

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE FILTRACIÓN DE LA
FÁBRICA CBN TARIJA**

Por:

UNIV.: ANGÉLICA ROSMERY OÑA GUTIÉRREZ

**Modalidad de graduación: Proyecto de grado presentado a consideración de la
“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito
para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Química.**

Diciembre de 2017

TARIJA-BOLIVIA

V°B°

.....
M.Sc. Ing. Ernesto R. Álvarez Gozalvez
**DECANO FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

.....
M.Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa
**VICEDECANA FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

.....
Ing. Ignacio Velásquez Sosa

.....
Ing. Fabricio Campero Verdun

.....
Ing. Héctor Francisco Quiroga Torrez

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo esto responsabilidad de la autora.

Dedico este trabajo a mis papás: Carlos y Rosmery, por su amor y sacrificio. Gracias a ustedes he aprendido lo importante que es la honestidad, responsabilidad y he logrado cumplir las metas que me propuse hasta ahora.

Este trabajo también va dedicado a mi compañero de todos los días, el que está conmigo en las buenas y en las malas, el que me ama incondicionalmente, mi perrito CODA.

Agradezco a DIOS y a mis padres por el apoyo incondicional que me brindan.

A mi abuelo Lic. Evaristo Gutierrez que me guía desde el cielo.

Al Ing. Mauricio Obando, por la paciencia y enseñanza durante la elaboración de este trabajo.

A la Cervecería Boliviana Nacional S.A, por permitirme desarrollar mi trabajo en sus instalaciones.

A toda la gente que me apoyó en la realización de este trabajo, especialmente a mi novio Álvaro.

ÍNDICE

Capítulo I.....	1
Introducción	1
1.1 Antecedentes	1
1.1.1 Filtración.....	1
1.1.2 Filtración de cerveza.....	1
1.1.3 Tipos de filtros para cerveza	4
1.1.3.1 Preparación de filtro.....	5
1.1.3.1.1 Planta de CO ₂	5
1.1.3.1.2 Agua desaireada	6
1.2 Justificación	8
1.2.1 Punto de vista Técnico:.....	8
1.2.2 Punto de vista Económico:	8
1.2.3 Punto de vista Ambiental:	8
1.3 Objetivos	9
1.3.1 Objetivo General	9
1.3.2 Objetivos específicos	9
Capítulo II.....	10
Marco teórico.....	10
2.1 Descripción de la CBN S.A. Planta Tarija	10
2.1.1 Antecedentes de la CBN S.A. Planta Tarija.....	10
2.1.2 Localización	12
2.1.3 Organización.....	12
2.1.4 Descripción de las Áreas o Secciones de la Industria.....	13
2.1.4.1 Elaboración.....	13
2.1.4.2 Envasado	14
2.1.4.3 Logística	14
2.1.4.4 Calidad	14
2.1.4.5 People	15
2.1.4.6 Ventas.....	15

2.1.4.7 Mantenimiento y Servicios	15
2.1.4.8 Higiene, Seguridad y Medio Ambiente (HSMA)	16
2.2 Descripción del Proceso	16
2.2.1 Recepción y Almacenamiento de Materias Primas	19
2.2.1.1 Malta	19
2.2.1.2 Sémola de Maíz e Insumos	19
2.2.2 Molienda	19
2.2.3 Maceración	20
2.2.4 Filtración del Mosto	21
2.2.5 Cocción del Mosto	21
2.2.6 Fermentación	24
2.2.7 Maduración	24
2.2.8 Filtración	25
2.2.9 Embotellado	25
2.2.10 Pasteurizado	26
2.2.11 Almacenamiento	28
2.3 Servicios Auxiliares	28
2.3.1 Sistema de Agua	29
2.3.2 Sistema de Generación de Energía Eléctrica	29
2.3.4 Sistema de Aire Comprimido	29
2.3.5 Sistema de Dióxido de Carbono	29
2.3.6 Sistema de Generación de Vapor	30
2.4 Planta de Tratamiento de Efluentes	30
Capítulo III	32
Concepción y Definición del Problema	32
3.1 Definición del Problema	32
3.2 Descripción de alternativas técnicas de solución	37
3.3 Selección de la alternativa de solución más apropiada	39
3.4 Definición de condiciones y capacidad	40

