

**MEJORAMIENTO Y ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS
DE OPERACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES (PTAR) BAVARIA S.A. A TRAVÉS DE LOS SOP
(*Standard Operation Procedure*)**



Una subsidiaria de SABMiller plc

IVONNE TATIANA CARRILLO CORREA



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA**

2012

**MEJORAMIENTO Y ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS
DE OPERACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES (PTAR) BAVARIA S.A. A TRAVÉS DE LOS SOP
(*Standard Operation Procedure*)**

IVONNE TATIANA CARRILLO CORREA

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniera Industrial**

**Director
EDWIN GARAVITO
Ingeniero Industrial**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA**

2012

No solo este trabajo sino mi carrera la dedico a mi papá Dios, por ser la luz que me guía, mi fortaleza, mi protector y mi dador

A mi papitos a quienes le debo la vida y la posibilidad de haber llegado hasta acá, quienes todos los días me motivan para seguir adelante, con su apoyo incansable e incondicional, a mis hermanos Diego y mi bebé Marianita quienes me llenan todos los días de alegría, y me impulsan a ser una mejor persona y el mejor ejemplo para ellos, al amor de mi vida por acompañarme durante estos años y ser mi apoyo en los momentos difíciles.

A mis tíos Marlene y Germán que con su apoyo lograron más oportunidades para mí, a mi tío Ricardo y mi primo Fernando quienes también me han brindado su mano en este camino.

A mis amigos y amigas de la universidad, especialmente a Karina y a Natalia por acompañarme y vivir conmigo los buenos y malos momentos durante la carrera.

AGRADECIMIENTOS

La autora expresa sus agradecimientos a:

BAVARIA S.A., al Ingeniero Isnardo Mendivelso por acogerme en esa gran empresa BAVARIA y por supuesto al Ingeniero Carlos Gómez por ser mi maestro en el universidad del campo laboral aportándome sus experiencias y conocimientos en cada etapa del proyecto y a todos los ingenieros que me permitieron aprender.

Todos los amigos de la PTAR, por colaborarme y ayudarme a lograr el objetivo del proyecto, por enseñarme y acogerme en su sitio de trabajo y por compartir conmigo esta grata experiencia.

Mis profesores de la universidad por formarme y hacerme una excelente profesional.

Mi familia por estar siempre apoyándome y motivándome.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	21
1. GENERALIDADES DE BAVARIA SABMiller	23
1.1 QUIÉNES SON	23
1.2 MARCAS	24
1.3 MAPA DE PROCESOS	25
1.4 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE PLANTAS CERVECERAS	25
1.5 ENFOQUE DE BAVARIA COMO COMPAÑÍA DE CLASE MUNDIAL	26
1.5.1 Principios de Manufactura de Clase Mundial (MCM)	27
1.5.2 Medio ambiente	28
2. GENERALIDADES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES BAVARIA- BUCARAMANGA	29
2.1 PTAR COMO SUBPROCESO DE GESTION DE MANUFACTURA	29
2.2 CARACTERIZACIÓN DE AFLUENTES	30
2.2.1 Características del agua residual afluyente	30
2.3 PROCESO TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL BAVARIA S.A. – CERVECERÍA DE BUCARAMANGA	33
2.3.1 Pretratamiento	35
2.3.2 Tratamiento Primario	36
2.3.3 Tratamiento Secundario	36
2.4 CARACTERIZACIÓN DE SALIDAS PTAR	38
2.4.1 Características de vertimientos de Agua residual	38
2.4.2 Caracterización de Biogás generado	39
3. DESARROLLO METODOLÓGICO PARA EL MEJORAMIENTO	41
3.1 ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN ESTADO INICIAL	41
3.1.1 Cuestionario de competencias y adopción del rol operador PTAR	41
3.1.2 Análisis de riesgos	48
3.2 KAIZEN	54

3.2.1 Plan de acción para el mejoramiento	54
3.2.2 Estandarización de operación a través de las SOPs	57
3.2.2.1 Formación del equipo	57
3.2.2.2 Implementación de las mejores prácticas	60
3.2.2.3 Empalme mejores prácticas con las prácticas iniciales	83
3.2.3 Codificación del conocimiento, documentación de clase mundial	84
3.3 MEDICIÓN DEL IMPACTO DEL PROYECTO	90
3.3.1 Efectividad de los procedimientos estándar de operación SOP	90
3.3.2 Mejoramiento en el entrenamiento y desarrollo de las operaciones de la PTAR	93
3.3.3 Mejoramiento en el desempeño de la PTAR	97
CONCLUSIONES	102
RECOMENDACIONES	105
BIBLIOGRAFÍA	106
ANEXOS	109

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Capacidad Instalada plantas Bavaria S.A. en Colombia	25
Tabla 2. Cuadro comparativo consumo de agua y caudal acumulado de entrada PTAR	30
Tabla 3. Caracterización de vertimientos (Afluente PTAR)	32
Tabla 4. Datos históricos caudales de entrada PTAR	33
Tabla 5. Características de diseño PTAR	34
Tabla 6. Valores permitidos (Art. 72/ Decreto 1594/85)	39
Tabla 7. Características de vertimiento PTAR	39
Tabla 8. Cuestionario Competencias y Adopción del rol diseñado para el cargo Tecnólogo PTAR	43
Tabla 9. Ejemplo grupo de competencias O-CL3 relacionadas con la OPERACIÓN	47
Tabla 10. Resultados Cuestionario de Competencias y Adopción del Rol aplicado en la PTAR.	47
Tabla 11. Valoración para Consecuencia y Probabilidad criterio 1 y 2. Matriz de Riesgos Bavaria	49
Tabla 12. Valoración probabilidad cruce de criterio 1 y 2 Metodología calificación de riesgo Bavaria	49
Tabla 13. Matriz para calificación de Riesgos. Matriz de riesgos Bavaria	50
Tabla 14. Plan de Acción	54
Tabla 15. Riesgos y plan de acción	56
Tabla 16. Entrenadores en el proceso de capacitación	61
Tabla 17. Límites de control intervalo corto revisadas	79
Tabla 18. Límites de control intervalo corto estándar	80
Tabla 19. Relación Competencia vs. Capítulos de SOPs	88
Tabla 20. Relación Principios MCM vs. Capítulos de SOPs	89

Tabla 21. Resultados Cuestionario de Competencias y Adopción del Rol aplicado en la PTAR Final	92
Tabla 22. Datos de operador nuevo, procedimiento toma de muestras y análisis	94
Tabla 23. Datos de disponibilidad 1º semestre 2011	98
Tabla 24. Datos de disponibilidad 2º semestre 2011	98

LISTA DE GRÁFICOS

	pág.
Gráfico 1. Datos hidráulicos, basado en comportamiento histórico de caudales durante el último año	32
Gráfico 2. Porcentaje de Adopción del rol en el Cuestionario Bavaria S.A	48
Gráfico 3. Porcentaje de Competencia Cuestionario Bavaria S.A	48
Gráfico 4. Riesgos Ambientales identificados PTAR	51
Gráfico 5. Aspectos ambientales PTAR	51
Gráfico 6. Resumen de calificación de riesgos identificados PTAR	52
Gráfico 7. Riesgos de Seguridad y Salud Ocupacional PTAR	53
Gráfico 8. Resumen Calificación de riesgo de seguridad PTAR	53
Gráfico 9. Avance auditorías 5S programadas nivel gerencial	69
Gráfico 10. Porcentaje de Cumplimiento de condiciones de seguridad por área inspeccionada	82
Gráfico 11. Porcentaje de cumplimiento por Condición de seguridad	83
Gráfico 12. Porcentaje de Adopción del rol en el Cuestionario Bavaria S.A	92
Gráfico 13. Porcentaje de Competencia Cuestionario Bavaria S.A.	93
Gráfico 14. Curva de aprendizaje procedimiento toma de muestras	96
Gráfico 15. Curva de aprendizaje procedimiento análisis rutinarios	96
Gráfico 16. Razón de caudal tratado sobre caudal entrada 1º semestre del año 2011	99
Gráfico 17. Razón de caudal tratado sobre caudal entrada 2º semestre del año 2011	99
Gráfico 18. Caudal tratado 2011	100
Gráfico 19. Porcentaje de Participación de biogás	101

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Representación de SABMiller en el mercado mundial	23
Figura 2. Red de procesos Nivel 1 Bavaria	25
Figura 3. Distribución geográfica de plantas Bavaria SABMiller	26
Figura 4. Partenón de Pilares de MCM	27
Figura 5. Mapa de procesos Bavaria S.A. Sistema de Gestión Integral. Subproceso Gestión de Manufactura	29
Figura 6. Esquema de entradas y salidas del proceso de la PTAR	31
Figura 7. Flujo y unidades de proceso	35
Figura 8. Reactor IC UASB	37
Figura 9. Área objeto del proyecto	58
Figura 10. Capa de reuniones estándar Bavaria.	59
Figura 11. Primera Reunión One to many	60
Figura 12. Capacitación introducción MCM	62
Figura 13. Taller de creación de equipo	62
Figura 14. Cartelera Líderes de Prácticas Equipo H ₂ O	63
Figura 15. Sensibilización y capacitación 5s	64
Figura 16. Objetos innecesarios etiquetados para su reubicación	65
Figura 17. Mejoras en 5s por la asignación de recursos para utensilios de aseo y para el mantenimiento locativos en el área	66
Figura 18. Antes y después de estándares 5s e implementación en el área	67
Figura 19. Tablero de actividad 5s. Publicación antes y después del inicio de la implementación de la práctica	68
Figura 20. Visualización de la auditoría 5s turno-turno	70
Figura 21. Tableros medición visual del desempeño para indicadores	72
Figura 22. Tablero de actividad MCM Equipo H ₂ O. Cuarto MCM	72
Figura 23. Indicador %Participación de Biogás	73
Figura 24. Control visual manómetros succión y descarga sistema de biogás	74

Figura 25. Antes y después de presión de operación de manómetros	74
Figura 26. Marcación de válvulas	75
Figura 27. Capacitación solución de problemas	76
Figura 28. Taller solución de problemas utilizando 5 por qué	76
Figura 29. Entrenamiento y definición de actividades de mantenimiento	77
Figura 30. Instructivo de mantenimiento validado a través del ejercicio en campo	78
Figura 31. Formato de inspección de condiciones de seguridad para auditoría de seguridad	82
Figura 32. Simbología	90
Figura 33. Distribución del manual de operación operadores PTAR	91
Figura 34. Operador Nuevo reproduce un procedimiento basado en el SOP	97

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Manual de Operación	110
Anexo B. Registros como soporte del proyecto	111

RESUMEN

TITULO: MEJORAMIENTO Y ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR) BAVARIA S.A. A TRAVÉS DE LOS SOP (*Standard Operation Procedure*)^{*}

AUTOR: CARRILLO CORREA, Ivonne Tatiana^{**}

PALABRAS CLAVES: Estandarización, Trabajo Estándar, Manufactura de Clase Mundial MCM, Tratamiento de Aguas Residuales, Procedimiento Estándar de Operación, mejoramiento.

DESCRIPCIÓN

El trabajo de grado muestra la metodología para estandarizar y mejorar la operación de la Planta de Tratamiento de Aguas residuales PTAR de la Cervecería Bavaria de Bucaramanga, a través de los procedimientos estándar de operación y de la implementación de los principios de la compañía llamados principios de MCM en las actividades del operador, además muestra los resultados de la evaluación y efectividad del estándar como mejor práctica y como herramienta para mejorar la capacidad de aprendizaje en el trabajo, eficiencia en las actividades del trabajo y por ende el mejor desempeño de la planta.

La metodología del trabajo sigue las teorías de trabajo estándar de Manufactura Esbelta, se desarrolla el estándar a través de la implementación de la mejor práctica, buscando optimizar en toda medida los procedimientos de operación iniciales al proyecto y plasmando el resultado en los procedimientos estándar de operación como manual de operación de la PTAR. El desarrollo del estándar se fundamenta en el trabajo en equipo, en la capacitación del personal y evaluación constante de los procedimientos, para lograr conformar un manual de operación con las mejores prácticas incluyendo los principios de MCM.

Como diagnóstico para el mejoramiento, se emplean la observación y análisis del estado inicial de la operación, se aplica la evaluación de competencias de los operadores en las diferentes áreas a nivel integral de acuerdo a las exigencias de la cervecería para identificar falencias de conocimiento y necesidades de implementación de principios de MCM además del análisis de riesgos para tener en cuenta durante el desarrollo del estándar. Posterior al diagnóstico se efectúa la implementación de trabajo estándar, conformando el estándar a todo nivel para la operación de la PTAR. Finalmente se tiene como resultado el manual de operación el cual se evalúa para que sea efectivo durante la operación, capacitación y mejora continua de los procedimientos.

^{*} Práctica Empresarial

^{**} Facultad de Ingeniería Físico-Mecánicas, Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.
Director: Ing. Edwin Alberto Garavito

SUMMARY

TITLE: IMPROVEMENT AND STANDARDIZATION OF THE OPERATION PROCEDURE OF THE WASTEWATER TREATMENT PLANT WWTP OF BAVARIA S.A. THROUGH SOP (*Standard Operation Procedure*)*.

AUTHOR: CARRILLO CORREA, Ivonne Tatiana**

KEYWORDS: Standardization, Standard Work, World Class Manufacturing WCM, Wastewater Treatment, Standard Operation Procedure, Improvement.

DESCRIPTION

This work shows the methodology to standardize and to improve the operation of the Wastewater Treatment Plant WWTP in the Bavaria Brewery of Bucaramanga, through standard operating procedures and the implementation of the principles of the company called principles of manufacture of world class MCM in the activities of the operator. In addition, it shows the results of the evaluation and the efficiency of standard as a tool to improve learning ability at work, the efficiency in the activities and therefore the best performance of the plant.

The methodology of the project is based on the theories of Lean standard work, by means of the implementation of the best practice, seeking to optimize the initial operating procedures and demonstrating the result in standard operating procedures as manual operation of the WWTP. The development of the standard is based on teamwork, training staff and constant evaluation of the procedures to do an operating manual with the best practices including MCM's principles.

As diagnosis for the improvement, there are used the observation and analysis of the initial state of the operation to evaluate the operator's skills in different areas to integral levels according to the requirements of the brewery, to identify failings in knowledge and needs of early implementation of MCM's principles, too the risk analysis to be considered during the development of the standard. Later to the diagnosis implementing standard work, forming the standard at all levels for the operation of the WWTP. Finally, results in the operation manual which is evaluated to be effective during the operation, training and continuous improvement of procedures.

* Internship Bavaria S.A.

** Physiochemical Engineering Faculty. Industrial Engineering. Thesis Director: Ing. Edwin Alberto Garavito

GLOSARIO

BIOREACTOR: un aparato en el que una reacción biológica o proceso biológico se lleva a cabo, especialmente a escala industrial.

BUENAS PRÁCTICAS: una manera de realizar un proceso o sub-proceso que se considera que es la forma principal dentro del grupo o dentro de la industria en general.

DQO: oxígeno equivalente al contenido de materia orgánica de una muestra que es susceptible a la oxidación por un oxidante químico fuerte. La oxidación bajo ciertas condiciones de acidez, temperatura y tiempo transforma la materia orgánica en dióxido de carbono y agua.

INSTRUCCIONES DE TRABAJO: una instrucción de trabajo es una serie documentada de los pasos o instrucciones sobre cómo realizar una tarea operativa o de mantenimiento.

MCM: manufactura de Clase Mundial es un enfoque holístico para la productividad y la mejora de la calidad que se centra en la eliminación de todas las formas de residuos o el valor de no agregar las actividades de la organización mediante la participación de la fuerza de trabajo total en actividades de mejora continua. En inglés WCM

SOP: siglas en inglés *Standard Operating Procedure*, que son un conjunto de instrucciones de trabajo por área de proceso. En español POE, Procedimiento operativo estándar.

TRABAJO EN EQUIPO: es la práctica de capacitar a todo el mundo en el lugar de trabajo para alcanzar metas desafiantes de negocio a través de cohesión, flexibilidad, autonomía y de alto rendimiento de los equipos en todos los niveles de la organización.

TRABAJO ESTÁNDAR: "el trabajo estándar tiene como objetivo crear procesos y procedimientos que sean repetibles, confiables y capaces. Es la base para la mejora. Trabajo estándar es la filosofía, Procedimientos Operativos Estándar (POE) son el mecanismo de su puesta en su lugar"

TABLA DE CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y evaluar los Procedimientos Estándar de Operación (*SOP Standard Operation Procedure*) para la PTAR, basado en los principios de Manufactura de Clase Mundial (MCM) de la Cervecería de Bucaramanga, Bavaria S.A.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	NUMERAL RELACIONADO	COMENTARIO
1. Desarrollar la medición del estado actual de la operación en base a indicadores objetivos.	3.1 ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN ESTADO INICIAL	Cumplimiento a través del diagnóstico del estado inicial de la operación.
2. Identificar las necesidades de implementación de principios Lean en base al diagnóstico inicial.	3.2.1 Plan de acción para el mejoramiento	Cumplimiento a través de plan de acción el cual enfoca la implementación hacia los puntos clave de mejoramiento.
3. Implementar las mejores prácticas y empalmarlas con las prácticas actuales.	3.2 KAIZEN 3.2.1 Plan de acción para el mejoramiento 3.2.2.1 Formación del equipo 3.2.2.2 Implementación de las mejores prácticas 3.2.2.3 Empalme mejores prácticas con las prácticas iniciales	Cumplimiento a través del desarrollo del estándar y la metodología para conformarlo.

4. Diseñar la codificación del conocimiento de los procedimientos estándar de operación y documentar los SOPs.	3.2.3 Codificación del conocimiento, documentación de clase mundial.	Cumplimiento a través de la formalización del estándar con los requisitos de documentación de la compañía.
5. Validar los procedimientos a través del entrenamiento en campo en busca de la retroalimentación con el operario y ajuste final.	3.2.2 Estandarización de operación a través de las SOPs	Cumplimiento a través del desarrollo metodológico del estándar.
6. Socializar, capacitar y distribuir los SOPs.	3.2.2 Estandarización de operación a través de las SOPs 3.3.1 Efectividad de los procedimientos estándar de operación SOP	Cumplimiento a través del desarrollo metodológico del estándar y la entrega del estándar como SOP.
7. Evaluar y validar el impacto del proyecto en base a los indicadores definidos.	3.3 MEDICIÓN DEL IMPACTO DEL PROYECTO 3.3.1 Efectividad de los procedimientos estándar de operación SOP 3.3.2 Mejoramiento en el entrenamiento y desarrollo de las operaciones de la PTAR. 3.3.3 Mejoramiento en el desempeño de la PTAR	Cumplimiento a través de la evaluación de la efectividad del SOP y mejoramiento de la operación.

INTRODUCCIÓN

La Planta de tratamiento de aguas Residuales PTAR de la Cervecería Bavaria-SABMiller* inicia operaciones en el año 2002 en la cervecería de Bucaramanga. Su actividad constituye una pieza esencial en la gestión del impacto del proceso cervecero sobre el recurso hídrico, y en la generación de energía renovable. Por su importancia ambiental y económica se busca el mejoramiento, la confiabilidad de la operación y el cumplimiento de sus propósitos los cuales son: exceder los compromisos de Bavaria con el ambiente y con la comunidad y a la vez ser fuente de energía renovable.

Bavaria SABMiller cuenta con el enfoque en los principios de Manufactura de Clase Mundial WCM “*World Class Manufacturing*” en los procesos principales de la compañía, conocida en la literatura como filosofía “*Lean Manufacturing*”, a través de este trabajo se trasciende esta filosofía a un área de apoyo del proceso cervecero Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, comenzando así el camino para unificar los principios que rigen el trabajo en esta área con los de la multinacional. El desarrollo de los pilares de WCM en la operación de la PTAR, fundamentan los aspectos requeridos para la evaluación de las prácticas al inicio del proyecto, la implementación de las mejores prácticas y su estandarización a través de los PROCEDIMIENTOS ESTANDAR DE OPERACIÓN SOP “*Standard Operation Procedure*” de la PTAR.

En el presente proyecto se define el estándar de la operación a través del Trabajo Estándar “*Standard Work*” instruyendo de manera precisa y estandarizada, en cuanto a contenido, secuencia, tiempo, resultado y verificación de la operación; y junto con ello se define la mejor forma de hacerlo a través de la implementación

* SABMiller es una de las mayores cerveceras del mundo, nace en Sudáfrica. Con más de 200 marcas de cerveza y unos 70.000 empleados en más de 75 países.

