el inicio del llenado	Controlando temperatura en linea de mosto y abriendo las chaquetas cuando inicie el 3er	Noe	20/11/2010
	Dosificar 1,4-1,6 millones de cel/ml	Verificando compactación, cel muertas y usando tabla H Verificar el PO de dosificación de lev	Manuel/Yonny	09/11/2010
	Auditar PO de Dosagew de Lev	Verificando con check y forma de calculo	manuel	30/01/2010

FIGURA 6: Plan de Acción

Fuente: Lopes, M. 2011

De este plan de acción se desprendieron un conjunto de medidas aplicables a corto tiempo para buscar una estabilización y puesta en control de las Dicetonas totales en el proceso cervecero. Cabe destacar que entre las acciones fueron involucrados personas de la supervisión así como también directores técnicos del corporativo para hacerlos partícipe de la problemática y así evitar cadenas burocráticas jerárquicas para notificar cualquier variación.

5. ETAPA DE EJECUCIÓN (D):

5.1. En esta etapa el plan de acción propuesto en la fase anterior fue implementado y los datos fueron colectados para ser evaluados en la fase siguiente de verificación del PDCA.

Cabe resaltar que la ejecución del plan de acción presentado, fue verificada semanalmente con cada integrante del GMR de calidad (Grupo de Mejoría de la Rutina) responsable de alguna acción y discutido mensualmente en reunión del GMR. En cada reunión se presentaba el plan de acción mostrando el seguimiento de las acciones pendientes o establecidas.

5.2. A continuación se muestra la figura 7 se visualiza el estatus por cada una de las acciones asignadas a cada uno de los responsables de este plan de acción. En la misma se muestran la causa a bloquear, el qué hacer, el cómo, quién, cuando, estatus, resultados y comentarios que justifiquen por acción cualquier reprogramación por cualquiera la causa que fuera responsable de originar un cambio en el mismo.

CAUSA A BLOQUEAR	QUE HACER	COMO	QUIEN	CUAN	REALIZADO	RESULTADOS / PUNTOS PROBLEMÁTICOS	REPROGRAMACIÓN
(PLANEAMIENTO DE ACCIÓN)					(IMPLEMENTACIÓN DE ACCIÓN)	(RESULTADOS ÓPTIMOS / PROBLEMAS QUE INFLUENCIARÁN LA REALIZACIÓN O UN MÁS DE ACCIÓN)	(PROPUESTA DE REPROGRAMACIÓN PARA FUTURO)
Equipo de Medición	Reparar Espectrofotometro	Comprando las tarjetas, instalando y calibrando el equipo.	Gladys C.	30/10/2010	Ok	Desde el 28-10-2010	
Dosificación de Levadura no confiable	Comprar e instalar Display del dosador masico de lev.	Instalado display en el sistema dosificador de levadura.	Manuel L.	30/03/2010	Ok	Instalado display...en observación desde el 06-11-2010	
Aireación de Fermento	_Buscar aprobación del CENG para instalar filtros de aire provisionalmente en sala de levadura	Enviando información al ceng de los filtros de 0,01 mic, disponibles en planta para solicitar autorización para instalar provisionalmente.	Yonny V.	25/10/2010	Ok	Tenemos filtros de aire de 0,01 micras. Comprando piezas faltantes para realizar muestro microbiológico del aire	
	_Instalar filtros de aire provisionalmente en sala de levadura	Montando los filtros en sala de levadura, usando conexiones de manguera, y en la línea de entrada a la tina 7	Manuel L.	05/11/2010	Ok	Tenemos filtros de aire de 0,01 micras. Comprando piezas faltantes para realizar muestro microbiológico del aire. La microb noOK, no es posible usar los filtros.	
	_Gestionar CAPEX para instalar un aireador de levadura adecuado en la sala de levadura	Realizando el one pager de la sala de levadura y según RAT de Humberto C.	Yonny V.	30/03/2010	Ok	Gestionado con Humbelino, Humberto y Marlos	
Aireación de Mosto	_Aumentar presión de aire en la aireación del mosto	Realizando pruebas con mayor presión (actual 2 bar) durante el enfriamiento del mosto, hasta observar microbolas y aspecto lechoso en el mosto.	Manuel L.	15/03/2010	Ok		
	_Comprar y cambiar filtro microbiológico del aireador de mosto.	Cotizando y comprando el cartucho del filtro microbiológico de aireación de mosto de 0,02 micras.	Manuel L.	30/03/2010	Ok		
Confiableza de Indicadores de Temperatura	Calibrar los medidores de temperatura de Mosto frio y fermentadores	Ejecutando la periodicidad de calibración de estos equipos.	Manuel L.	30/10/2010	NoK	Falta fermentadores	
Dosificación de Levadura no confiable	Verificar valores de Dicotonas 1/2 display funcionando	Acompañando los resultados de dicetonas desde el 06-11-2007	Manuel L.	20/11/2010	Ok	No hay diferencia significativa, pero hay garantía del vol dosado.	
Equipo de Medición	Verificar valores de Dicotonas 1/2 Espectrofotometro en funcionamiento	Acompañando los resultados de dicetonas desde el 06-11-2008	Manuel L.	20/11/2010	Ok	El espectro no impacta en el resultado	
	Confrontar resultados de Dicotonas en Mad 1/2 el tiempo	Acompañando los resultados de dicetonas desde en mad con min 2,5 días desde el Lote 127 hasta 152	Edgar	20/11/2010	Ok	Ver Resultados Reducción de 0,024 ppm	
Confiableza de Indicadores de Temperatura	Abrir frio del fermentador en el inicio del llenado	Controlando temperatura en línea de mosto y abriendo las chaquetas cuando inicie el 3er	Noe	20/11/2010	Ok		
	Dosificar 1,4-1,6 millones de cel/ml	Verificando compactación, cel muertos y usando tabla H. Verificar el PO de dosificación de lev	Manuel/Yonny	03/11/2010	Ok	PO en entrenamiento y check por manuel	
	Auditar PO de Dosage de Lev	Verificando con check y forma de calculo	manuel	30/01/2010	En Aad.		