Capítulo IV	43
Descripción y análisis experimental	43
4.1 Descripción del método de investigación.....	43
4.2 Diseño factorial.....	46
4.3 Análisis de las variables.....	49
Capítulo V.....	53
Desarrollo del Proceso	53
5.1 Diagrama de flujo del Proceso	53
5.2 Balance de Materia y Energía.....	54
5.2.1 Balance de Materia	54
5.2.1.1 Balance en el intercambiador de placas	54
5.2.1.2 Balance en el tanque de tierras	56
5.2.1.3 Balance en el filtro KG	58
5.2.1.4 Balance en el filtro trap	59
5.2.1.5 Balance en el carbonatador.....	60
5.2.2 Balance de Energía.....	61
5.2.2.1 Balance en el intercambiado de placas.....	61
5.2.2.2 Balance Global: Desde la entrada al filtro KG hasta la entrada al tanque BBT	62
5.2.3 Balance de Materia para un ciclo de filtración.....	63
5.2.3.1 Balance en el intercambiador de placas	63
5.2.3.2 Balance en el tanque de tierras	65
5.2.3.3 Balance en el filtro KG	66
5.2.3.4 Balance en el filtro trap	67
5.2.3.5 Balance en el carbonatador	68
5.2.4 Balance de Energía.....	69
5.2.4.1 Balance en el intercambiado de placas.....	69
5.2.4.2 Balance Global: Desde la entrada al filtro KG hasta la entrada al tanque BBT	70
Capítulo VI	71
Resultados de las experiencias	71
6.1 Prueba 1	71

6.1.1 Primera réplica de la prueba 1	72
6.1.2 Segunda réplica de la prueba 1	74
6.2 Prueba 2	76
6.2.1 Primera réplica de la prueba 2	78
6.2.2 Segunda réplica de la prueba 2	80
6.3 Prueba 3	81
6.3.1 Primera réplica de la prueba 3	83
6.3.2 Segunda réplica de la prueba 3	85
6.4 Prueba 4	87
6.4.1 Primera réplica de la prueba 4	88
6.4.2 Segunda réplica de la prueba 4	90
6.5 Comparación de resultados	92
6.6 Análisis de la calidad del producto	94
6.7 Análisis de la disminución de oxígeno	98
6.7.1 Descripción de los puntos identificados en el diagrama	99
6.7.1.1 Líneas	99
6.7.1.2 Pureza del CO ₂	100
6.7.1.3 Oxígeno contenido en el agua desaireada	100
6.7.1.4 Bomba	100
6.7.2 Verificación de que no se incorpora oxígeno en los puntos mencionados	101
6.7.2.1 Líneas	101
6.7.2.1.1 Mala ambientación	101
6.7.2.1.2 Fugas o fisuras en las tuberías	101
6.7.2.2 Pureza del CO ₂	102
6.7.2.2.1 Baja pureza del CO ₂ recuperado de TCC	102
6.7.2.2.2 Baja pureza del CO ₂ proveniente de la planta de purificación que es usado posteriormente	102
6.7.2.3 Oxígeno contenido en el agua desaireada	106
6.7.2.4 Bombas	107
6.7 Comparación de la caracterización con la estrategia óptima	107
Capítulo VII	110

Análisis Económico	110
7.1 Cálculo de costo de capital	110
7.2 Costo de operación	110
7.3 Análisis del ahorro económico	115
Capítulo VIII	117
Conclusiones y Recomendaciones	117
8.1 Conclusiones	117
8.2 Recomendaciones	118
Bibliografía	120