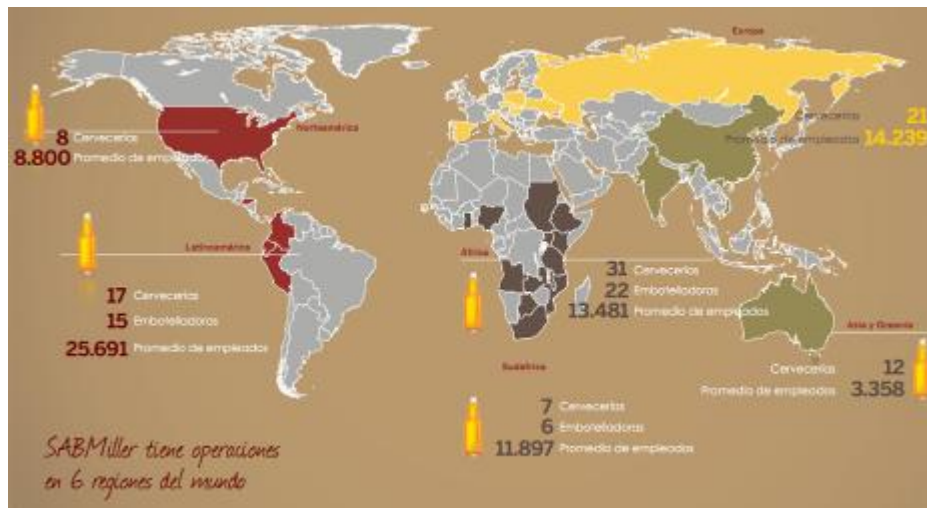
de los principios de clase mundial que envuelven la filosofía de la compañía, logrando así mejorar los resultados, aumenta la repetibilidad de la operación haciéndola más eficiente, reduce la variabilidad en los resultados entre operadores del proceso, elimina la subjetividad en el desarrollo de los procedimientos, que son la causa principal de problemas serios del equipo, de calidad y de seguridad, disminuye esfuerzos y tiempo de entrenamiento de operadores nuevos y generando la base de referencia para actividades futuras de evaluación de la operación y de mejora.

El proyecto presenta como primer capítulo las generalidades de la compañía para la cual se desarrolló el trabajo, comenzando por la descripción de su objeto social, marcas, estructura de procesos, presencia en el mercado y las características de Bavaria como subsidiaria de la multinacional a la que pertenece, en el segundo capítulo la descripción de la planta de tratamiento de aguas residuales objeto de la tesis, ubicación dentro de la estructura de procesos de la compañía y caracterización de las entradas y salidas del proceso de tratamiento incluyendo el proceso de tratamiento. Los dos primeros capítulos permiten contextualizar el trabajo de estandarización. El capítulo tres corresponde al desarrollo metodológico de la tesis, presenta los resultados del diagnóstico inicial de la operación y de las necesidades de implementación de principios Lean, el proceso de mejora de la operación a través de la conformación del equipo, de la implementación de las mejores prácticas y empalme con las prácticas iniciales, además de la metodología para el diseño de la codificación del conocimiento ó SOP y por último los resultados de la evaluación y medición del impacto del proyecto.

1. GENERALIDADES DE BAVARIA SABMiller

1.1 QUIÉNES SON

Figura 1. Representación de SABMiller en el mercado mundial



Fuente: BAVARIA S.A. 5ª Publicación Informe de Desarrollo Sostenible Bavaria S.A. [en línea]. 2011. [Consultado el 10 de enero del 2012, 9:00 a.m.]. Disponible en Internet: <URL:http://www.bavaria.co/admin/uploads/documentos/Bavaria_Informe_2012_27-mar.pdf>

SABMiller es la segunda cervecera mundial en volumen, con operaciones en cinco continentes y una producción que supera los 260 millones de hectolitros de cerveza por año, con más de 170 marcas.¹

Desde el año 2005 Bavaria se fusiona con SABMiller en una operación en la que la firma anglo sudafricana adquiere el 71,8% de sus acciones para así incursionar en Suramérica. Actualmente Bavaria es la mayor compañía de bebidas en Colombia, la operación más grande de SABMiller en Latinoamérica y uno de los contribuyentes más importantes a las utilidades de ese grupo cervecero en el

¹ Manual del Sistema de Gestión Integral Bavaria y Compañías

mundo.² En total, la capacidad de producción de Bavaria SABMiller alcanza actualmente los 23.5 millones de hectolitros de cerveza y malta/anual.

Más de 4.100 colaboradores hacen parte de la Compañía de manera directa, y unas 3.500 personas más, indirectas.

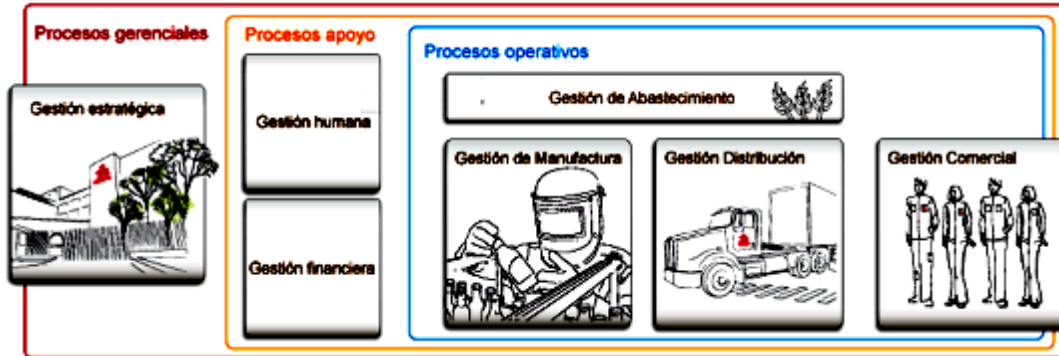
1.2 MARCAS

- Águila
- Águila Light
- Club Colombia
- Cola & Pola
- Costeña
- Costeñita
- Millar
- Peroni
- Pilsen
- Póker
- Póker Ligera
- Redd's
- Pony Malta

² BAVARIA S.A. Portal Corporativo [en línea]. 2012. [Consultado el 10 de enero del 2012, 9:40 a.m.]. Disponible em Internet: <URL:http://www.bavaria.co/7-2/quienes_somos_an/>

1.3 MAPA DE PROCESOS

Figura 2. Red de procesos Nivel 1 Bavaria



Fuente: BAVARIA S.A. Manual del Sistema de Gestión Integral Bavaria y Compañías. 2012.

1.4 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE PLANTAS CERVECERAS

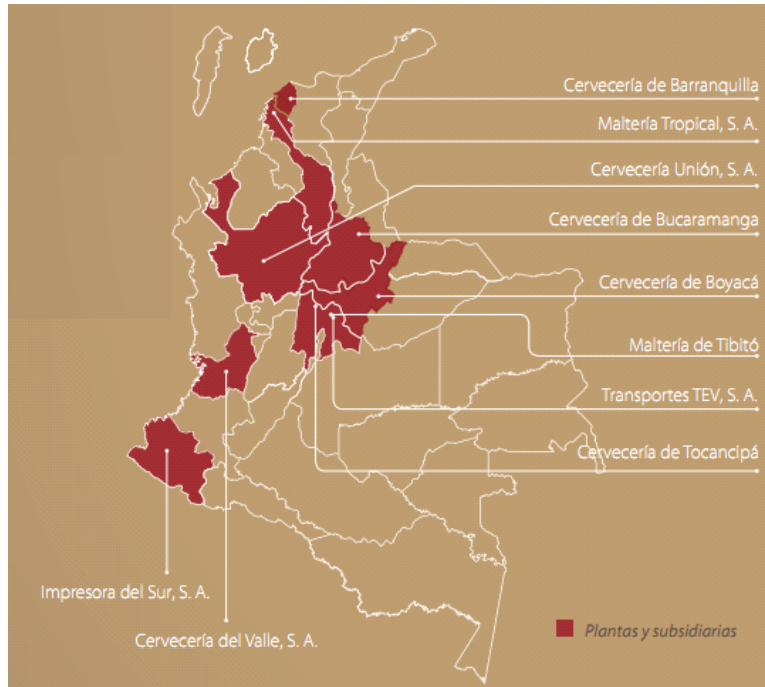
La presencia de la compañía está distribuida geográficamente para abarcar todo el territorio Colombiano. La siguiente tabla muestra las cervecerías que actualmente forman parte de la compañía y su ubicación geográfica.

Tabla 1. Capacidad Instalada plantas Bavaria S.A. en Colombia

UBICACIÓN	NOMBRE	CAPACIDAD
Barranquilla	Cervecería de Barranquilla	4.6 millones de hectolitros al año
Duitama	Cervecería de Boyacá	2.3 millones de hectolitros al año
Bucaramanga	Cervecería de Bucaramanga	2.1 millones de hectolitros al año
Tocancipá	Cervecería de Tocancipá	7.8 millones de hectolitros al año
Yumbo	Cervecería del Valle	4.1 millones de hectolitros al año
Itagüí (Antioquia)	Cervecería Unión	2.6 millones de hectolitros al año
Cartagena	Maltería Tropical	150.000 toneladas por año
Tibito (Zipaquirá)	Maltería Tibito	70.000 Toneladas por año
Yumbo	Impresora del Sur	155 millones de hojas
Bogotá	Fabrica de tapas	6.378 millones de tapas

Fuente: BAVARIA S.A. Información extraída del portal corporativo [en línea]. 2012. [Consultado el 10 de enero del 2012, 9:43 a.m.]. Disponible en Internet: <URL: http://www.bavaria.co/8-2/plantas_an_do/>

Figura 3. Distribución geográfica de plantas Bavaria SABMiller



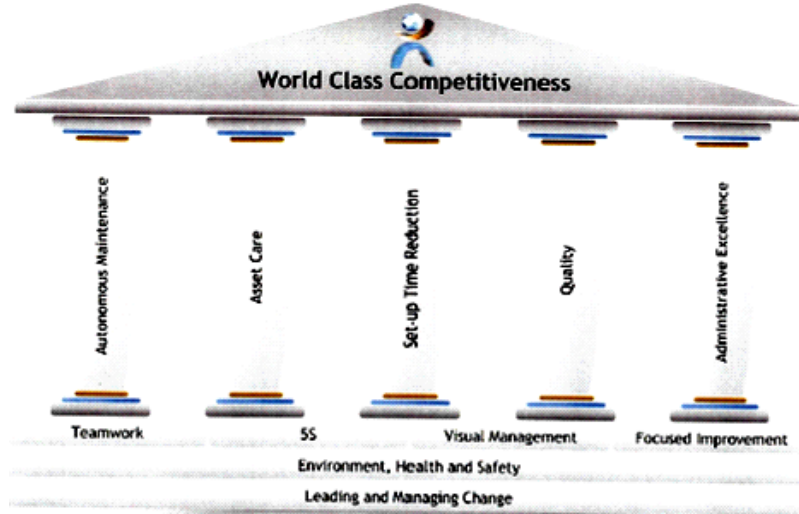
Fuente: BAVARIA S.A. 5ª Publicación Informe de Desarrollo Sostenible Bavaria S.A. [en línea]. 2011. [Consultado el 10 de enero del 2012, 9:00 a.m.]. Disponible en Internet: <URL:http://www.bavaria.co/admin/uploads/documentos/Bavaria_Informe_2012_27-mar.pdf>

1.5 ENFOQUE DE BAVARIA COMO COMPAÑÍA DE CLASE MUNDIAL

Por ser empresa con visión global y con competencia mundial, sus fundamentos operativos y administrativos buscan siempre los mejores resultados, estos están basados en las “personas”, una adaptación de la filosofía Japonesa a la cultura occidental. Todas las operaciones están cimentadas en procesos que garantizan la mejora continua en todas las áreas de la operación. A través del sistema de manufactura de clase mundial se apalanca el proceso logrando mejoras que alcanzan el punto de sostenimiento y a su vez impulsan nuevas mejoras lo que permite llegar a la excelencia y ser competencia de clase mundial.

1.5.1 Principios de Manufactura de Clase Mundial (MCM)

Figura 4. Partenón de Pilares de MCM



Fuente: Facilitado por, Ing. Carlos Gómez Gerente Desarrollo de Manufactura MCM, tutor del proyecto.

Los principios de MCM en la base del Partenón, representan los que pueden implementarse como prácticas independientes de la labor que se ejecuta, son los básicos en toda operación sin tener en cuenta la misión de la organización: 5s, trabajo en equipo, Medición Visual del desempeño, mejora enfocada y salud, seguridad y medioambiente.

Las columnas del Partenón son los principios que difieren entre una organización y otra y dependen de la labor principal de ésta, por ejemplo para una clínica el significado de mantenimiento autónomo no es muy apropiado, y se relaciona más con la industria y la manufactura. Entre las columnas del Partenón encontramos el mantenimiento autónomo, cuidado de activos, reducción del tiempo de montaje, calidad y excelencia administrativa. Bases y columnas del Partenón representan la filosofía de una empresa de clase mundial como Bavaria que aseguran la competitividad de clase mundial.

Sin embargo estas metodologías de trabajo, son una filosofía, no se impone en la empresa, ni en las personas sino se avanza en la implementación a través del liderazgo y gestión del cambio.

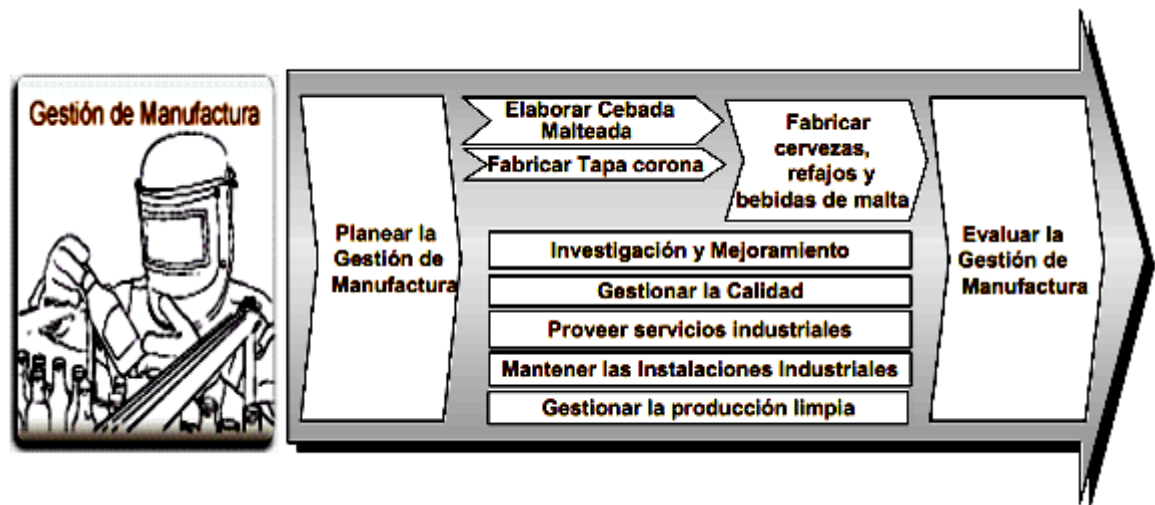
1.5.2 Medio ambiente. La compañía está comprometida a ser más eficiente en el uso de agua, en la administración de la huella del carbono (emisiones) y en la búsqueda de fuentes más limpias de energía.

El interés por la protección del medio ambiente se extiende por todo el proceso con el lema “producir más cerveza utilizando menos agua”, solo durante los últimos ocho años (2002), han logrado reducir el uso de agua en un 23.34%. No solo en el proceso productivo se reduce la huella ambiental, el compromiso con el ambiente llega hasta el manejo de los vertimientos contribuyendo a la conservación de las fuentes. Entre las inversiones ambientales más destacadas se encuentra la inversión en equipo para la planta de tratamiento de aguas residuales PTAR en Bucaramanga, por un valor de 102.973 millones de pesos colombianos, en busca de controlar los vertimientos, y el sistema de recuperación de biogás con que cuenta la planta de Bucaramanga, y una inversión de 799.995 millones de pesos colombianos en busca de la reducción en el consumo de energía y generación de energía alternativa.

2. GENERALIDADES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES BAVARIA- BUCARAMANGA

2.1 PTAR COMO SUBPROCESO DE GESTION DE MANUFACTURA

Figura 5. Mapa de procesos Bavaria S.A. Sistema de Gestión Integral. Subproceso Gestión de Manufactura



Fuente: BAVARIA S.A. Manual del Sistema de Gestión Integral Bavaria y Compañías. 2012.

La PTAR hace parte del macroproceso de Manufactura, apoya el proceso de elaboración de la cerveza, refajos y bebidas de malta, proveyendo servicios industriales. Esta planta tiene el objetivo como lo dice el manual del SGI de: “Asegurar la eficaz operación y control de las etapas de tratamiento primario, secundario y/o terciario para el manejo de los vertimientos industriales”.³

Entre las etapas del proceso de elaboración de la cerveza que generan vertimientos se encuentran: Sala de cocimientos, fermentación, maduración, filtración y envase; entre las de apoyo encontramos el área de servicios

³ BAVARIA S.A. Manual del Sistema de Gestión Integral Bavaria y Compañías. 2012.

industriales desde donde se suministra vapor, aire, CO₂, energía y el área administrativa las cuales también aportan vertimientos de agua residual.

2.2 CARACTERIZACIÓN DE AFLUENTES

2.2.1 Características del agua residual afluente. Según los indicadores de gestión de la cervecería expuestos en el informe de sostenibilidad de 2011: el consumo de agua para la elaboración de 1.800.000 hectolitros anuales de cerveza y 200.000 de bebidas de malta es de 720 000 m³ de agua durante un año, lo que equivale a un índice de 3,6 hL agua/hL envasado. En base al índice anual expuesto en el informe de sostenibilidad y a la relación agua consumida-agua vertida se puede decir que aproximadamente el 70% del agua utilizada en todo el proceso terminará como afluente de la PTAR. Esta información se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Cuadro comparativo consumo de agua y caudal acumulado de entrada PTAR

MES	CONSUMO AGUA	CAUDAL ACUMULADO DE ENTRADA PTAR
ENERO	62.274	34.823
FEBRERO	51.293	30.737
MARZO	58.965	32.590
ABRIL	52.114	36.567
MAYO	54.385	39.512
JUNIO	55.120	32.486
JULIO	65.496	42.239
AGOSTO	63.217	44.198
SEPTIEMBRE	55.130	37.494
OCTUBRE	59.911	38.879
NOVIEMBRE	63.659	40.980
DICIEMBRE	68.402	43.448
AÑO	709.966	453.953

Fuente: BAVARIA S.A. Datos de consumo de agua. 2011.

Los vertimientos de la cervecería son las entradas del proceso de tratamiento de agua de la PTAR, y corresponden en su mayoría a lavados de las diferentes áreas del proceso de elaboración de la cerveza. El lavado del área de cocinas, ollas, unitanques y tuberías corresponden a un sistema de enjuague llamado CIP, el cual consta de soda cáustica, ácido y desinfectante. El lavado de las botellas en envase, y las unidades de envasado como la lavadora, pasteurizadora, envasadora, paledepa, y cintas transportadoras se desarrolla a través de una solución alcalina. Dentro de los demás vertimientos de la cervecería se incluyen purgas de proceso, agua con detergentes del lavado de pisos y aseos, agua residual del casino y áreas comunes.

Figura 6. Esquema de entradas y salidas del proceso de la PTAR



Fuente: Autora

Las características fisicoquímicas de las entradas de la PTAR se describen en la Tabla 3.