FIGURA 7: Ejecución del Plan de Acción (Check List)

Fuente: Lopes, M. 2011

6. ETAPA DE VERIFICACIÓN (C):

Posterior a la ejecución de las actividades establecidas en el plan de acción se realizó una verificación con consolidación de los valores más representativos en función a los cambios y/o acciones más relevantes para conseguir la puesta en norma de las Dicetonas Totales. Los datos mostrados están reflejados de todo el conjunto de valores obtenidos de FERMAD CONTROL DIARIO como documento interno, es por ello que toda esta información es reflejada en la figura 8 que se muestra a continuación:

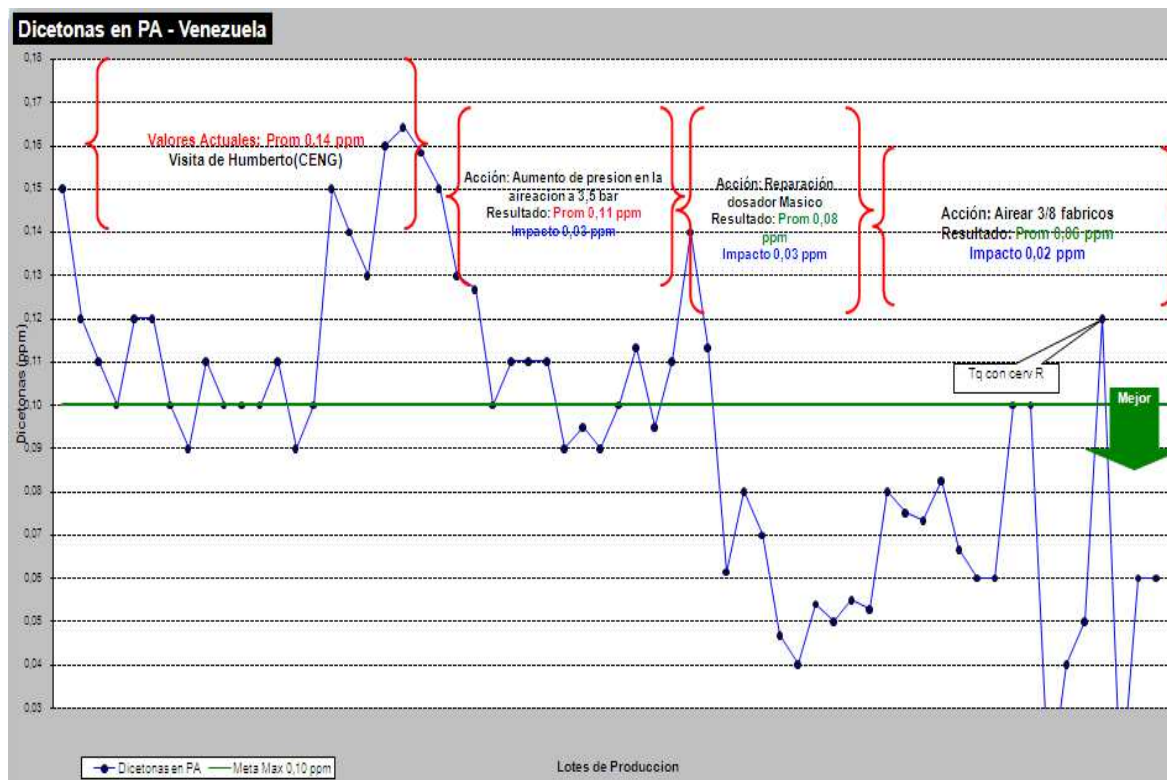


Figura 8: Verificación del Plan de Acción

Fuente: Lopes, M. 2011

Cabe resaltar que dentro de las acciones principales hechas durante la ejecución de este plan de acción se consiguieron mejoras sustanciales y representativas en el valor de Dicetonas Totales final de fermentación. Esto demuestra la funcionalidad y confiabilidad de este método de resolución de problemas aplicado en la industria ante la gestión de un conocimiento cervecero.