Índice de Tablas

Tabla 1-1. Grados y propiedades típicas de tierras filtrantes.....	3
Tabla 2-1. Parámetros exigidos por COSAALT Ltda.....	30
Tabla 3-1. Datos de caracterización de consumo de tierras filtrantes.....	33
Tabla 3-2. Datos de oxígeno antes de la filtración.....	34
Tabla 3-3. Datos de oxígeno después de la filtración.....	35
Tabla 3-4. Matriz de decisión.....	39
Tabla 3-5. Valoración de la escala para la matriz de decisión.....	39
Tabla 3-6. Medidas del filtro.....	42
Tabla 4-1. Diseño experimental 1.....	43
Tabla 4-2. Plan de experimentación primera repetición.....	44
Tabla 4-3. Plan de experimentación segunda repetición.....	44
Tabla 4-4. Matriz de diseño primera repetición.....	45
Tabla 4-5. Matriz de diseño segunda repetición.....	45
Tabla 4-6. Diseño experimental 2.....	46
Tabla 4-7. Plan de experimentación primera repetición.....	47
Tabla 4-8. Plan de experimentación segunda repetición.....	47
Tabla 4-9. Plan de experimentación tercera repetición.....	47
Tabla 4-10. Matriz de diseño primera repetición.....	48
Tabla 4-11. Matriz de diseño segunda repetición.....	48
Tabla 4-12. Matriz de diseño tercera repetición.....	48
Tabla 5-1. Equipos del diagrama de flujo de proceso.....	54
Tabla 6-1. Prueba 1.....	71
Tabla 6-2. Primera réplica de la prueba 1.....	73
Tabla 6-3. Segunda réplica de la prueba 1.....	75
Tabla 6-4. Prueba 2.....	77
Tabla 6-5. Primera réplica de la prueba 2.....	79
Tabla 6-6. Segunda réplica de la prueba 2.....	80
Tabla 6-7. Prueba 3.....	82
Tabla 6-8. Primera réplica de la prueba 3.....	84
Tabla 6-9. Segunda réplica de la prueba 3.....	85
Tabla 6-10. Prueba 4.....	87
Tabla 6-11. Primera réplica de la prueba 4.....	89
Tabla 6-12. Segunda réplica de la prueba 4.....	91
Tabla 6-13. Comparación de resultados.....	92
Tabla 6-14. Estrategia 1.....	93
Tabla 6-15. Estrategia 2.....	93
Tabla 6-16. Estrategia 2 corregida.....	93
Tabla 6-17. Estrategia 3.....	94

Tabla 6-18. Estrategia 4	94
Tabla 6-19. Datos de oxígeno y turbidez después de la filtración	94
Tabla 6-20. Estrategia 1	96
Tabla 6-21. Estrategia 2	96
Tabla 6-22. Estrategia 3	97
Tabla 6-23. Estrategia 4	97
Tabla 6-24. Descripción del diagrama de flujo.....	100
Tabla 6-25. Descripción del diagrama de flujo de la planta purificadora de CO ₂	105
Tabla 6-26. Comparación de resultados entre la estrategia 2 y la caracterización.....	108
Tabla 7-1. Costos de la situación inicial en consumo de tierras filtrantes	111
Tabla 7-2. Costos de la situación inicial en consumo de agua	112
Tabla 7-3. Costos de la situación final en consumo de tierras filtrantes	113
Tabla 7-4. Costos de la situación final en consumo de agua.....	114
Tabla 7-5. Cuantificación del ahorro en consumo de tierras filtrantes	115
Tabla 7-6. Cuantificación del ahorro en consumo de agua.....	116

Índice de Figuras y Diagramas

Figura 1-1. Tipos de filtración	2
Figura 1-2. Fuentes de error durante la dosificación continua	4
Figura 2-1. Localización de la Planta CBN Tarija	12
Figura 2-2. Túnel de pasteurización	28
Figura 3-1. Dimensiones del filtro	42
Figura 5-1. Intercambiador de placas	54
Figura 5-2. Tanque de tierras filtrantes	56
Figura 5-3. Filtro KG	58
Figura 5-4. Filtro Trap	59
Figura 5-5. Carbonatador	60
Figura 5-6. Intercambiador de placas	63
Figura 5-7. Tanque de tierras filtrantes	65
Figura 5-8. Filtro KG	66
Figura 5-9. Filtro Trap	67
Figura 5-10. Carbonatador	68
Figura 6-1. Prueba 1	72
Figura 6-2. Primera réplica prueba 1	74
Figura 6-3. Segunda réplica prueba 1	76
Figura 6-4. Prueba 2	78
Figura 6-5. Primera réplica prueba 2	79
Figura 6-6. Segunda réplica prueba 2	81
Figura 6-7. Prueba 3	83
Figura 6-8. Primera réplica prueba 3	84
Figura 6-9. Segunda réplica prueba 3	86
Figura 6-10. Prueba 4	80
Figura 6-11. Primera réplica prueba 4	90
Figura 6-12. Segunda réplica prueba 4	91
Figura 6-13. Curva de un ciclo de filtración en la caracterización	107
Figura 6-14. Curva de un ciclo de filtración en la estrategia dos	109

Diagramas

Diagrama 1. Organización de la Planta CBN Tarija	13
Diagrama 2. Proceso de producción de cerveza	18
Diagrama 3. Diagrama de flujo del proceso	53
Diagrama 4. Diagrama de flujo	99
Diagrama 5. Diagrama de flujo de la planta purificadora de CO ₂	104