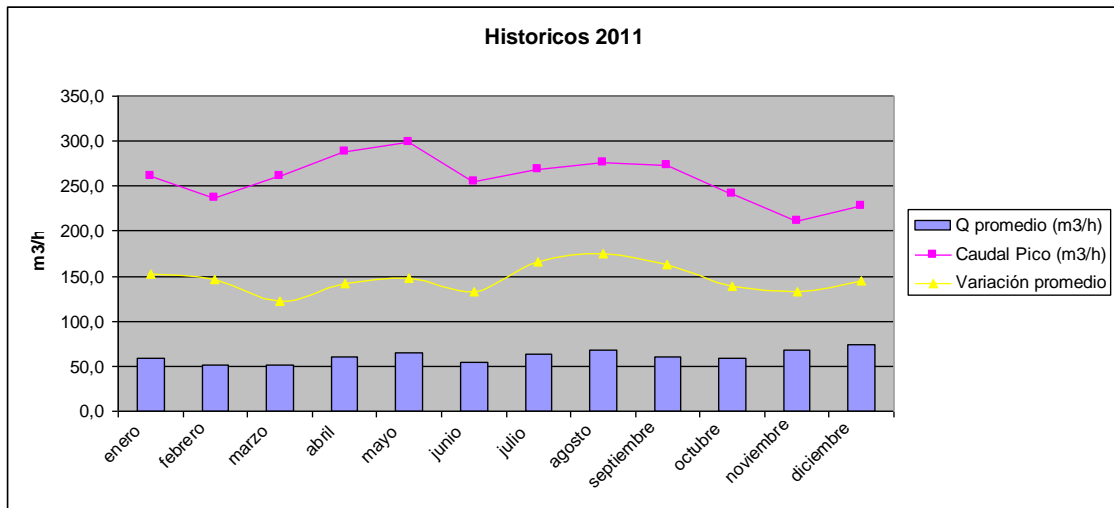
Tabla 3. Caracterización de vertimientos (Afluente PTAR)

CARACTERÍSTICAS DE ENTRADA DE LA PTAR			
Caudal promedio (m ³ /h)	62,992	Grasas y aceites (mg/L)	39
pH	8.3	Sólidos suspendidos totales (mg/L)	1330
Sustancias flotantes	Ausente	Sólidos sedimentables (ml/L)	4
Temperatura (°C)	34.5	Tensoactivos (mg/L)	2,18
DBO5 Total (mg/L)	2693	Cloruros (mg/L)	83.76
DQO Total (mg/L)	4157	Sulfatos (mg/L)	54,2

Fuente: BAVARIA S.A. Informe de caracterización de vertimientos. Diciembre 2010.

Los afluentes de la PTAR tienen la particularidad de que son muy variables, las llegadas de agua a la PTAR dependen de la actividad de la cervecería, se pueden presentar caudales por encima de 200 m³/h, como en otras oportunidades el caudal de entrada puede que sea nulo. En promedio se encuentra que arriban caudales de 62 m³/h con una variación por hora de 147 m³.

Gráfico 1. Datos hidráulicos, basado en comportamiento histórico de caudales durante el último año



Fuente: Autora en base a datos históricos 2011 PTAR facilitados por la PTAR

Tabla 4. Datos históricos caudales de entrada PTAR

	Ene	Feb.	Mar	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Q prom. (m ³ /h)	59	51	51	61	65	54	63	68	61	59	68	75
Caudal Pico (m ³ /h)	261	237	261	289	299	255	268	276	273	241	211	228
Variación promedio	152	147	122	142	148	132	166	175	163	138	132	145

Fuente: Autora en base a datos históricos 2011 PTAR facilitados por la PTAR

2.3 PROCESO TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL BAVARIA S.A. – CERVECERÍA DE BUCARAMANGA

BAVARIA S.A. – CERVECERÍA DE BUCARAMANGA, cuenta con una Planta de Tratamiento de vertimientos PTAR del tipo Anaeróbico de Flujo Ascendente y Manto de Lodos, con recirculación interna (IC – UASB por su sigla en inglés *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*), desarrollada por PAQUES⁴ compañía Holandesa.

La tecnología instalada está diseñada para tratar agua de alta tasa en un medio sin oxígeno, donde finalmente la materia orgánica es transformada a gas metano, gas carbónico y agua; compuestos oxidados a la forma más mínima. El sistema BIOPAQ® IC* con recirculación interna, funciona con automezclado por el movimiento ascendente de las burbujas de gas y del flujo de líquido a través del reactor.

Las demás unidades presentes en el proceso soportan la operación de tratamiento del bioreactor donde ocurre la mayor parte de degradación de la materia orgánica.

⁴ PAQUES es una compañía holandesa cuya misión es diseñar los procesos biotecnológicos para purificar el agua y las corrientes de gas y vende soluciones para las empresas en el tratamiento de aguas residuales. Disponible en Internet: <URL:<http://www.paques.nl/>>

* BIOPAQ® producto de la compañía PAQUES.

El proceso de la PTAR comienza con la generación de agua residual de las diferentes áreas de la cervecera. El proceso cuenta con un pretratamiento, tratamiento primario y uno secundario, mediante los cuales se disminuye la carga contaminante del agua y a la vez permite la generación de Biogás como energía renovable.

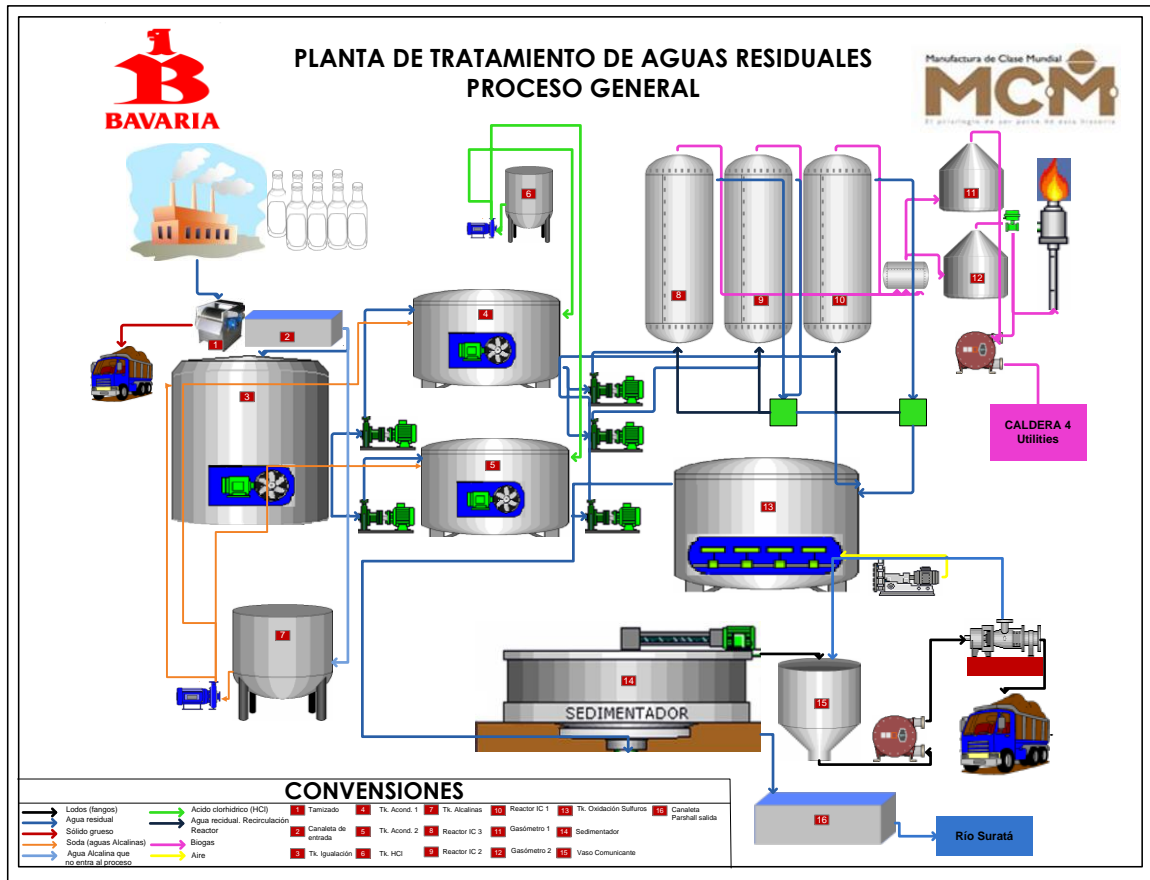
La capacidad diseñada o nominal de la PTAR es de 238 m³/h. Con una eficiencia en remoción de DQO y DBO superior al 80%. Esta capacidad, la determinan aspectos relacionados con los bioreactores. La capacidad máxima de tratamiento de agua está distribuida en los tres reactores instalados: Reactores 1 y 2 con 90m³/h, y Reactor 3 con capacidad de 60 m³/h. Bajo estas condiciones los parámetros de diseño están descritos en la siguiente tabla.

Tabla 5. Características de diseño PTAR

CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO DE LA PLANTA			
Caudal Promedio (m ³ /h)	80	Temperatura Máx.(°C)	40
Caudal Máx. (m ³ /h)	238	Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	800 máx.
DQO Máx. (mg/l)	2.200	Aceites y grasas (mg/l)	50 máx.
Carga Diaria R ₁ y R ₂ en DQO(Kg. DQO/m ³ *d)	22	Carga Diaria R ₃ en DQO (Kg. DQO/m ³ *d)	20.7
Tiempo de retención máx. Descarga (h)	39		

Fuente: Autora en base a datos de diseño de la PTAR

Figura 7. Flujo y unidades de proceso



Fuente: Autora

2.3.1 Pretratamiento. El tratamiento primario se desarrolla en dos fases, primero en la unidad de Bombeo Inicial para agua residual proveniente de envase y como segunda fase a través del tamizado en la PTAR. En la unidad de Bombeo Inicial, el agua residual ingresa por gravedad a la caja receptora y a dos rejillas de desbaste grueso como unidades auxiliares; cuando la caja rebosa su capacidad, estas actúan como unidad preliminar para la retención de sólidos gruesos. Posteriormente pasa al tamiz rotatorio de bombeo inicial, que separa sólidos más finos. A la salida de éste se encuentra el tanque de almacenamiento de bombeo inicial con lector ultrasónico de nivel que envía agua cuando alcanza los 3.7 m, el afluyente a la PTAR entra a una unidad de aforo o canchales de recepción donde se

miden los parámetros de entrada. El agua es sometida al proceso de retención de sólidos finos a través de un tamiz rotatorio. En este punto han sido retirados la mayor parte de los sólidos suspendidos.

2.3.2 Tratamiento Primario

- **Nivelación de Condiciones e Hidrólisis.** El caudal ingresa al proceso pasando a través de la canaleta de entrada con lector de caudal, pH y temperatura. El caudal entra inicialmente al Tanque de Igualación para su homogenización, a través de un agitador automático que nivela condiciones. En esta etapa del proceso ocurre el proceso enzimático de hidrólisis, el cual consiste en el desdoblamiento de cadenas largas en cadenas más asimilables para el siguiente proceso. Si se presentan condiciones extremas de pH o temperatura, el agua entra al tanque auxiliar (Tanque de Alcalinas) a través del bypass, para luego ser dosificado al Tanque de Igualación en pequeños caudales. El agua, una vez homogeneizada en carga orgánica y pH, es alimentada a la siguiente unidad de tratamiento.

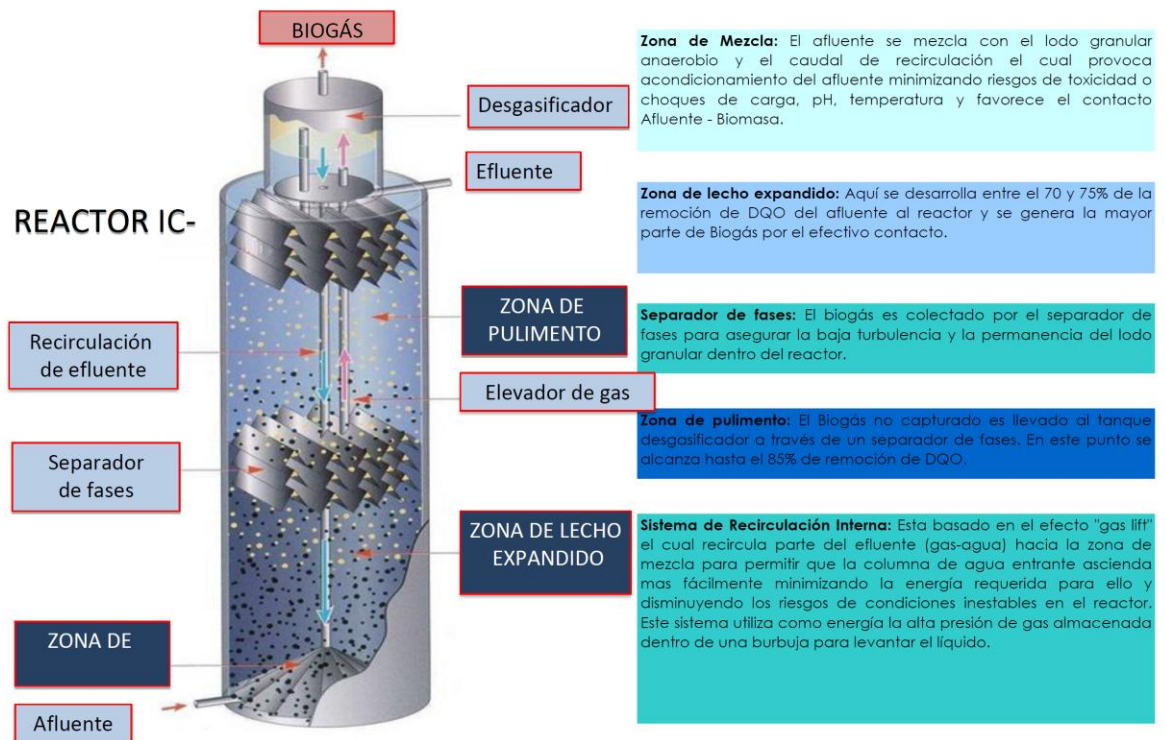
- **Proceso de Acidificación.** En esta unidad ocurre un proceso facultativo en el cual el agua está en un tiempo de retención para que ocurra la formación de ácido acético y los otros ácidos volátiles de cadena corta que constituyen la forma asimilable de la carga orgánica para las bacterias metanogénicas presentes en el reactor. El ácido acético constituye el sustrato a partir del cual proviene el 70% del total del biogás producido. El ácido acético y los otros ácidos orgánicos, junto con el gas carbónico y el hidrógeno molecular son el alimento de las bacterias metanogénicas. De esta manera el agua está lista para ser enviada a los reactores anaerobios.

2.3.3 Tratamiento Secundario

- **Proceso Metanogénico.** Aquí inicia el tratamiento secundario. El reactor IC-UASB contiene el lodo granular responsable de la degradación anaeróbica de la

materia orgánica y una recirculación interna para disminuir los riesgos de choque térmico, de carga y pH del afluente. El agua es alimentada por la base del reactor y entra inmediatamente en contacto con el lodo generándose el biogás correspondiente. Existen dos unidades intermedias donde ocurre la separación de fases gas-líquido. El biogás es desplazado hacia el tanque desgasificador y es transportado hacia los gasómetros, los cuales actúan como colchón de biogás para posteriormente ser utilizados como fuente de energía renovable o para ser quemados en la tea.

Figura 8. Reactor IC UASB



Fuente: Autora

- **Proceso de Oxidación de Sulfuros.** Este tanque posee difusores localizados en su base que suministran el aire necesario para la oxidación, y a su vez trabajan como una unidad adicional de tratamiento aerobio. El agua abandona el tanque de oxidación por rebose.

- **Proceso de Sedimentación y deshidratación de lodos.** El proceso de tratamiento secundario finaliza con el tanque de sedimentación secundaria donde se retienen la mayor parte de los sólidos suspendidos y DQO recalcitrante o no degradable, contenidos en el agua. Los lodos son decantados en el sedimentador a través del barredor de lodos y transportados a un vaso comunicante donde se bombean para deshidratarse y darles su debida disposición final. El agua clarificada es aforada a la canaleta Parshall de salida a través del rebose, cumpliendo con los parámetros exigidos por la legislación Ambiental.

2.4 CARACTERIZACIÓN DE SALIDAS PTAR

2.4.1 Características de vertimientos de Agua residual. La PTAR debe disminuir la carga contaminante del agua (eliminación de sustancias en suspensión, sustancias disueltas y corrección de características fisicoquímicas) del agua, la cual, si no se sometiera a tratamiento afecta directamente la vida acuática y el equilibrio del ecosistema.

Los vertimientos de la PTAR están regulados por el Art. 72 Decreto 1594 de 1986, con modificaciones a través del Decreto 3930 de 2010, el cual expresa los límites permitidos para vertimientos en cuerpos de agua.

El cuerpo receptor es el Río Suratá, el cual también es fuente de abastecimiento de agua para preparar cervezas, maltas y refajos en la compañía Bavaria-Bucaramanga.

El Decreto 1594 de 1984. Usos del agua y residuos líquidos artículo 72 del Capítulo VI de las normas de vertimiento regula todo vertimiento a un cuerpo de agua y dice que deberá cumplir, por lo menos, con las siguientes normas:

Tabla 6. Valores permitidos (Art. 72/ Decreto 1594/85)

Referencia	Valor
pH	5 a 9 unidades
Temperatura	<40°C
Material flotante	Ausente
Grasas y aceites	Remoción >80% en carga
Sólidos suspendidos	Remoción >80% en carga
Demanda bioquímica de oxígeno (DQO)	Remoción >80% en carga

Fuente: Decreto 1594 de 1984. Usos del agua y residuos líquidos artículo 72 del Capítulo VI.

Las características fisicoquímicas de vertimientos de la PTAR están basadas en el informe de caracterización de vertimientos de 2010 y se presentan a continuación:

Tabla 7. Características de vertimiento PTAR

CARACTERÍSTICAS DE VERTIMIENTO DE LA PTAR			
Caudal de aforo (m ³ /h)	62,64	Grasas y aceites (mg/L)	7,1
pH	8,00	Sólidos suspendidos totales (mg/L)	211,5
Sustancias flotantes	Ausente	Sólidos sedimentables (ml/L)	0,35
Temperatura (°C)	33,2	Tensoactivos (mg/L)	2,09
DBO5 Total (mg/L)	334,5	Cloruros (mg/L)	262,4
DQO Total (mg/L)	802	Sulfatos (mg/L)	48,3

Fuente: Informe de caracterización de vertimientos Diciembre2010.

2.4.2 Caracterización de Biogás generado. El biogás es una mezcla de gas metano, dióxido de carbono y algunos otros gases volátiles, resultado de la degradación de la materia orgánica por grupos de microorganismos anaerobios como es el caso de la PTAR. El metano, es el principal componente del biogás, es el que le confiere las características combustibles al mismo. El valor energético del biogás por lo tanto estará determinado por la concentración de metano.

El biogás en su mayor parte se compone de metano (CH₄) entre un 70 - 80%; entre un 20 - 25% de Dióxido de Carbono (CO₂), agua entre un 2-5% y sulfuro de hidrogeno entre un 0,2-0,3%.

La producción de biogás depende de la eficiencia de los reactores anaerobios y la carga orgánica de entrada a la planta expresada en kgDQO/día. Según cálculos estequiométricos 1 Kg. de DQO removida a C.N.P.T.* produce 0.45-0,50 m³ de biogás a C.N.P.T.

La capacidad diseñada de los reactores 1 y 2 es de 93 m³/h de biogás a C.N.P.T. y la del Reactor 3 es de 56,25 m³/h a C.N.P.T. para un total de producción 242,25 m³/h a C.N.P.T.

La producción de Biogás como ya se menciona, está sujeta a la carga removida, ésta a su vez del caudal tratado en los reactores y de la concentración de DQO (mg/L), la producción de Biogás actual para las condiciones actuales de tratamiento (62m³/h de caudal tratado y 4500 mg/L) es de 100 m³/h a C.N.P.T.

* Condiciones Normales de Presión y Temperatura

3. DESARROLLO METODOLÓGICO PARA EL MEJORAMIENTO

3.1 ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN ESTADO INICIAL

3.1.1 Cuestionario de competencias y adopción del rol operador PTAR. El cuestionario de adopción de rol y competencias está basado en la Guía de Competencias exigidas por Bavaria SABMiller para los cargos operativos de cualquier área de la cervecería a nivel nacional. El cuestionario contiene la guía detallada de competencias en las actividades diseñadas para el cargo de Tecnólogo PTAR en las áreas de la operación misma o propia de la labor, calidad del proceso, limpieza y desinfección, mantenimiento, competencias en administración, prácticas complementarias de MCM.