7. ETAPA DE ACCIÓN (A):

Finalmente, para culminar el ciclo PDCA en ejecución, se procedió a estandarizar las acciones de algunos procesos derivados de las acciones que condujeron efectivamente al alcance de la meta, con el fin de mantener un procedimiento estandarizado para todos los involucrados.

Dado que por políticas corporativas de seguridad, el contenido de los manuales de procedimiento de las áreas de producción no puede ser mostrado en este trabajo, a continuación se señalan solo los nombres de los catálogos de proceso más importantes que fueron modificados.

- Presión aireación de mosto frío.
- Dosificación de Levadura
- Número de cocimientos aireados
- Lavado ácido de la levadura
- Temperatura de llenado del fermentador
- Temperatura de fermentación 1era fase
- Temperatura de fermentación 2da fase
- Dosificación de Sulfato de Zinc

8. CONCLUSIONES

Analizando e interpretando el plan para mejorar la calidad en el proceso fermentativo en la Compañía Brahma Venezuela S.A. usando la herramienta PDCA, se llega a las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- El área de fermentación, es un eslabón importante en la cadena productiva en la elaboración de cerveza, ya que es aquí en donde se transforman los azúcares en alcohol en presencia de levadura, siendo así una de las etapas de mayor importancia y relevancia en la Compañía Brahma Venezuela S.A.
- Se diagnosticó la situación actual de los procesos fermentativos, mostrando que las dicetonas totales desde principios del año 2010 estaban fuera de especificación en casi la totalidad de los lotes de producción, excediendo el máximo valor permisible de 0.10 ppm.
- Se estableció una propuesta de mejora al proceso de elaboración de cerveza con respecto a las Dicetonas Totales, a través de la mejora continua gestionando el conocimiento cervecero, estableciendo un plan para cada una de las variables críticas según la etapa P del ciclo PDCA.
- Se implementaron los proyectos de mejora, los cuales se ejecutaron en la etapa D, se verificaron en la etapa C y se estandarizaron los procedimientos en la etapa A, asegurando mantener el resultado a través del tiempo.
- Al controlar las variables críticas que influyan en la generación de dicetonas totales en el proceso fermentativo, se disminuyó la generación de éste en el proceso, impactando positivamente en el perfil sensorial del producto, aumentando los niveles de productividad del área al haber menor tiempo de ocupación del tanque y menor riesgo potencial de ocurrencias de eventos de calidad.
- Se logró estandarizar los procedimientos de algunos procesos derivados de las acciones que condujeron efectivamente al alcance de la meta, con el fin de mantener un procedimiento estandarizado para todos los involucrados, logrando con esto completar la Fase A del Ciclo PDCA.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1.] AGÜERO, H. (2010). **Plan de reducción de desperdicios para el proceso de esmaltado en una fábrica de cerámicas basado en los principios de calidad.** Tesis de Grado para optar al Grado de Magíster Scientiarum. Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”. Barquisimeto, Venezuela.
- [2.] ÁVILA, H. (2006). **Introducción a la Metodología de la Investigación.** Instituto Tecnológico de Ciudad Cuauhtémoc. México.
- [3.] BAEZ, O. (2008). **Plan para reducir la pérdida de extracto en el área de producción de una empresa cervecera basado en el ciclo pdca.** Tesis de Grado para optar al Grado de Magíster Scientiarum. Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”. Barquisimeto, Venezuela.
- [4.] BRITO, J. (1992). **¿Cómo elaborar una tesis?.** Ediciones Cendespoth. Caracas
- [5.] MARCONDES, L. (2010). **Evaluación de la reducción de dicetonas totales en la cerveza en función de diferentes concentraciones de valina presente en el mosto.** Proyecto Integrador para obtener el título de Técnico Químico en Cervecería. Centro de Tecnología de Alimentos y Bebida SENAI. Vassouras, Brasil.
- [6.] MORLES, V. (1994). **Planeamiento y análisis de investigaciones.** 8va edición. Editorial El Dorado. Caracas. Venezuela.
- [7.] PÉREZ, A. (2008). **Plan logístico para mejorar la distribución de productos terminados de una empresa cervecera.** Tesis de Grado para optar al Grado de Magíster Scientiarum. Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”. Barquisimeto, Venezuela.