Su objetivo es diagnosticar el nivel de adopción del rol para cada uno de los colaboradores que ocupan este cargo, las brechas de conocimiento entre las exigidas por la filosofía de la compañía y las iniciales, además de evaluar el nivel de implementación de la Manufactura de Clase Mundial en la cultura del trabajo de la PTAR y necesidades de capacitación y sensibilización referente a este tema.

La evaluación se compone de seis grupos de preguntas, operación, calidad, limpieza, mantenimiento, administración y prácticas complementarias de MCM. A nivel macro, las actividades mencionadas en el cuestionario se califican como 1 (uno) si existe evidencia de que ya fue adoptada por el funcionario y 0 (cero) si lo ha hecho en parte o no lo ha hecho, la calificación de adopción del rol finalmente es el resultado de la cantidad de respuestas positivas (1) del total de preguntas, expresando el resultado en porcentaje. Así las actividades macro de cada grupo califican la adopción del rol en la operación. Ver Tabla 8.

Consecuentemente para desarrollar las actividades diseñadas dentro de la operación son necesarias las competencias e instrucciones precisas que permitan

su desarrollo, por ello cada actividad de cada grupo se amplía a través de instrucciones específicas y referencia las competencias requeridas para su desarrollo en el trabajo. Como ejemplo tenemos las competencias para parada de equipos en la Tabla 9. El colaborador es competente cuando responde positivamente (1) al 80% o más de los ítems de cada una de las actividades macro en cada grupo de preguntas.

Se detecta a través de esta evaluación que los operadores evaluados tienen alta puntuación en el grupo de actividades “OPERACIÓN” actividades propias de la labor, comprenden la “CALIDAD” final requerida y regulada por la ley y adoptan la importancia de actividades de “LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN” necesarias en el proceso. Como panorama inicial se encuentra que las actividades referentes a estos tópicos están arraigadas en cierto grado en los operadores y consecuentemente en la operación.

Los puntos débiles del cuestionario son: el mantenimiento, las prácticas complementarias de MCM y actividades administrativas y de soporte. El mantenimiento se desarrolla totalmente por el área de mantenimiento, no existe una participación en ninguna estancia del mantenimiento operativo, no existe participación en actividades de entrenamiento, inspección, limpieza y lubricación. Las prácticas complementarias de MCM como lo son 5s, seguridad, gestión ambiental, solución de problemas, trabajo en equipo y gestión visual del desempeño no están presentes en la operación.

Se detecta que no se tiene conocimiento de producción esbelta, la competencia alcanza únicamente aspectos básicos de la operatividad y requiere capacitación y entrenamiento en los aspectos estratégicos y de mejora, lo cual se ratifica a través de la observación de la operación. El compilado de todos los resultados se muestran en la Tabla 10, Gráficos 2 y 3.

Tabla 8. Cuestionario Competencias y Adopción del rol diseñado para el cargo Tecnólogo PTAR

Operario de Procesos		ROL [1] Lo hace [0] No lo hace	Checklist de competencias	COMPETENCIAS [>= 80%] Competente [< 80%] No competente	
Tema	Responsabilidad	Nombre		Nombre	
Operación			100%		100,0%
Operación de equipos	Aplicar los procedimientos de alistamiento y arranque de equipos.	1	<u>O-CL1</u>	100,0%	1
	Ejecutar los procedimientos de operación de equipos.	1	<u>O-CL2</u>	100,0%	1
	Llevar a cabo los procedimientos de parada de equipos.	1	<u>O-CL3</u>	100,0%	1
Gestión de recursos	Verificar la existencia y utilizar óptimamente las materias primas, reactivos de laboratorio e insumos.	1	<u>O-CL4</u>	100,0%	1
Calidad		100,0%		100,0%	Competente
Aseguramiento de Calidad	Monitorear y controlar la calidad del producto / proceso de acuerdo con los instructivos de las Técnicas para análisis Físicoquímicos y Biológicos.	1	<u>C-CL1</u>	100,0%	1
	Identificar y controlar el estado del agua efluente, incluyendo producto no conforme.	1	<u>C-CL2</u>	100,0%	1
	Evaluar los parámetro de calidad del proceso, con alta confiabilidad de los resultados (calidad de la materia prima, calidad de equipos de medición)	1	<u>C-CL3</u>	100,0%	1
Medición y control	Registrar los resultados de las variables que controla (planillas, software, gráficos control) y genera las acciones que correspondan.	1	<u>C-CL4</u>	100,0%	1
Mantenimiento		100,0%		100,0%	Competente
Mantenimiento Autónomo	Realizar tareas de limpieza incluyendo ejercicios de limpieza profunda.	1	<u>M-CL1</u>	100,0%	1
	Aplicar el procedimiento de lubricación con los mapas; realiza lubricación del equipo, teniendo en cuenta los requerimientos de los estándares de lubricación y lo establecido en los procedimientos estandarizados.	1	<u>M-CL2</u>	100,0%	1

Operario de Procesos		ROL [1] Lo hace [0] No lo hace	Checklist de competencias	COMPETENCIAS [>= 80%] Competente [< 80%] No competente	
Tema	Responsabilidad	Nombre		Nombre	
Operación			100%		100,0%
	Realizar rutas de inspección operativa durante la operación de la planta y durante los mantenimientos y reporta los hallazgos de forma adecuada en los formatos dispuestos para este fin.	1	<u>M-CL3</u>	100,0%	1
	Identificar las causas y realizar soluciones rápidas de averías que ocurren dentro de la operación, sin acompañamiento del personal de mantenimiento.	1	<u>M-CL4</u>	100,0%	1
	Realizar mediciones y evaluaciones funcionales de dispositivos, componentes, sistemas o de la mismo equipamiento apoyado en instrumentos y/o equipos (predictivo básico).	1	<u>M-CL5</u>	100,0%	1
	Realizar ajustes necesarios al equipamiento después de un arranque, una parada por falla o un mantenimiento especializado, para garantizar el correcto funcionamiento de las mismas, sin acompañamiento del personal de mantenimiento.	0	<u>M-CL6</u>	100,0%	1
	Realiza reparaciones menores de rutina al equipo, componentes de reemplazo rutinario.	0	<u>M-CL7</u>	100,0%	1
Mantenimiento Especializado	Participa como apoyo y realiza algunas actividades en los mantenimientos especializados de reparación o reemplazo de piezas o de componentes que requieren conocimiento o entrenamiento especial. (Ventanas de Mantenimiento).	1	<u>M-CL8</u>	100,0%	1
Limpieza y desinfección		100,0%		100,0%	Competente
Operación Manual	Realizar las operaciones de limpieza siguiendo los estándares definidos (manejo correcto de insumos, condiciones de temperatura, presión, normas de seguridad,..etc.)	1	<u>L-CL1</u>	100,0%	1

Operario de Procesos		ROL [1] Lo hace [0] No lo hace	Checklist de competencias	COMPETENCIAS [>= 80%] Competente [< 80%] No competente	
Tema	Responsabilidad	Nombre		Nombre	
Operación			100%		100,0%
WCM (Prácticas Complementarias)		100,0%		100,0%	Competente
5s	Implementar y mantener las 5s en su puesto/área de trabajo.	1	<u>W-CL1</u>	100,0%	1
Seguridad Industrial	Implementa y mantiene prácticas seguras para el desarrollo del proceso y su cuidado personal	1	<u>W-CL2</u>	100,0%	1
Solución de problemas	Aplicar el procedimiento de mejoramiento y solución de problemas, según aplique.	1	<u>W-CL3</u>	100,0%	1
Gestión Ambiental	Aplicar e implementar los procedimientos de gestión ambiental (incidentes/accidentes ambientales, gestión de residuos, impacto...etc.).	1	<u>W-CL4</u>	100,0%	1
Trabajo en equipo	Aplicar e implementar prácticas de comunicación y trabajo en equipo.	1	<u>W-CL5</u>	100,0%	1
Gestión Visual del desempeño	Aplicar e implementar prácticas de gestión visual y control de desempeño	1	<u>W-CL6</u>	100,0%	1
Administración y soporte		100,0%		100,0%	Competente
Gestión del conocimiento	Documentar lo aprendido en los procesos u operaciones y asegurar la difusión a su equipo de trabajo (usando LUP, lecciones aprendidas, etc.).	1	<u>AD-CL1</u>	100,0%	1
Conocimiento del Proceso	Demuestra una comprensión del proceso, principios y técnicas de manufactura en la cadena de valor e identifica las mejores prácticas para transformar la organización en una organización de clase mundial.	1	<u>AD-CL2</u>	100,0%	1
Liderazgo	Detectar oportunidades de desarrollo en cualquier tema que afecte su trabajo (entorno, maquinaria, etc.) y reportarlas al jefe	1	<u>AD-CL3</u>	100,0%	1

Operario de Procesos		ROL [1] Lo hace [0] No lo hace	Checklist de competencias	COMPETENCIAS [>= 80%] Competente [< 80%] No competente	
Tema	Responsabilidad	Nombre		Nombre	
Operación			100%		100,0%
	inmediato. Gestionar su autodesarrollo.				
	Ejecutar los procesos de gestión del desempeño (metas, OoO ó OtoMany, PR, etc.).	1	<u>AD-CL4</u>	100,0%	1

Fuente: BAVARIA S.A. Cuestionario de Adopción de rol y Competencias operación PTAR.

Tabla 9. Ejemplo grupo de competencias O-CL3 relacionadas con la OPERACIÓN

LLEVAR A CABO LOS PROCEDIMIENTOS DE PARADA DE EQUIPOS		COMPETENCIAS [1] Competente [0] No competente
O-CL3	ASPECTO	TATIANA CARRILLO
	El operario tiene claro en qué momento debe hacer parada. Ejemplo: Luego de una situación de intoxicación del lodo, cuando se inocula lodo nuevo de otras plantas, paradas parciales.	1
	Aplica de manera rigurosa el procedimiento de Parada de planta.	1
	Asegura el estado de los equipos después de la parada	1
	Actúa correctamente ante una parada de emergencia (conoce qué debe hacer, qué procedimiento debe seguir, qué variables debe controlar)	1
TOTAL DESARROLLO COMPETENCIA	100%	<u>Operario de Procesos!A1</u>

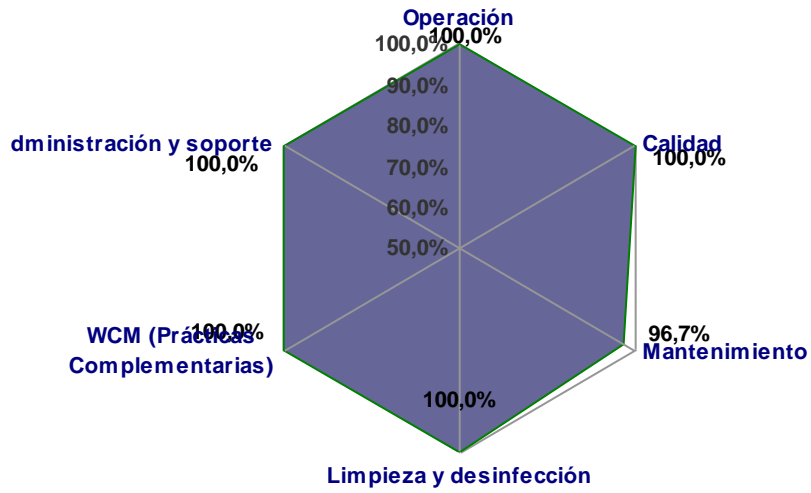
Fuente: BAVARIA S.A. Cuestionario de Adopción de rol y Competencias operación PTAR.

Tabla 10. Resultados Cuestionario de Competencias y Adopción del Rol aplicado en la PTAR

Tema	Adopción del rol	% de competencia	Competente o No competente
Operación	100,0%	98,1%	Competente
Calidad	100,0%	91,7%	Competente
Mantenimiento	96,7%	75,1%	No competente
Limpieza y desinfección	100,0%	100,0%	Competente
WCM (Prácticas Complementarias)	100,0%	86,9%	Competente
Administración y soporte	100,0%	78,3%	No competente

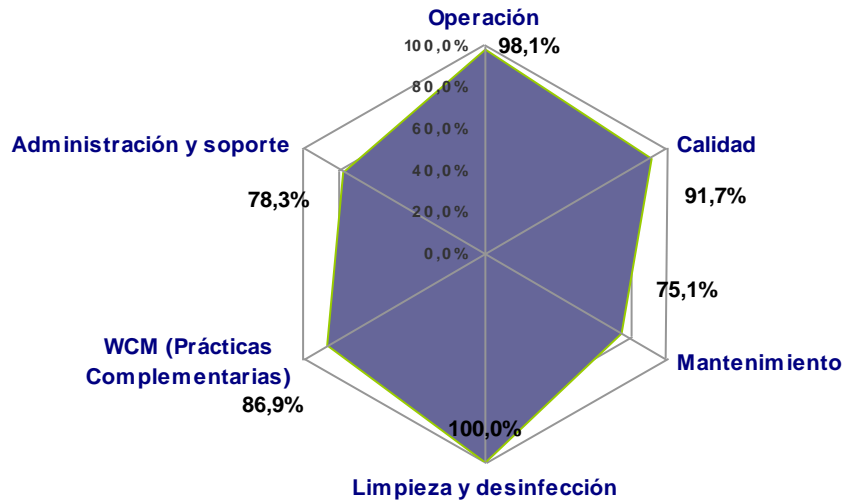
Fuente: BAVARIA S.A. Cuestionario de Adopción de rol y Competencias operación PTAR.

Gráfico 2. Porcentaje de Adopción del rol en el Cuestionario Bavaria S.A



Fuente: Autora

Gráfico 3. Porcentaje de Competencia Cuestionario Bavaria S.A



Fuente: Autora

3.1.2 Análisis de riesgos. El análisis de riesgos basado en la matriz de riesgos HSEQ del área, permite enfocar el proceso productivo hacia la generación de estándares con enfoque de gestión del riesgo. La autora del proyecto se acoge a

la metodología de Bavaria para calificación de riesgos y el desarrollo de la matriz, ver Tablas 11, 12 y 13.

Tabla 11. Valoración para Consecuencia y Probabilidad criterio 1 y 2. Matriz de Riesgos Bavaria

Valor consecuencia		Valor probabilidad			
Valor	Calificación	Frecuencia (Criterio 1)		Detección (Criterio 2)	
1	Leve	1	Improbable	1	Se cumplen el 100% de controles
2	Baja	2	Remoto	2	Se cumple los controles entre $80% < x < 100%$
3	Moderada	3	Ocasional	3	Se cumple los controles entre $60% < x < 80%$
4	Alta	4	Probable	4	Se cumple los controles entre $20% < x < 40%$
5	Severa	5	Muy probable	5	Se cumple menos del 20% de los controles

Fuente: Instructivo Gestión del Riesgo Bavaria SABMiller

Tabla 12. Valoración probabilidad cruce de criterio 1 y 2 Metodología calificación de riesgo Bavaria

Valoración de la probabilidad de ocurrencia					
Muy probable / Muy Alta	3	4	5	5	5
Probable/Alta	3	4	5	5	5
Ocasional/Media	2	3	4	4	5
Remoto/Baja	1	2	3	3	3
Improbable/Muy baja	1	2	2	3	3
	Se cumplen al 100% los controles	Se cumple el 80% de los controles	Se cumple el 60% de los controles	Se cumple el 40% de los controles	Se cumple menos del 20% de los controles
	Improbable	Remota	Ocasional	Probable	Muy Prob.

Fuente: Instructivo Gestión del Riesgo Bavaria SABMiller

Tabla 13. Matriz para calificación de Riesgos. Matriz de riesgos Bavaria

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA						
Muy Probable	5	5	10	15	20	25
Probable	4	4	8	12	16	20
Ocasional	3	3	6	9	12	15
Remoto	2	2	4	6	8	10
Improbable	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Leve	Menor	Moderada	Mayor	Severa
		CONSECUENCIA				

Fuente: Instructivo Gestión del Riesgo Bavaria SABMiller

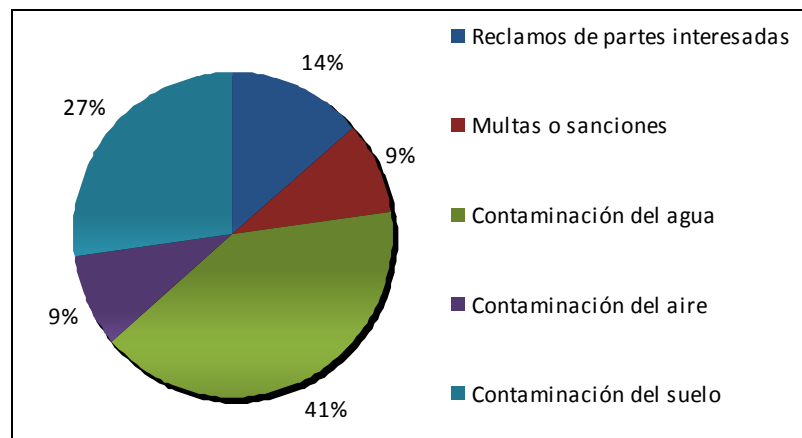
- **Análisis ambiental***. El 41% de los riesgos identificados se relacionan con la contaminación del agua, el 27% con la contaminación del suelo en la PTAR y el 14% con reclamos de las partes interesadas, es decir la mala operatividad del proceso de tratamiento de agua generara impacto directo en los recursos naturales, la contaminación del agua, la contaminación del suelo por verter agua sin tratar sobre el suelo y consecuencia de ello reclamos de la comunidad y mala imagen para la compañía. El porcentaje restante de riesgos identificados se relacionan con contaminación del aire y multas o sanciones por parte de entidades reguladoras como la CDMB. Encontramos el resumen de los riesgos y aspectos ambientales en los Gráficos 4 y 5.

Los aspectos potenciadores del riesgo ambiental en su mayoría se presentan por generación de residuos y por generación de vertimientos. Los procedimientos de la PTAR se enfocan en evitar que se presenten estos aspectos ambientales; sin embargo en algunas situaciones son aceptados dado que son necesarios dentro del proceso, un ejemplo de esto es el procedimiento de deshidratación de lodos aerobios.

* El análisis ambiental basado en la matriz de riesgos HSEQ del área a través de la metodología descrita en el instructivo de gestión del riesgo de la compañía Bavaria S.A.

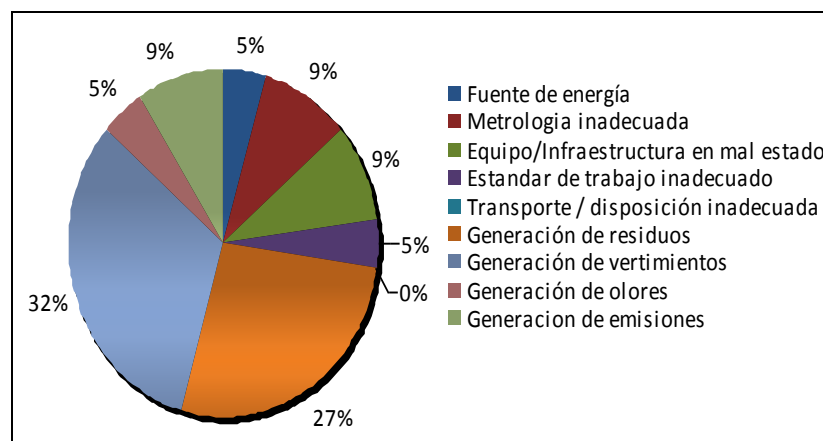
Aquellos riesgos descritos se califican como riesgo alto, medio y bajo, el Gráfico 6 muestra el resumen de la calificación de los riesgos identificados para el área. Entre los riesgos ambientales altos y medios y los aspectos que los generan, encontramos: Contaminación de agua por vertimientos (se puede presentar por: reboses, derrames, fallos en bombas, obstrucción del tamiz, taponamiento de ductos y estándar de trabajo inadecuado), incumplimiento de normas por metrología inadecuada, Contaminación de aire por generación de emisiones de la combustión de Biogás.

Gráfico 4. Riesgos Ambientales identificados PTAR



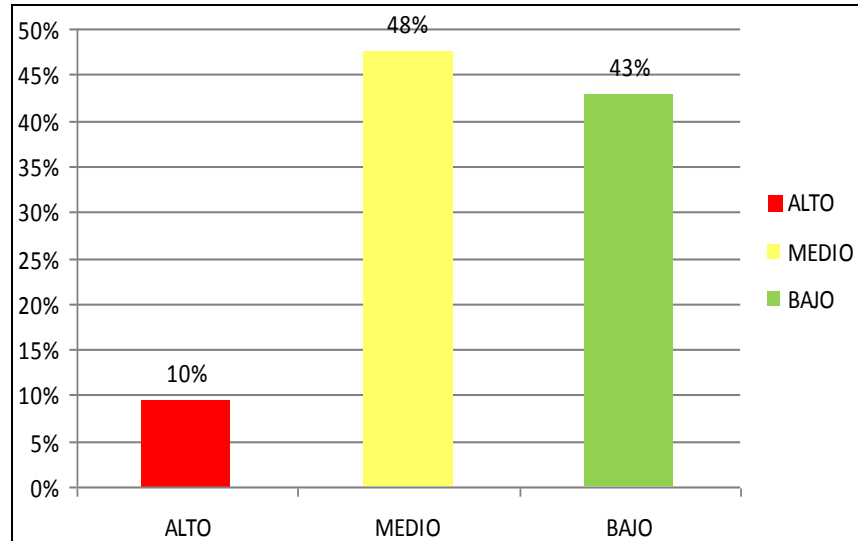
Fuente: Autora

Gráfico 5. Aspectos ambientales PTAR



Fuente: Autora

Gráfico 6. Resumen de calificación de riesgos identificados PTAR



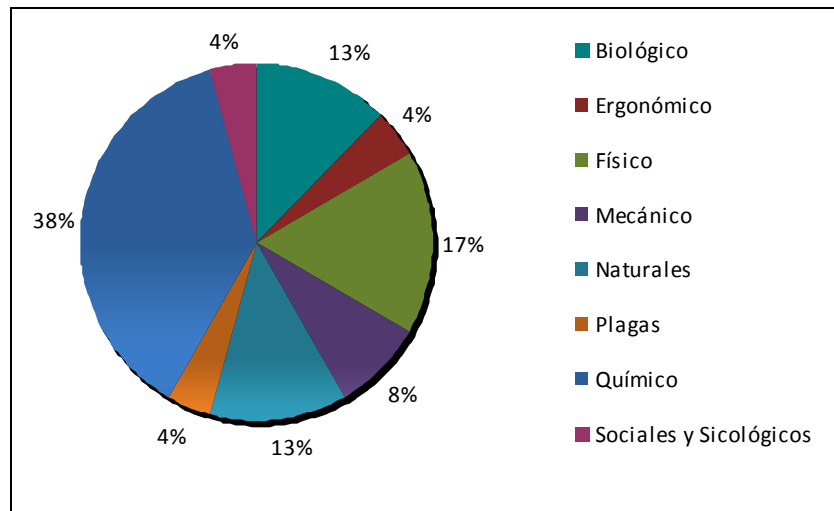
Fuente: Autora

- **Análisis de Seguridad.** El 38% de los riesgos de seguridad presentes en la operación, son riesgos químicos se presentan por salpicaduras, quemaduras, intoxicaciones agudas, manipulación de residuos industriales en general por derrame y exposición de sustancias alcalinas y ácidas, el 17% de los riesgos son riesgos físicos ocasionados por contusión o golpes, trauma, contacto con vidrio, hipoacusia, todos ellos presentes en actividades de manipulación e inspección de las máquinas y sus controles, y por último el 13% son riesgos biológicos, pues es evidente debido a la tecnología que maneja la PTAR, por manipulación de residuos industriales.

Se presenta seguridad en la operación, hay buenos controles para detectar situaciones de riesgos por ello en su mayoría los riesgos identificados son calificados como riesgos bajos, los riesgos altos corresponden a riesgos químicos, debido a la falencia en prevención de derrames y exposición a sustancias alcalinas y ácidas, los riesgos químicos por almacenamiento inadecuado de sustancias químicas y riesgos físicos por presencia de condiciones que aumenta la probabilidad de caídas, golpes y ausencia de capacitación para la manipulación

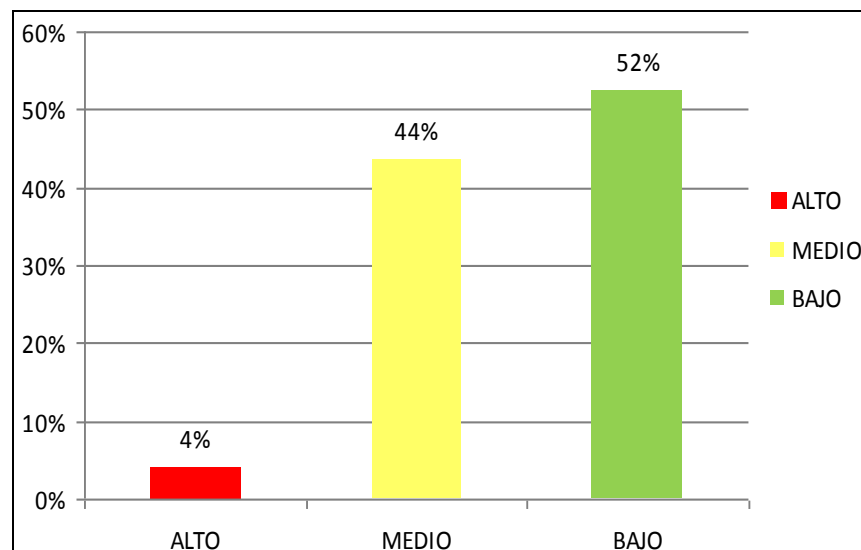
de equipos mecánicos. El resumen de la calificación de los riesgos de seguridad se presenta en los Gráficos 7 y 8.

Gráfico 7. Riesgos de Seguridad y Salud Ocupacional PTAR



Fuente: Autora

Gráfico 8. Resumen Calificación de riesgo de seguridad PTAR



Fuente: Autora

3.2 KAIZEN

3.2.1 Plan de acción para el mejoramiento. Con el conocimiento profundo de la operación de la PTAR dado a través del diagnóstico, se definieron puntos claves que aseguran el mejoramiento y el cumplimiento del objetivo. Se desarrolló el proceso de mejoramiento siempre teniendo presente los puntos con falencias encontrados en el diagnóstico. Se elaboró un plan de acción con el objetivo de enfocar el manual de operación conformado hacia cerrar las brechas de conocimiento detectadas en la evaluación de competencias y hacia la mitigación de los riesgos ambientales y de seguridad. En la siguiente lista se presenta el resumen de la acción tomada para el cierre de brechas de conocimiento y para control del riesgo a través del estándar.

Tabla 14. Plan de Acción

PRÁCTICA MCM	ACCIÓN
1. 5s	<ul style="list-style-type: none">• Sensibilización y capacitación en 5s• Desarrollo de jornada de despeje• Taller para definir estándares y desarrollo de estándar de espacio de trabajo. Conformación de las responsabilidades 5s y mapa de 5s y en asignación de zonas.• Implementación del tablero de actividad 5s• Introducción de las auditorías de turno• Estandarización y validación del estándar SOP 10 Diseño del espacio de trabajo.
2. Solución de problemas	<ul style="list-style-type: none">• Sensibilización y capacitación en solución de problemas• Taller de solución de problemas• Diseño, validación del estándar para solución de problemas situacionales, SOP 18.

PRÁCTICA MCM	ACCIÓN
3. Medición visual del desempeño	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de KPI* • Implementación de tableros de medición desempeño de una forma visual • Marcación in situ (válvulas, manómetros). • Diseño y validación del estándar de indicadores claves de desempeño KPI, SOP 3, indicadores de medición visual, SOP 5, SOP 8.
4. Seguridad y Medio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibilización y capacitación en seguridad. • Desarrollo de estándares de seguridad en las operación y específicamente en cada instructivo, SOP 11 y en general todo la SOP. • Inspección de seguridad industrial para adecuación de condiciones de riesgo.
5. Trabajo en equipo	<ul style="list-style-type: none"> • Se trabajó este principio como base para la implementación de los demás, ver numeral 3.2.2.1.
6. Liderazgo y gestión del cambio	<ul style="list-style-type: none"> • Se trabajó este principio como base para el cumplimiento de los objetivos del proyecto, ver numeral 3.2.2.2.1.
7. Calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Taller para evaluación de los límites de control de parámetros de cartas de control. • Desarrollo y validación de estándares para la calidad de vertimientos, SOP 8, SOP19, SOP20, SOP 21.
8. Mantenimiento autónomo	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibilización y capacitación en mantenimiento. • Desarrollo de matriz de mantenimiento (Mantenimiento autónomo y especializado) para el equipo de planta. • Estandarización de rutas de limpieza profunda e inspección. • Diseño y validación de instrucciones de mantenimiento, SOP 16.

Fuente: Autora

* KPI representa la sigla en ingles de *Key Performance Indicators*

Tabla 15. Riesgos y plan de acción

RIESGO	ACCIÓN
1. Contaminación de agua por vertimientos (fallos en bombas, tamiz obstrucción, taponamiento de ductos y por estándar de trabajo inadecuado)	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de estándares de mantenimiento junto con sensibilización y capacitación en los instructivos, SOP 16 • Desarrollo de instrucciones de operación, enfocadas hacia la inspección diaria, SOP13. • Implementación de prácticas de comunicación y trabajo en equipo.
2. Contaminación de agua por vertimientos (reboses, derrames) y por fallos en controles de los parámetros(T, pH, AGV, DQO)	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de la guía de optimización • Desarrollo de estándares de diseño, capacidades, conceptos básicos para el manejo de la planta, SOP 1, SOP2, SOP3. • Desarrollo de estándares de instrucciones de operación, arranque y parada de la planta, SOP 12, SOP 13, SOP14. • Desarrollo de estándares de solución de problemas SOP18. • Implementación de controles visuales del desempeño para el monitoreo y medición.
3. Contaminación de aire por generación de emisiones de la combustión de Biogás.	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de estándar de producción de biogás (No desperdicio). • Guía de optimización.
4. Contaminación del suelo por generación de residuos.	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de estándar para el control de producción de lodos aerobios. SOP 13.
5. Riesgos químicos, físicos y biológicos	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de acción contemplado como principio de MCM, ver ítem 4. Seguridad y medio ambiente.

Fuente: Autora

3.2.2 Estandarización de operación a través de las SOPs

3.2.2.1 Formación del equipo. El trabajo en equipo es un elemento fundamental para la Manufactura de Clase Mundial. Para la visión de la compañía el equipo se refiere a un par de personas o más (operadores) con metas en común (Indicadores claves de desempeño) que junto con el líder de equipo trabajan para lograr cumplimiento de metas, a pesar de que la composición de equipo cambiará de situación en situación, normalmente consistirá en los operadores y los líderes de equipo que serán ingenieros de Bavaria que apoyarán el proceso. La conformación del equipo permitió debatir, estudiar y acordar el estándar de manera que fuera la mejor forma de hacerlo. En primera instancia se le dio un nombre al equipo, "EQUIPO H₂O".

La adecuación de un lugar de reuniones donde se diera el espacio propicio para generar la participación, fue uno de los principales logros alcanzados dentro del desarrollo de este proyecto. Se encontró que existían dos cuartos en el área que se utilizaban como almacenes de objetos inservibles y que no estaban siendo empleados para una actividad que generara valor. Se dispuso el lugar despejando y reubicando los objetos almacenados e innecesarios que se encontraban en esta área; se adecuó el piso, paredes puertas y ventanales en un ejercicio de mantenimiento locativo de pintura paredes, pulida de piso, cambio de ventanales y puerta, entre otras; además se amobló con la mesa y las sillas para las reuniones.

Este cuarto se inauguró como "CUARTO DE MCM", de la inauguración en adelante el cuarto fue el lugar para reuniones del equipo en el ejercicio de estandarización; fueron allí dispuestos también los tableros de actividad y de indicadores. Las siguientes imágenes muestran el registro en el ejercicio de adecuación del lugar durante el proyecto:

Figura 9. Área adaptada para reuniones “CUARTO MCM”



Fuente: Autora

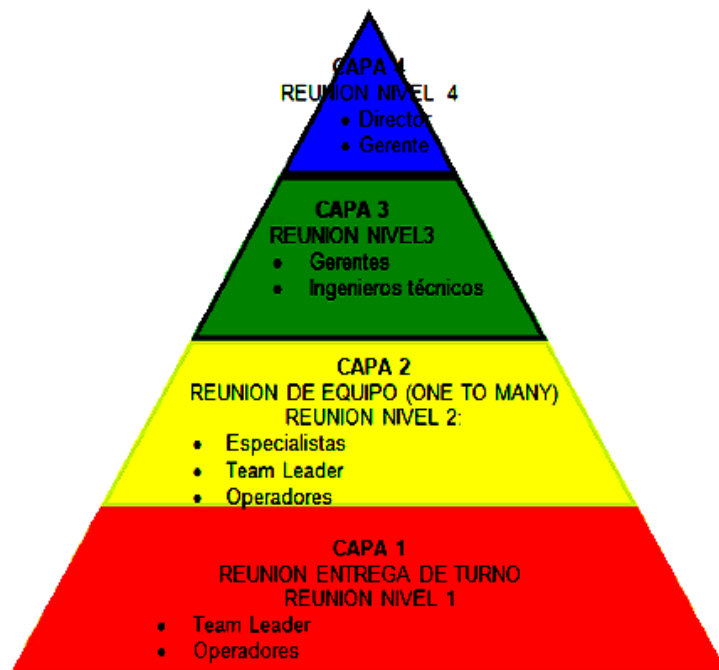
Se determinaron los tipos de reuniones que se llevarían a cabo en el equipo, siendo la capa 1 y 2 las que involucran al personal operativo. En la figura 10 se muestra la jerarquía de reuniones estándar de Bavaria y por ende del área objeto del proyecto. Se definió el estándar de la reunión de entrega de turno, reuniones nivel 1, se determinó el objetivo, la importancia, la agenda, los participantes y el tiempo estimado para el desarrollo de la misma.

Dentro de esta capa también se encuentra la reunión nivel 1, la cual se desarrolla diariamente después de la entrega de turno, a esta reunión asisten los operadores del turno que reciben y el líder de equipo, para efectos del proyecto como se

menciona anteriormente el equipo cambió de situación en situación dado que los expertos que dirigen la reunión cambiaron de acuerdo al tema que se estuviera tratando. Esta reunión se desarrolló una vez por semana. El numeral 3.2.4.1 menciona los ingenieros que apoyaron el proceso y que en su momento formaron parte del equipo como líderes de equipo, para entrenamiento y para validación del estándar.

En el segundo nivel de reuniones, se encuentra la reunión de equipo ó llamada también ONE TO MANY (una vez por mes), para esta reunión se define su objetivo, la importancia, la agenda, el formulario de asistencia de los participantes, tiempo estimado de duración y el formato de planes de acción emprendidos en esta reunión. Las capas 3 y 4 de la jerarquía de reuniones se desarrollan por la gerencia media y la dirección de la compañía por ello no se entra en detalle en el estándar sobre estas reuniones, solo se mencionan.

Figura 10. Capa de reuniones estándar Bavaria.



Fuente: Autora

Se implementa entonces el estándar de la capa 1 y 2 de la jerarquía de reuniones, buscando evaluarlo y adecuarlo de acuerdo al consenso del equipo.

Se lleva a cabo la primera reunión ONE TO MANY, junto con el líder de equipo el ingeniero Gonzalo Ardila, con el cual se revisa la agenda de reunión y las indicaciones para desarrollo de la misma, se revisan los indicadores foco de revisión mensual y se abre acta de reunión donde se documenta el consenso al que se llega, el horario de asistencia de todos los participantes. En este caso los tres turnos deben asistir a la reunión una vez por mes.

Figura 11. Primera Reunión One to many



Fuente: Autora

Se documenta el estándar y se conforma el capítulo 7 de la SOP referente a procedimientos administrativos. Ver Anexo A.

3.2.2.2 Implementación de las mejores prácticas

- **Liderazgo y gestión del cambio.** Para la efectividad del proyecto, los involucrados debían estar conscientes de la importancia de su participación en las actividades de mejora y en el desarrollo de los estándares.

A través de la sensibilización, capacitación y acompañamiento en el proceso de implementación por parte de los líderes de la cervecería en el tema que les competía, se logró enfocar a todos los participantes hacia el objetivo del proyecto.

Los ingenieros apoyaron la gestión del cambio transmitiendo sus experiencias en las capacitaciones programadas, la Tabla 16 muestra los responsables en cada tema, que apoyaron la gestión del cambio en este proceso de implementación y desarrollo de las SOP's. Los listados de asistencia a las capacitaciones y talleres desarrollados se encuentran en el Anexo B.

Tabla 16. Entrenadores en el proceso de capacitación.

COMPETENCIA		Operativo	Calidad	Mantenimiento	Limpieza	Prácticas complementarias (5s, medición visual del desempeño, mejora enfocada)
Operador PTAR		X	X	X	X	X
Ing. Mauricio Díaz	Maestro Cervecerero	X				
Ing. Álvaro Cardona	Gerente Calidad		X			
Ing. Carlos Mora	Gerente Gestión de Activos			X		
Ing. Gonzalo Ardila	Ingeniero División de ingeniería				X	
Ing. Carlos Gómez	Gerente MCM					X

Fuente: Autora

Como punto de partida se desarrolló la presentación del alcance del programa de cambio, las razones del cambio, descripción del cambio y metas del cambio, sintetizadas en un plan de mejoramiento para la implementación de principios de MCM y el desarrollo de estándares. La planificación de las actividades para el mejoramiento permitió mostrar el camino hacia el objetivo y la forma como se iba a llegar a él, los involucrados contaron de esta forma con la idea clara de lo que se quería lograr.

La comunicación es un tema que apoya el proceso de cambio; la comunicación hacia los operadores se trabajó a través de correos electrónicos, carteleras informativas de los eventos que se iban ejecutando, a través de la publicación en

los tableros conformados en el cuarto de MCM y a través de canales informales cara a cara en el trabajo diario.

Para que fuera aún más efectiva la participación de los operadores se desarrolló el taller de creación del equipo, y designación de los operadores para líderes de los pilares de MCM.

Figura 12. Capacitación introducción MCM.



Fuente: Autora

Figura 13. Taller de creación de equipo



Fuente: Autora

Este taller de creación del equipo, tuvo como foco conformar una fuerza de trabajo liderada por cada uno de los operadores en la práctica que mejor manejaba cada uno. La función como líderes, era promover la implementación y la sostenibilidad de la práctica de manufactura y apoyar a la autora del proyecto en las actividades planificadas.

Figura 14. Cartelera Líderes de Prácticas Equipo H₂O



Fuente: Autora

- **Implementación de prácticas complementarias**

- **5s.** El proceso de implementación de la filosofía 5s, en la operación de la PTAR, definió el estándar de orden y aseo de espacio de trabajo para esta área.

El tema de 5s es uno de los más importantes dentro de la filosofía de la compañía, según Takashi Osada en su libro “Las 5s`s: cinco claves para un ambiente de

calidad total”⁵, el área que puede mantener 5s puede hacer cualquier cosa, la empresa que ni siquiera puede implementar las 5s básicas, no será capaz de hacer ninguna de las otras cosas que se requieran para que la organización sea competitiva. El tema de 5s en la cervecería está arraigado a la cultura de trabajo, es una de las metas de desempeño y es un aspecto de revisión en cualquier auditoría a todo nivel, desde las auditorías del presidente de la compañía hacia abajo. Por esta razón la implementación de los principios de MCM en esta área comenzó por las 5s.

La metodología empleada para el desarrollo de esta práctica y para determinar los estándares de orden y aseo del espacio de trabajo sigue la línea lógica impresa en la misma filosofía: SELECCIONAR, SIMPLIFICAR, SABER LIMPIAR, ESTANDARIZAR Y SOSTENER.

Se inicia con la sensibilización llamada “5s Sentido de Urgencia”.

Figura 15. Sensibilización y capacitación 5s



Fuente: Autora

⁵ OSADA, Takashi. Las 5s`s: Cinco claves para un ambiente de calidad total. 1991.

▪ **Seleccionar, simplificar y saber limpiar.** La jornada nombrada “jornada despeje”, se planeó y ejecutó con los operadores de la PTAR, los asistentes a esta jornada separaron los instrumentos, utensilios, máquinas, objetos necesarios de los innecesarios dentro del espacio de trabajo, fueron identificados objetos almacenados que no debían estar en el lugar donde se encontraban, se rotularon y se les dio tratamiento para su disposición o reubicación. El alcance de la jornada despeje cubrió el área de planta, laboratorio, cuartos próximos al laboratorio usados para almacenamiento, y la selección incluyó archivos electrónicos, archivos físicos, instrumentación de laboratorio, gabinetes de almacenamiento y todo lo que se encontraba en las áreas mencionadas. En las siguientes imágenes vemos algunos objetos rotulados para su reubicación, entre ellos encontramos material de laboratorio almacenado en gabinetes de uso frecuente, reactivos y químicos en malas condiciones de almacenamiento entre otras.

Figura 16. Objetos innecesarios etiquetados para su reubicación



Fuente: Autora

Con la selección de los objetos innecesarios, se logró que las cosas necesarias se encontraran debidamente separadas en los lugares designados y que por ejemplo los archivos o carpetas se encontraran simples para su consulta.

Para el ejercicio de limpieza previamente se gestionaron los recursos, con el área de *utilities*: escobas, cepillos, detergentes y otros necesarios. En el ejercicio de limpieza se determinó cuáles insumos de limpieza eran los más apropiados para preservar por más tiempo la limpieza, se detectaron fuentes de contaminación que debían ser eliminadas y necesidades de mantenimiento de cuartos que no tenían buen aspecto.

Figura 17. Mejoras en 5s por la asignación de recursos para utensilios de aseo y para el mantenimiento locativos en el área



Fuente: Autora

La gestión para la eliminación de fuentes de contaminación y el mantenimiento de las áreas en deterioro permitió conformar un estado ideal o estándar, que fue aprobado por los miembros del equipo. El antes y el después el cual es una herramienta de motivación en el proceso, era publicado en la cartelera de actividad 5s en el cuarto MCM v. Figura 19, cada vez que se tenía una mejora en 5s. Algunos antes y después son mostrados con las siguientes fotografías:

Figura 18. Antes y después de estándares 5s e implementación en el área.



Fuente: Autora

Figura 19. Tablero de actividad 5s. Publicación antes y después del inicio de la implementación de la práctica.



Fuente: Autora

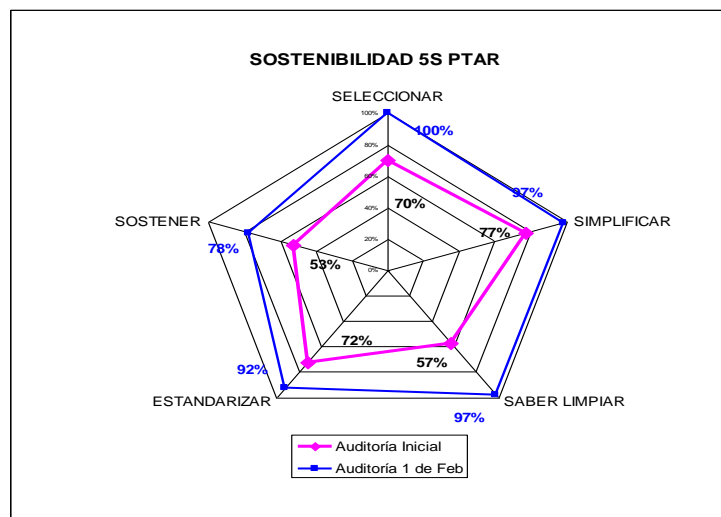
- **Estandarizar.** Se documenta paralelamente a través de fotografías el estándar de las diferentes zonas definidas por el equipo como las zonas 5s. Se definieron entonces en el ejercicio de limpieza los estándares de orden y aseo del espacio de trabajo, se conformó el mapa 5s, las responsabilidades 5s, las actividades de limpieza y el capítulo 11 de la SOP diseño del espacio de trabajo. Ver Anexo A.
- **Sostener.** Para mantener el estándar y generar la cultura de 5s era necesario diseñar un sistema de auditoría, a nivel turno y a nivel gerencial.

Se ponen en práctica las actividades de limpieza estándar y las responsabilidades de la limpieza de las zonas descritas por el estándar y se evaluó la sostenibilidad en el tiempo desarrollando recorridos periódicos por parte de la gerencia media. La lista de chequeo para la evaluación de 5s a nivel gerencial hace parte del manual de operación resultado de este proyecto como anexo al mismo v. Figura 20.

Para la tercera y última auditoría que contempló este proyecto el porcentaje de cumplimiento y de mejora de 5s en todas las zonas auditadas fue el mostrado en el Gráfico 9.

La sostenibilidad no solo dependía del compromiso grupal sino también del individual por ello se implementa la auditoría turno a turno. Esta auditoría es una hoja de cálculo automática como lo muestra la Ilustración 2, compara el estándar con la condición y evalúa si el turno que recibe, recibió conforme al estándar y a la responsabilidad, calculando el porcentaje de cumplimiento en 5s turno a turno.

Gráfico 9. Avance auditorías 5s programadas nivel gerencial



Fuente: Autora

Figura 20. Visualización de la auditoría 5s turno-turno



Fuente: Autora

- **Medición Visual de desempeño.** La implementación de la medición visual del desempeño en la operación permitió mostrar información clave en el sitio de trabajo, a fin de que se entendiera la situación y se pudiera tomar decisiones informadas en base de datos y hechos, situación que no se daba. Se definieron los indicadores clave de desempeño, se implementaron los tableros visuales de control para vigilar el comportamiento de estos parámetros y para propiciar la detección de problemas y la respuesta rápidas a dichos inconvenientes.

Para el desarrollo de los indicadores claves de desempeño se utilizó el BSC (Cuadro de Mando Integral), a través del modelo japonés PQCDMS, *Productivity, Quality, Cost, Delivery, Safesty, Moral* y el resultado fue revisado y debatido teniendo en cuenta que los indicadores elegidos para su control debían ser importantes para el desempeño y sobre todo se debían tener influencia de manera que se pudiera mejorar. Esta evaluación se dio lugar en la reunión “one to many” junto con el líder de equipo. Existían indicadores que se medían mensualmente

para la calidad del agua vertida y mantuvieron su esencia; indicadores como Eficiencia en remoción DBO5, SS (%), Ph a la salida, Sólidos Sedimentales (mg/l), Aceites y grasas (mg/l), Temperatura(°C), también se medía inicialmente el indicador de costo: Costo de tratar agua(\$/m³ tratado) el cual se mantuvo; para ambientes: Lodos deshidratados (Ton/sem) y Consumo agua (m³/mes) se mantuvieron y para seguridad se realizaba una medición de accidentalidad en el área la cual se reevaluó.

Existía una falencia en cuanto a productividad; hasta el 2010 cuando se instaló el sistema de biogás la planta de tratamiento no contaba con enfoque económico netamente ambiental hasta 2010 cuando se instaló el sistema de biogás, no tenía indicadores de productividad, a través del proyecto fueron conformadas la Eficiencia de planta (%) y la producción de biogás. Otros indicadores incluidos para entrega fueron los relacionados con mantenimiento, Disponibilidad de equipos (%), Confiabilidad de equipos (h), Mantenibilidad de equipos (h), también claves para garantizar la efectividad del mantenimiento o por lo menos comenzar a medirla. Otros indicadores fueron evaluados como al indicador de seguridad debido a que siempre se cumplía con la meta la cual era 0 (cero) accidentes, se reformuló y se dispuso que la seguridad podía medirse a través de las condiciones en 5s y en base a los resultados de las auditorías de seguridad.

Para cada indicador se definió o revisó la fórmula para su cálculo, la frecuencia de medición, la fuente de información y por último la meta. Los indicadores que se mantuvieron sin cambios se encontraron acordes con la realidad y su meta también se mantuvo. Para los indicadores revisados y los creados fue desarrollada la meta en base a: comparación con otras cervecerías (producción de biogás), exigencias de ley (eficiencia o disponibilidad de planta), conveniencia para el buen desempeño de la planta (mantenibilidad, disponibilidad, confiabilidad).

Se documentaron dentro del capítulo de capacidad de proceso como el estándar de indicadores claves de desempeño. Ver Anexo A, Cáp. 3 pág. 11.

La medición de estos indicadores se desarrolla visualmente a través de los tableros de medición visual implementados mostrados en la Figura 21. Y el tablero de actividad de MCM mostrado en la Figura 22. Las plantillas para los indicadores en la Figura 23.

Figura 21. Tableros medición visual del desempeño para indicadores



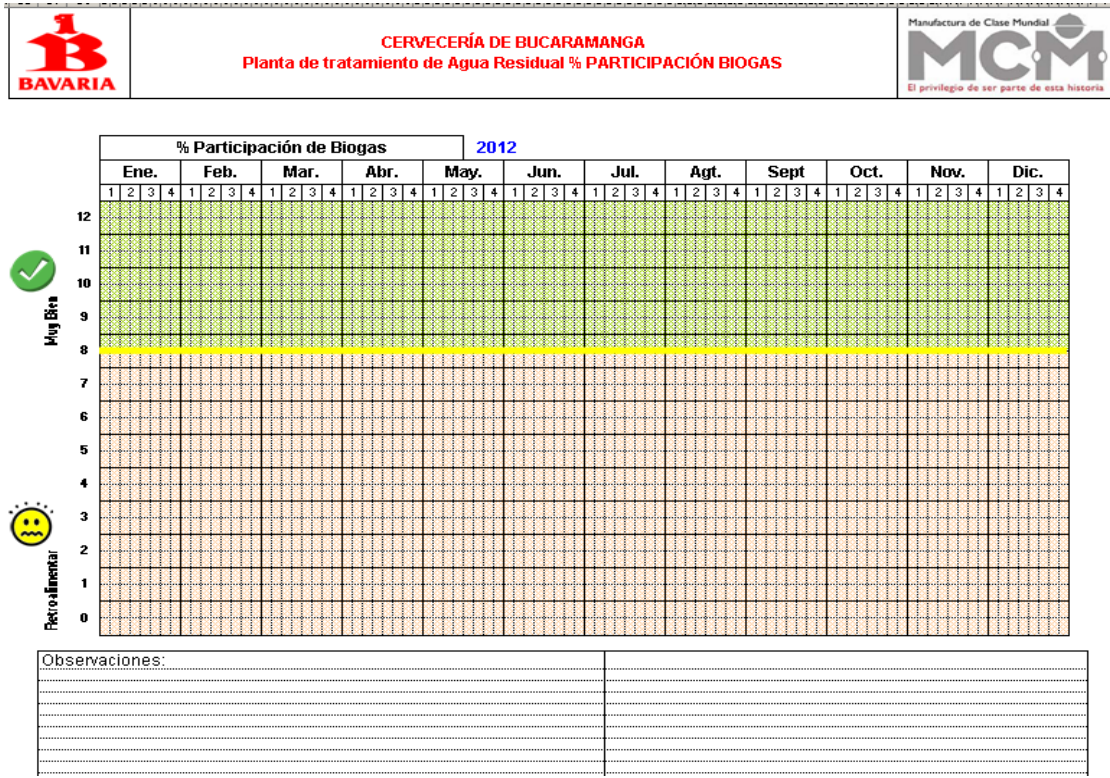
Fuente: Autora

Figura 22. Tablero de actividad MCM Equipo H₂O. Cuarto MCM.



Fuente: Autora

Figura 23. Indicador % Participación de Biogás



Fuente: Autora

Otro aspecto visual implementado se dio en piso de planta, la marcación de los intervalos de presión de operación normal y fuera de operación normal de los manómetros de la planta. La inspección constante de las presiones del sistema de biogás, son contempladas en los estándares desarrollados en este proyecto, en las rutas de inspección dentro del mantenimiento y la seguridad de la operación. Se cambia un parámetro continuo de medición (la presión medida en psi) por uno discreto como “Dentro de operación”, “Fuera de operación”. La Figura 24 muestra las franjas de aceptación para la presión de operación del booster (impulsor de biogás).

Figura 24. Control visual manómetros succión y descarga sistema de biogás



Fuente: Autora

Figura 25. Antes y después de presión de operación de manómetros



Fuente: Autora

Las válvulas de operación fueron rotuladas en sitio como identificación visual, dado que todos los procedimientos descritos en el manual hacen referencia a la válvula codificada y referenciada como única para no cometer ningún error. La marcación de válvulas y el levantamiento de la información permitió conformar la lista de válvulas (características, ubicación, función), Estado de válvulas en operación normal y Estado de válvulas "Stand By" v. Anexo 1 del anexo A.

Figura 26. Marcación de válvulas



Fuente: Autora

Se desarrolla el diseño y validación del estándar de los indicadores claves de desempeño KPI en la SOP 3, manómetros de operación SOP 5, SOP 16, y la lista de válvulas como anexo del manual.

- **Mejora Enfocada.** Se definió el estándar aplicado a esta área para propiciar el mejoramiento continuo, se crearon herramientas para la detección de problemas situacionales como el “cazafallas” y procedimientos de solución de problemas.

Se documentó y formalizó el estándar a través del capítulo 18 de la SOP v. Anexo A. SOP1.

La metodología usada en toda la implementación fue la de talleres y reuniones de equipo, para el desarrollo de buenos estándares basados en la mejora continua y el protagonismo del operador en la detección y solución de problemas se desarrolló capacitación en solución de problemas y entrenamiento en solución de problemas aplicando 5 por qué.

Figura 27. Capacitación solución de problemas



Fuente: Autora

Figura 28. Taller solución de problemas utilizando 5 por qué



Fuente: Autora

- **Mantenimiento autónomo.** Claramente para este principio de MCM no se tenía base inicial de trabajo; durante el diagnóstico fue la práctica con mayores falencias en competencias.

El manual de operación SOP, enfoca sus instrucciones hacia las actividades básicas de mantenimiento inspección, limpieza, lubricación.

Se propició el espacio para el entrenamiento en fundamentos de mantenimiento autónomo. La Figura 29 muestra el entrenamiento y jornada de identificación de equipos dentro del plan de mantenimiento que se dio lugar en el cuarto de reuniones, salón MCM.

Se desarrollaron jornadas de entrenamiento de las instrucciones de mantenimiento para revisar y empalmar el ejercicio con el estándar. Las instrucciones necesarias para el mantenimiento del área se recopilan en la SOP 16, las instrucciones de mantenimiento estándar fueron revisadas a través del desarrollo del ejercicio en campo. La Figura 30 muestra un ejemplo de lo referido anteriormente.

Figura 29. Entrenamiento y definición de actividades de mantenimiento









Fuente: Autora

Figura 30. Instructivo de mantenimiento validado a través del ejercicio en campo

4. Mantenimiento del filtro

Siga las siguientes instrucciones teniendo en cuenta la condición:

i Condición: máquina desconectada asegurando el interruptor central off para que no pueda volverse a conectar.

<p>a. Apagar soplador</p> 	<p>b. Abrir seguridad de capota insonorizante ubicado en frente del soplador y halar hacia arriba.</p> 
<p>c. Desmontar la tapa del silenciador de aspiración</p> 	<p>d. Sacar malla del filtro</p> 
<p>e. Lavar con agua, escurrir y poner nuevamente</p> 	<p>f. Poner el filtro de aire alrededor del tubo de aspiración perforado en el silenciador de aspiración y cerrar. Montar la tapa del silenciador de aspiración</p> 

Fuente: Autora

Se estandarizan las instrucciones de mantenimiento y se documentan a través del capítulo 16 del Manual de Operación, SOP16.

Calidad: Existían en el área indicadores mensuales para medir la calidad del agua vertida, también existían las cartas de control de parámetros a intervalo corto. La calidad era un tema claramente definido en la PTAR al inicio del proyecto; las competencias del personal en este aspecto se consideran buenas, existía una cultura de calidad, como fue detectado en el diagnóstico.

El trabajo de estandarización en este aspecto fue de evaluación y revisión de las especificaciones en los parámetros de control de las cartas de control a través del consenso, investigación y consulta de expertos en otras plantas del país.

La evaluación de los límites de las cartas de control fueron cubiertos por el proyecto, y finalmente se definieron los que permanecían y los que se modificaban acorde con las condiciones reales actuales de la planta.

El estándar se consolidó a través del trabajo en equipo y la colaboración de los ingenieros, teniendo el resultado la SOP 8, SOP19, SOP 20, SOP21.

Tabla 17. Límites de control intervalo corto revisadas

CARTA DE CONTROL ETAPA DEL PROCESO	VARIABLE	RANGO PERMISIBLE	ESPECIFICACIÓN	MIN.	MAX.
AFLUENTE PTAR	DQO ENTRADA (mg/L)	0 - 7000	4000	0	8000
	DBO5 (%REMOCIÓN)	80 - 100	90	80	100
TANQUES DE ACONDICIONAMIENTO	S.S (mg/L)	0 - 25	15	0	30
	pH (UNIDADES)	6,8 - 7,5	7,125	6,75	7,5
REACTORES	DQO (mg/L)	0 - 2000	1125	0	2250
	%REMOCIÓN DQO	60 - 100	75	50	100
	S.S (mg/L)	0 - 25	15	0	30
EFLUENTE	DQO (mg/L)	0 - 1150	650	0	1300
	%REMOCIÓN DQO	70 - 100	80	60	100
	TEMPERATURA (°C)	0 - 36	20	0	40
	S.S (mg/L)	0 - 75	5	0	10
	pH (UNIDADES)	4,8 - 8,7	6,75	4,5	9

Fuente: Autora

Tabla 18. Límites de control intervalo corto estándar

ETAPA DEL PROCESO	VARIABLE	RANGO PERMISIBLE	ESPECIFICACIÓN	MIN.	MAX.
AFLUENTE PTAR	DQO ENTRADA (mg/L). Nota 1	2500 - 5500	4000	2000	6000
	DBO5 (%REMOCIÓN)	80 - 100	90	80	100
TANQUES DE ACONDICIONAMIENTO	S.S (mg/L) Nota 1	0 - 15	10	0	20
	pH (UNIDADES) Nota 1	6,8 - 7,2	7	6,5	7,5
REACTORES	DQO (mg/L)	0 - 2000	1000	0	2000
	%REMOCIÓN DQO Nota 1	80 - 100	90	80	100
	S.S (mg/L)	0 - 25	15	0	30
	Biogás (m ³ /h) Nota 2	50-100	80	30	130
EFLUENTE	DQO (mg/L) Nota 1	0 - 600	450	0	900
	%REMOCIÓN DQO	70 - 100	90	80	100
	TEMPERATURA (°C)	0 - 36	32,5	25	40
	S.S (mg/L)	0 - 7,5	5	0	10
	pH (UNIDADES) Nota 1	6,0-8,0	7	5	9

Nota 1. Parámetro con límites de control nuevos dentro del proceso

Nota 2. Parámetro nuevo incluido para su seguimiento y control.

Fuente: Autora

- **Seguridad y Medio ambiente.** La matriz HSEQ desarrollada en el diagnóstico contribuyó a enfocar la operación hacia la minimización de riesgo, pero además al identificar los riesgos asociados en cada etapa del proceso se pudo definir la necesidad de entrenamiento, los controles que se requerían dentro de cada procedimiento para minimizar riesgos y las necesidades de inspección periódica de las condiciones riesgosas.

Se definen las auditorías de seguridad y su frecuencia. Para la auditoría se decide utilizar el formato de inspección de condiciones de seguridad de Bavaria S.A.

Como la primera auditoría de seguridad de este tipo, se inspeccionaron las condiciones en cada puesto de trabajo, para valorar la seguridad del área. Las condiciones de seguridad evaluadas en la inspección fueron las siguientes:


- Instalaciones eléctricas
- Iluminación localizada
- Máquinas y guardas de seguridad
- Instalaciones locativas
- Almacenamiento de insumos y materias primas
- Señalización y demarcación de área
- Equipo para emergencia
- Orden y aseo

Los puestos de trabajo inspeccionados incluían las áreas de la planta entre ellas: Laboratorio, Cuarto de Control, Cuarto de MP y Cuarto MCM, Tolva, Estación de Materias Primas, Tanques, Booster, Cuarto de Decanter y Bombeo de Lodos, Sedimentador y Canaleta de Salida.

El resultado de esta inspección fue la valoración de 87%* de seguridad del área para la primera auditoría a través de la inspección de condiciones de seguridad y el levantamiento de hallazgos de condiciones inseguras encontradas.

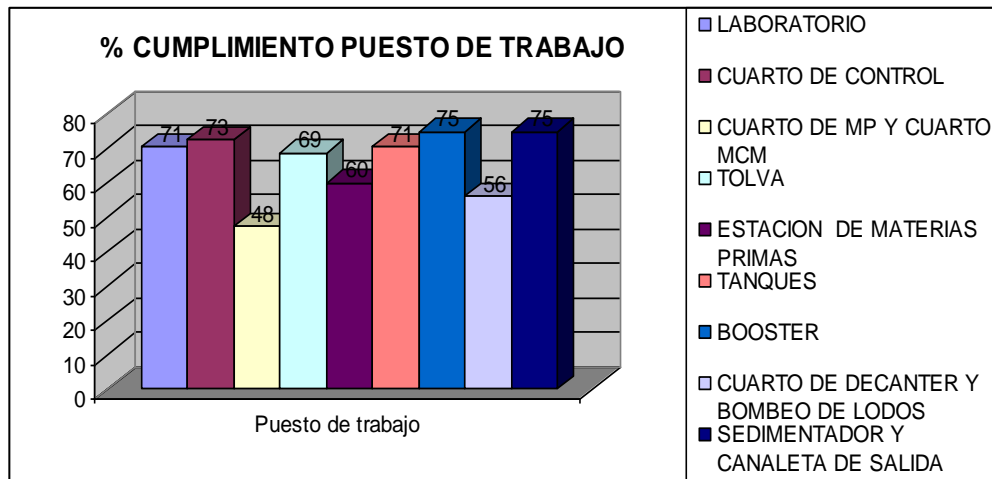
* Calculado a partir de la inspección de condiciones de seguridad, el cual calcula el % de seguridad por puesto de trabajo y el promedio corresponde al 4% de seguridad del área.

Figura 31. Formato de inspección de condiciones de seguridad para auditoría de seguridad

		SERVICIOS																Página 1 de 6																																																																																																																																																																																																																																																													
		INSPECCIÓN CONDICIONES DE SEGURIDAD																Avaluación IB																																																																																																																																																																																																																																																													
CONDICIONES DE SEGURIDAD	PUESTO DE TRABAJO DEL CARGO	INSTALACIONES ELÉCTRICAS		ILUMINACIÓN LOCALIZ		MÁQUINAS Y EQUIPOS SEGURIDAD		INSTALACIONES LOCAL		ALMACENAMIENTO DE INGRESOS Y MATERIAS PRIMAS		SEÑALIZACIÓN Y DEMARCACIÓN DE ÁREAS		EQUIPO PARA EMERGENCIAS		ORDEN Y ASEO		NÚMERO DE INSPECCIONES	PLAN DE ACCIÓN																																																																																																																																																																																																																																																												
		SI/NO	SI/NO	SI/NO	SI/NO	SI/NO	SI/NO	SI/NO	SI/NO	SI/NO	SI/NO	SI/NO	SI/NO	SI/NO	SI/NO	SI/NO																																																																																																																																																																																																																																																															
<p>Área: TATIANA CARRIBES CERRERA</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Condición</th> <th>SI</th> <th>NO</th> <th>SI</th> <th>NO</th> <th>SI</th> <th>NO</th> <th>SI</th> <th>NO</th> <th>SI</th> <th>NO</th> <th>SI</th> <th>NO</th> <th>SI</th> <th>NO</th> <th>SI</th> <th>NO</th> <th>SI</th> <th>NO</th> <th>SI</th> <th>NO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. CALDERÍN DE</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2. LABORATORIO DE</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3. CUARTO DE MP Y CUARTO DE MP</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>4. TOLVA</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>50</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5. ESTACION DE MATERIAS PRIMAS</td> <td>4</td> <td>1</td> <td>80</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>4</td> <td>1</td> <td>80</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>6. TANQUES</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>7. BOOSTER</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>8. CUARTO DE DECANTER Y BOMBEO DE Lodos</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>50</td> <td>4</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>9. SEDIMENTADOR Y CANALETA DE SALIDA</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td colspan="2">% DE SEGURIDAD POR CONDICIÓN</td> <td colspan="2">70</td> <td colspan="2">92</td> <td colspan="2">99</td> <td colspan="2">81</td> <td colspan="2">89</td> <td colspan="2">89</td> <td colspan="2">99</td> <td colspan="2">99</td> <td colspan="2">90</td> <td colspan="2">87</td> </tr> <tr> <td colspan="20" style="text-align: center;">% DE SEGURIDAD DEL ÁREA</td> </tr> </tbody> </table>																				Condición	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	1. CALDERÍN DE	1	0	100	0	1	0	100	0	1	0	100	0	1	0	100	0	1	0	100	0	2. LABORATORIO DE	1	0	100	0	1	0	100	0	1	0	100	0	1	0	100	0	1	0	100	0	3. CUARTO DE MP Y CUARTO DE MP	0	2	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4. TOLVA	1	1	50	1	0	100	1	0	100	1	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	5. ESTACION DE MATERIAS PRIMAS	4	1	80	1	0	100	1	0	100	1	0	100	4	1	80	1	0	100	1	0	6. TANQUES	1	0	100	1	0	100	0	1	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7. BOOSTER	1	0	100	1	0	100	1	0	100	1	0	100	1	0	100	1	0	100	1	0	8. CUARTO DE DECANTER Y BOMBEO DE Lodos	0	1	0	1	1	50	4	0	0	1	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	9. SEDIMENTADOR Y CANALETA DE SALIDA	1	0	100	1	0	100	1	0	100	1	0	100	1	0	100	1	0	100	1	0	% DE SEGURIDAD POR CONDICIÓN		70		92		99		81		89		89		99		99		90		87		% DE SEGURIDAD DEL ÁREA																			
Condición	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO																																																																																																																																																																																																																																																											
1. CALDERÍN DE	1	0	100	0	1	0	100	0	1	0	100	0	1	0	100	0	1	0	100	0																																																																																																																																																																																																																																																											
2. LABORATORIO DE	1	0	100	0	1	0	100	0	1	0	100	0	1	0	100	0	1	0	100	0																																																																																																																																																																																																																																																											
3. CUARTO DE MP Y CUARTO DE MP	0	2	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																											
4. TOLVA	1	1	50	1	0	100	1	0	100	1	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																											
5. ESTACION DE MATERIAS PRIMAS	4	1	80	1	0	100	1	0	100	1	0	100	4	1	80	1	0	100	1	0																																																																																																																																																																																																																																																											
6. TANQUES	1	0	100	1	0	100	0	1	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																											
7. BOOSTER	1	0	100	1	0	100	1	0	100	1	0	100	1	0	100	1	0	100	1	0																																																																																																																																																																																																																																																											
8. CUARTO DE DECANTER Y BOMBEO DE Lodos	0	1	0	1	1	50	4	0	0	1	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																											
9. SEDIMENTADOR Y CANALETA DE SALIDA	1	0	100	1	0	100	1	0	100	1	0	100	1	0	100	1	0	100	1	0																																																																																																																																																																																																																																																											
% DE SEGURIDAD POR CONDICIÓN		70		92		99		81		89		89		99		99		90		87																																																																																																																																																																																																																																																											
% DE SEGURIDAD DEL ÁREA																																																																																																																																																																																																																																																																															

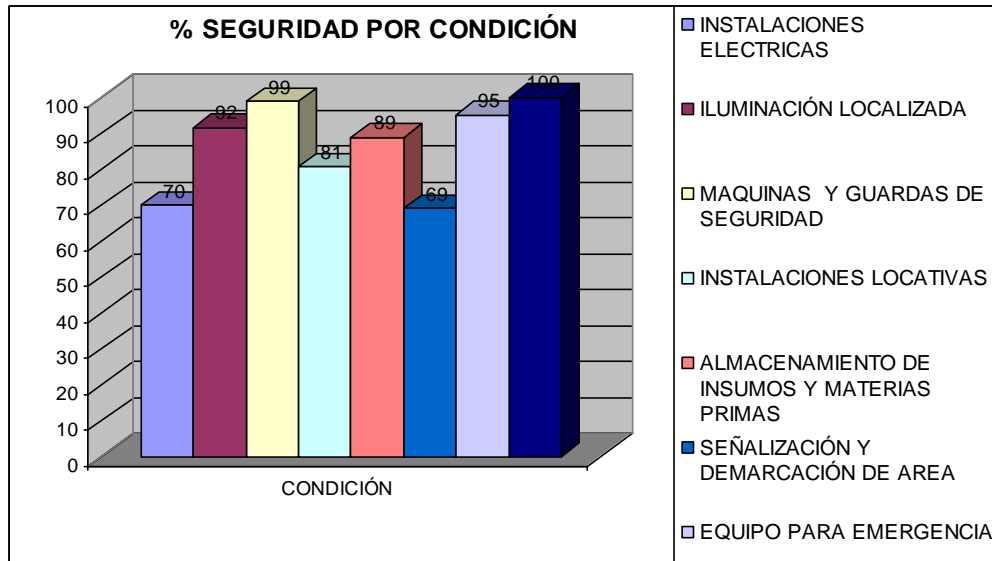
Fuente: Formato facilitado por el Ing. Juan Manuel Palacios, Jefe de Seguridad Industrial y Salud ocupacional Bavaria Bucaramanga.

Gráfico 10. Porcentaje de Cumplimiento de condiciones de seguridad por área inspeccionada



Fuente: Autora

Gráfico 11. Porcentaje de cumplimiento por Condición de seguridad



Fuente: Autora

Se informaron posteriormente las condiciones inseguras encontradas y se entrega la gestión al área correspondiente de la cervecería.

Se definieron entonces dentro de los SOP la seguridad de la operación, del equipamiento y del personal. Dentro de cada procedimiento se describen los puntos de seguridad a tener en cuenta, inherentes a las actividades mismas del procedimiento. Se conformó además el estándar de seguridad del área y la auditoría de seguridad a través del capítulo 11 del manual de operación v. Anexo A, SOP11.

3.2.2.3 Empalme mejores prácticas con las prácticas iniciales. En esta etapa se revisaron y si se reformularon los procedimientos que se elaboraban al inicio del proyecto dentro de la operación cuando fue necesario, quedando documentados a través de las SOPs operativas Tabla 19. Estos procedimientos se evaluaron en base a las condiciones reales de la planta, a los objetivos de la planta, a la consulta de bibliografía para este tipo de tecnologías, en base también

al conocimiento previo de lo operadores, análisis de históricos y tendencias actuales de datos, planos de diseño, manuales de equipos y consulta con expertos de la cervecería.

Se conforman los SOP operativas como el SOP 13 de instrucciones de operación, SOP 12 procedimiento de arranque de planta, SOP 14 Procedimiento de parada de planta, SOP 1, SOP 2 y SOP 5 referentes a características de diseño, bases teóricas de funcionamiento, características de unidades del proceso como tanques, instrumentación, máquinas entre ellas bombas, tamiz, decanter, soplador y otros; el SOP 3 de capacidades, diseñada, instalada, capacidad de tratamiento de carga, capacidad de producción de biogás, capacidad de equipos y unidades del proceso; el SOP 6 de sistemas de información la cual incluye interfaz del sistema de supervisión, identificación de tableros de control y procedimientos para el manejo de equipos automáticos, como los muestreadores automáticos; el SOP 9 referente a formulas teóricas para el control de parámetros de la operación.

Además de la consulta de las fuentes bibliográficas, el análisis de tendencias de datos históricos y el conocimiento de las variables de las cuales depende el resultado, se conformó la Guía de Optimización. Ésta involucra los factores óptimos en cada etapa del proceso desde tamaño óptimo de tamizado, como niveles óptimos de tanques para operación y para arranque, tiempo de retención óptimos para los tanques, cantidades de carga aplicada óptimas para mejor eficacia y óptima producción de biogás, manejo de factores que afectan la digestión anaerobia, entre otros. (Ver Anexo A).

3.2.3 Codificación del conocimiento, documentación de clase mundial. Los estándares logrados en los talleres del equipo con los capacitados y los autorizados se recopilan en los “*Standard Operation Procedure*”, SOP, que abarcan todas las actividades, procedimientos diseñados para la operación de la Planta de tratamiento de agua residuales, incluyendo actividades relacionadas con

los principios de MCM. Los SOP mantienen una relación metodológica con los principios MCM y con las competencias exigidas de la forma mostrada en la Tabla 19 y Tabla 20. La documentación de Bavaria se compone de 21 capítulos descritos a continuación:

1. Descripción del proceso

Contiene la descripción del proceso, diagrama de entradas y salidas, características de las entradas, características de las salidas, características del proceso y diagramas de flujo.

2. Conceptos Básicos

Contextualiza de la importancia y da las bases teóricas para la operación, detalla cómo opera las unidades del proceso, principios de funcionamiento, tecnología asociada en el detalle que se requiera para que el operador entregue los mejores resultados del proceso, glosario de conceptos que den idea de la teoría básica, teoría del tratamiento, factores que afectan la eficiencia, entre otros relacionados con fundamentos teóricos.

3. Capacidad del proceso

Contiene un resumen de las capacidades del proceso, capacidad diseñada, instalada, capacidad de tratamiento de carga, de producción de biogás, incluye todo aquello que se deba contemplar que modifique la capacidad, los datos de diseño de la planta y las modificaciones realizadas, datos técnicos de las unidades y maquinas de proceso, y la definición de los KPI del proceso.

4. Requerimientos administrativos

Incluye las guías de competencias requeridas para el proceso, estructura administrativa, modelo de competencia exigida por la compañía y flujo de responsabilidades.

5. Instrumentación

Descripción detallada de las características de la instrumentación, el detalle de Instrumentación como funcionamiento y tipo de mantenimiento y control requerido para el control de la calidad de los sistemas de medición.

6. Sistemas de información

Descripción detallada de la información, qué datos se toman, de donde se toman, como se ingresan, información de salida, interacción con los sistemas de información y la interpretación de esta información, vínculo a los registros que se manejan en el proceso, interfaz del sistema de supervisión, identificación de tableros de control y procedimientos para el manejo de equipos automáticos.

7. Procedimientos administrativos

Incluyen todos los procedimientos administrativos que se aplican al proceso, estructura de reuniones, procedimiento de auditorías.

8. Calidad e inocuidad

Incluye procedimientos de trazabilidad de los parámetros de calidad en el proceso, cartas de control, especificaciones, máximos y mínimos y rangos de aceptación y rangos de tolerancia del proceso para la calidad.

9. Control del proceso y cálculos

Reúne los cálculos y formulas requeridos para el control de parámetros importantes del proceso.

10. Diseño del espacio de trabajo

Diseño del sitio de trabajo, procesos, instalaciones, maquinaria, procedimientos operativos y organización del trabajo, estándares de orden y limpieza.

11. Seguridad y medio ambiente

Contiene la matriz de peligros para seguridad correspondiente al proceso. Se detallan todos los peligros identificados que probablemente encuentran en el lugar de trabajo (estándares de seguridad, análisis de riesgos por oficio).

En este capítulo se incluye la actuación en caso de emergencia, consideraciones de seguridad del proceso (seguridad en laboratorios, en planta, seguridad por manejo de residuos industriales y manipulación de bacterias), procedimientos de auditorías de seguridad.

12. Arranque

Estándar de alistamiento para el arranque, instrucciones detalladas para iniciar o reiniciar el proceso dados diferentes escenarios que se pueden presentar para el arranque.

13. Instrucciones de operación

Instrucciones detalladas de la operación, procedimientos rutinarios y especiales, como toma de muestras, análisis, perfil de lodos, entre otros.

14. Parada

Instrucciones detalladas y para parar el proceso.

15. Cambio de formato

Para este caso el producto es siempre el mismo, como consecuencia este capítulo no hace parte de la SOP.

16. Mantenimiento autónomo

Instrucciones detalladas para mantenimiento autónomo, incluye las tareas de limpieza e inspección del mantenimiento su frecuencia y su importancia.

17. Limpieza y desinfección

Contiene los procedimientos de limpieza y aseo de la planta, de las unidades de proceso, frecuencia y responsable de la limpieza.

18. Solución de problemas

Incluyen procedimiento de mejoramiento desde el nivel situacional hacia otros niveles, caza fallas, procedimiento de solución de problemas.

19. Estándares de calidad

Se referencian los estándares locales para el proceso, los legales como el decreto de regulación de vertimientos.

20. Medida de desempeño y calidad

Describe los métodos usados para hacer seguimiento a la calidad del producto final, el desarrollo de las mediciones en el proceso descritas por el plan único de calidad de tal manera que se pueda tomar pronta acción ante los problemas presentados.

21. Medida de calidad de insumos

Contempla los aspectos de calidad en la materia prima, características de la materia prima, criterios de aceptación y rechazo.

Tabla 19. Relación Competencia vs. Capítulos de SOPs

Competencias	Capítulos SOP
Operativo	1, 2, 3, 5, 6, 9, 12, 13, 14, 15, Guía de optimización
Calidad	8, 19, 20, 21
Mantenimiento	16
Limpieza y desinfección	10, 17
Prácticas complementarias (MCM, Administración y soporte)	4, 7, 11, 18

Fuente: Autora

Tabla 20. Relación Principios MCM vs. Capítulos de SOPs

Principio de Manufactura de Clase Mundial	Capítulos SOP
Liderazgo y gestión del cambio	Todos
Seguridad y medio ambiente	Todos
Medición visual del desempeño	Todos
Trabajo en equipo	4, 7
5s	10, 17
Mejora enfocada	18
Mantenimiento autónomo	16
Calidad	8, 19, 20, 21
Reducción de tiempo de montaje	NA
Excelencia administrativa	4, 7



Fuente: Autora

La estructura de la documentación contempla en todos los capítulos o procedimientos:

1. Contenido
2. Objetivo
3. Requisitos y condiciones
 - Consideraciones de seguridad
 - Requisitos de competencia
 - Definiciones y conocimiento general
4. Secuencia si se aplica
5. Responsable
6. Verificación

La simbología adoptada dentro de las instrucciones entre ellos se encuentra:

Figura 32. Simbología

	Advertencia, importante: situaciones que pudieran causar daño al equipamiento o al personal.
	Nota: sugerencias, información adicional o aclaración
()	Aclaración o parte de la SOP con información relacionada

Fuente: Autora

3.3 MEDICIÓN DEL IMPACTO DEL PROYECTO

3.3.1 Efectividad de los procedimientos estándar de operación SOP. Se probó que el proceso de estandarización fue efectivo para mejorar los resultados de la operación pues permitió cerrar brechas de conocimiento de los operadores en las competencias exigidas por SABMiller v. Tabla 21, las cuales están contenidas a cabalidad en la SOP. Para evaluar su efectividad se entregó el resultado final de la documentación a los operadores de la PTAR para su estudio, y se aplicó nuevamente el cuestionario de adopción del rol y competencias utilizado inicialmente v. 3.1.1.

La distribución del documento final se desarrolló vía red en la intranet de la compañía, en la ruta Bucarctr\lsg\WCM\ICAP\SOP\SOPBucaramanga\UTILITIES\PTAR>manual de operación; y físicamente se entrega el documento impreso para su lectura y estudio, se evidencia a través de una carta como soporte de entrega del SOP. Ver Anexo B

Figura 33. Distribución del manual de operación operadores PTAR



Fuente: Autora

La evaluación fue supervisada por el jefe inmediato de los operadores, el Ing. Carlos Mauricio Díaz, para efectos formales de la prueba. Los resultados muestran avance en los aspectos débiles al inicio del proyecto, las prácticas complementarias de MCM y actividades administrativas y de soporte se reconocen como actividades dentro de la operación con lo cual se reitera que el proyecto contribuyó a generar competencias con grandes falencias en el panorama inicial. De una calificación de 86,9% en competencia en prácticas complementarias WCM se avanza hasta el 100% logrando sembrar cultura de manufactura de clase mundial e inclusión de éstas como actividades de la operación. En administración y soporte se avanza de 78,3% de la medición inicial hasta un 100% lo cual significa que se introdujeron procedimientos administrativos que fueron comprendidos y se asumieron como actividades de la operación. Las actividades de mantenimiento avanzan de un 75,1% al 81,6%, aunque el trabajo de

estandarización se reconoce en los conocimientos aportados a los operadores, resta camino en el tema de lubricación el cual requiere de entrenamiento constante y especializado.

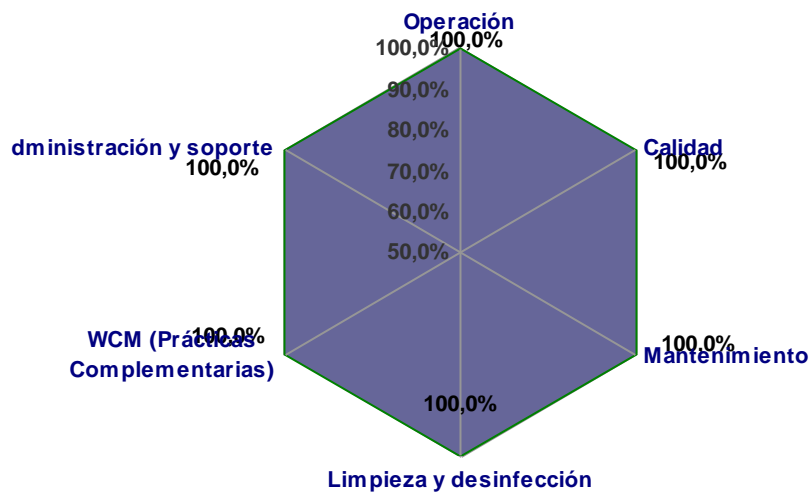
Las demás áreas permanecen con buena calificación, reiterando que fueron cubiertas las competencias necesarias en estos temas dentro del proceso de estandarización.

Tabla 21. Resultados Cuestionario de Competencias y Adopción del Rol aplicado en la PTAR Final

Tema		Adopción del rol	% de competencia
Operación	100%	100,0%	98,6%
Calidad	100%	100,0%	100,0%
Mantenimiento	100%	100,0%	81,6%
Limpieza y desinfección	100%	100,0%	100,0%
WCM (Prácticas Complementarias)	100%	100,0%	100,0%
Administración y soporte	100%	100,0%	100,0%

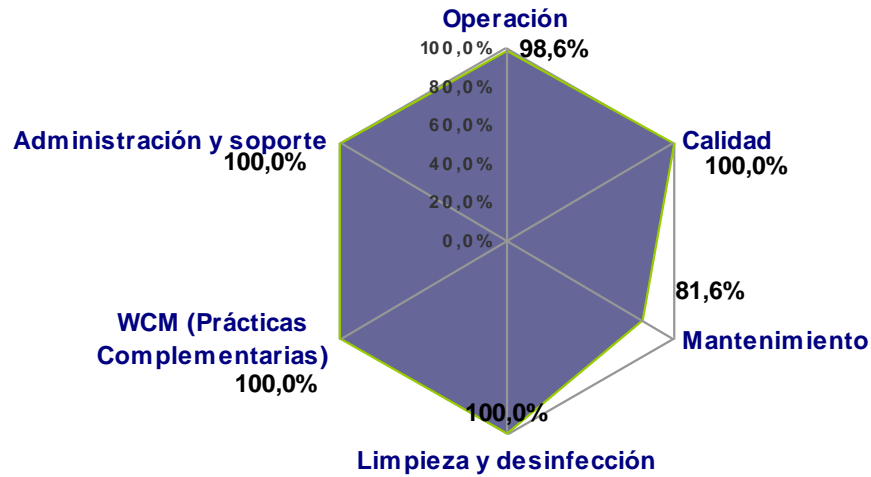
Fuente: Autora

Gráfico 12. Porcentaje de Adopción del rol en el Cuestionario Bavaria S.A



Fuente: Autora

Gráfico 13. Porcentaje de Competencia Cuestionario Bavaria S.A.



Fuente: Autora

3.3.2 Mejoramiento en el entrenamiento y desarrollo de las operaciones de la PTAR. Unificar la forma de hacer las cosas con la SOP permitió disminuir la variabilidad entre operadores, aumentar la repetibilidad del procedimiento haciéndolo más eficiente y disminuir esfuerzos de entrenamiento de operadores nuevos.

Se prueba a través de hechos y datos, que las instrucciones precisas de un procedimiento de la PTAR como lo son “LA TOMA DE MUESTRAS Y ANÁLISIS RUTINARIOS”, aumentan la repetibilidad del procedimiento, mejoran la tasa de aprendizaje y hacen más eficiente la operación.

Se entregó el manual de operación al operador nuevo para su lectura y capacitación, el operador nuevo se familiarizó con el procedimiento específico “LA TOMA DE MUESTRAS Y ANÁLISIS RUTINARIOS” a través del capítulo 13 de la SOP.

Se reprodujo el procedimiento durante una semana, dos veces por día recolectando un total de 14 datos. Dentro de los aspectos que se tuvieron en cuenta para la prueba fueron:

- El procedimiento que se eligió, representa aproximadamente el 15% del tiempo de turno, suponiendo un tiempo estándar de 1 hora/turno para un operador promedio y con conocimiento del proceso.
- El perfil del operador es un operador con conocimiento básico de la operación y de seguridad.
- Las actividades a medir: La toma de muestras consiste en el desarrollo completo del procedimiento 7.4 Toma de muestras puntuales para análisis rutinarios del SOP 13 Manual de operación PTAR y los análisis rutinarios contiene las actividades desarrolladas para hacer: SS, pH, alcalinidad, AGV, DQO.
- El tiempo estándar es aproximado, fue definido a través de la medición del trabajo en base a la proporción del turno el cual realizan estas actividades dado un operador promedio con conocimiento de la planta y del procedimiento.

Los datos se presentan en la Tabla y el soporte en el Anexo B.

Tabla 22. Datos de operador nuevo, procedimiento toma de muestras y análisis

Tiempo Operador Nuevo con Mejores Prácticas previamente capacitado		
	Toma de muestras	Toma de análisis
1	0:16:23	2:05:15
2	0:13:15	1:45:00
3	0:13:55	1:42:00
4	0:09:04	1:36:15
5	0:09:12	1:39:00
6	0:08:46	1:33:00
7	0:09:21	1:24:45
8	0:08:48	1:38:00

9	0:08:35	1:20:00
10	0:08:05	1:16:00
11	0:08:02	1:12:27
12	0:07:43	1:21:12
13	0:07:30	1:10:00
14	0:07:13	1:08:00
Tiempo Estándar	0:08:00	0:55:00

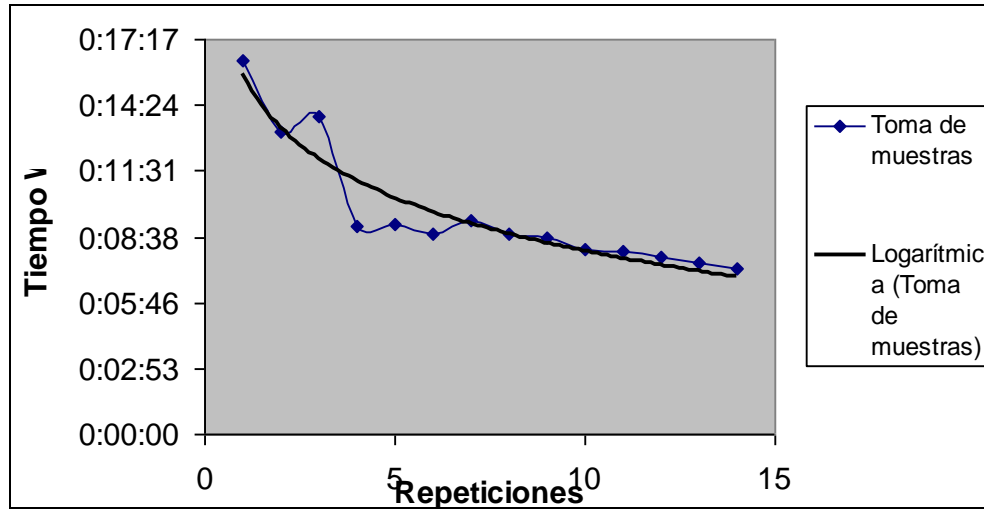
Fuente: Datos recolectados por la autora

El operador nuevo aprende a una tasa de 81% para la toma de muestras y de 85% para los análisis rutinarios, calculados en base a la fórmula teórica de la curva de aprendizaje⁶, $Y = Kx^n$, siendo Y el tiempo en horas para desarrollar el procedimiento la x -ésima vez; K el tiempo en horas que se demoró la primera vez que desarrolló el procedimiento, x el número de repeticiones que desarrolló el procedimiento y n el exponente que representa la pendiente el cual involucra el % de aprendizaje.

Esto quiere decir que el operador a través de las instrucciones precisas mejora su tasa de aprendizaje, reduce el tiempo en el que realiza la labor, y en el que alcanza la experiencia, y como consecuencia se evitan por ende problemas operativos por mala ejecución. Por lo que se encuentra que las instrucciones de la SOP, disminuyen notablemente el tiempo de entrenamiento y ajuste de los operadores nuevos. Con las instrucciones precisas en la SOP en 9 días el operador nuevo alcanza la experiencia de un operador antiguo para el procedimiento de toma de muestras y de 20 días para análisis rutinarios, estos valores impactan considerablemente los resultados de la planta en el tiempo.

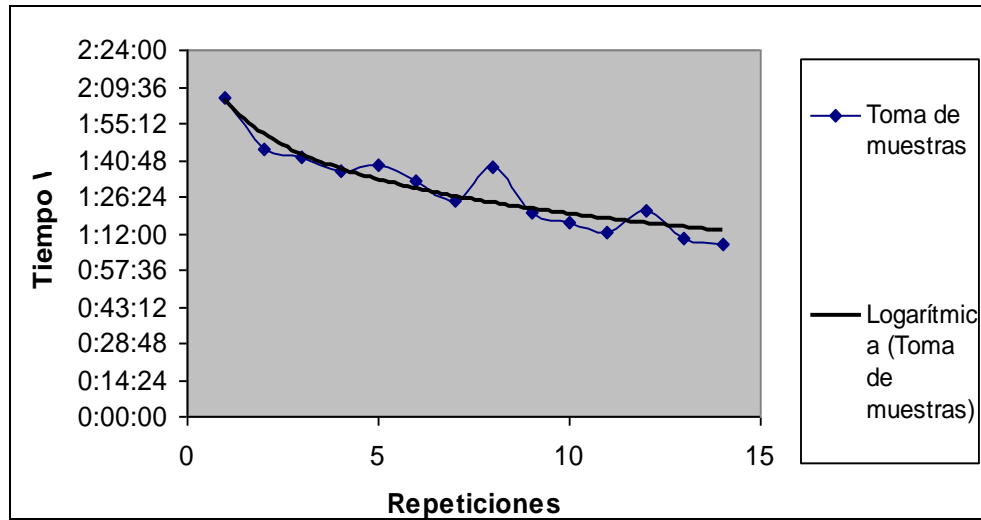
⁶ ZANDIN, Kjell B. Manual del Ingeniero Industrial de Maynard. 5ª Edición. México: Mc Graw-Hill Professional. Vol. 1, 2005.

Gráfico 14. Curva de aprendizaje procedimiento toma de muestras



Fuente: Autora

Gráfico 15. Curva de aprendizaje procedimiento análisis rutinarios



Fuente: Autora

Figura 34. Operador Nuevo reproduce un procedimiento basado en el SOP



Fuente: Autora

3.3.3 Mejoramiento en el desempeño de la PTAR. Involucrar al personal operativo en la estandarización permitió consolidar un acuerdo de la forma de operar y desarrollar todas las actividades de la PTAR buscando cumplir con los dos propósitos principales de la planta: el mejor desempeño de los parámetros de vertimientos y la mejor producción de biogás.

Durante el desarrollo del presente trabajo se evidencian mejoras en los resultados, con los óptimos de los tanques y con el control de las variables de tratamiento se logra que la operación muestre una mejora en la disponibilidad, uno de los indicadores de productividad consolidados con el proyecto y dada la misma capacidad instalada en las mismas condiciones sea tratada mayor cantidad de agua y sea vertida respetando la calidad de los parámetros de vertimiento como la carga orgánica.

El indicador representa la razón de caudal de agua tratada sobre el caudal requerido para su tratamiento (Caudal salida/caudal entrada). Durante el segundo semestre del año la PTAR trató el 93,8 % del agua vertida por la cervecería, el 1,8 % más de productividad, lo que corresponde a 41693 m³ más de agua tratada en la PTAR con la misma capacidad instalada esto supone una mayor productividad y mayor cumplimiento con el ambiente.

Tabla 23. Datos de disponibilidad 1º semestre 2011

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Total
Q Entrada	34823	30737	32590	36567	39512	32486	206715
Q Salida	33625	27214	31257	33929	31251	32907	190183
% Tratamiento	96,6	88,5	95,9	92,8	79,1	101,3	92,0

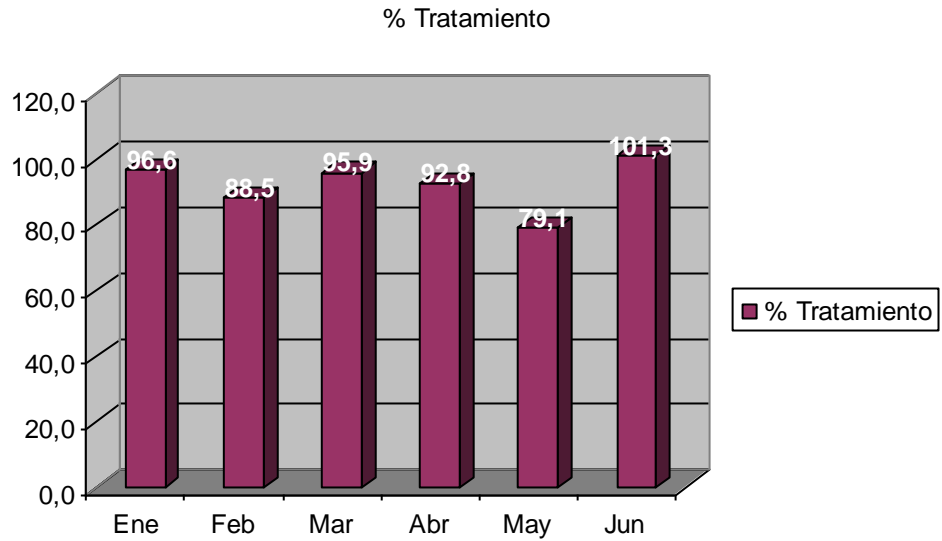
Fuente: Datos informes semanales consolidados.

Tabla 24. Datos de disponibilidad 2º semestre 2011

	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
Q Entrada	42239	44198	37494	38879	40980	43448	247238
Q Salida	44970	38604	35927	36376	36520	39479	231876
% Tratamiento	106,5	87,3	95,8	93,6	89,1	90,9	93,8

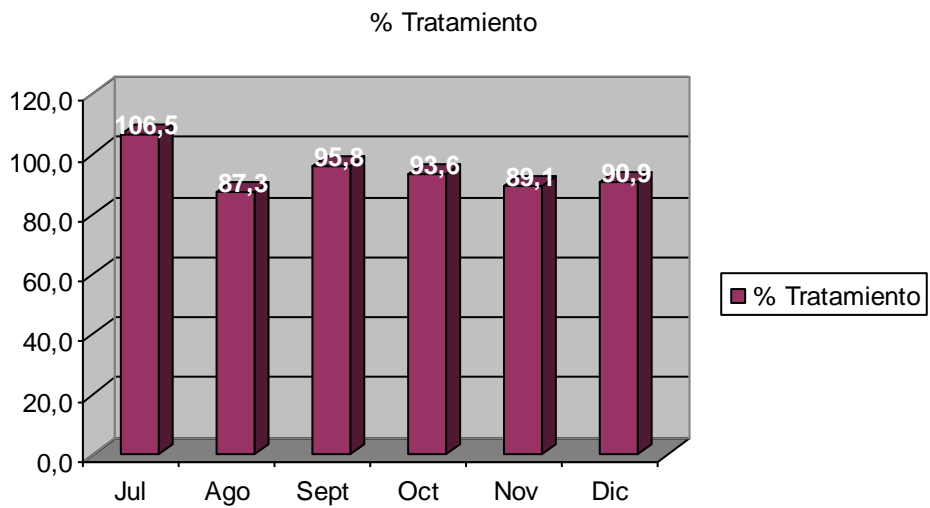
Fuente: Datos informes semanales consolidados.

Gráfico 16. Razón de caudal tratado sobre caudal entrada 1º semestre del año 2011



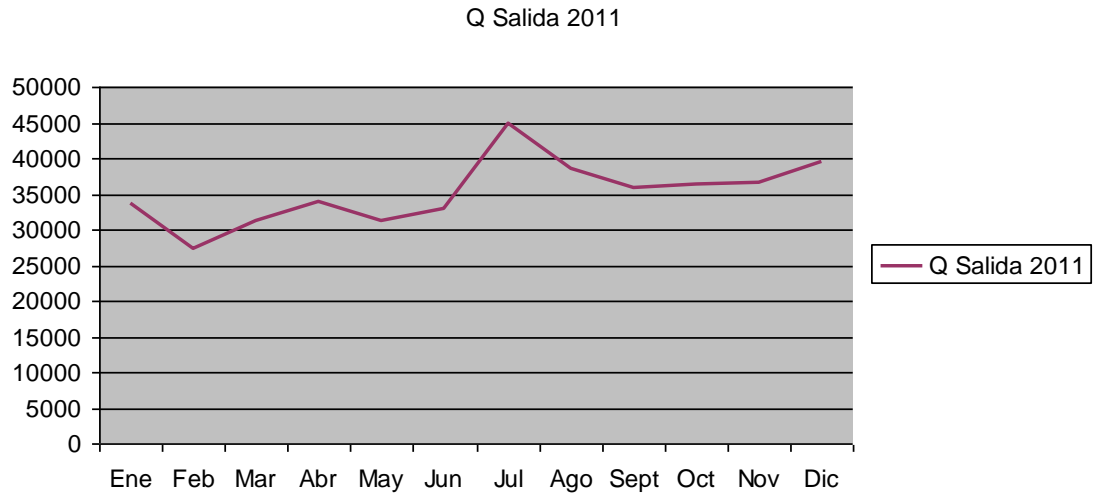
Fuente: Autora

Gráfico 17. Razón de caudal tratado sobre caudal entrada 2º semestre del año 2011



Fuente: Autora

Gráfico 18. Caudal tratado 2011



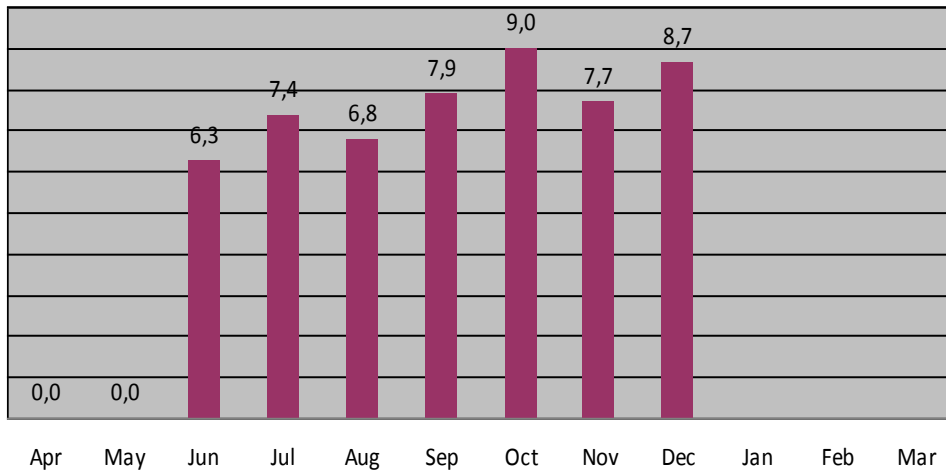
Fuente: Autora

Como consecuencia directa de la mejoría en la disponibilidad de la planta y del mayor caudal tratado se evidenció un aumento en el flujo de biogás producido y la nivelación de la producción.

El % de participación representa como el mismo lo dice la participación de energía suministrada del total de la energía consumida en la cervecería.

Con los óptimos encontrados se logró primero nivelar la producción de biogás durante todos los turnos, y aumentar el flujo de biogás enviado y por ende el porcentaje de participación. Este porcentaje supone un ahorro de millones de pesos en el consumo de energía de la cervecería.

Gráfico 19. Porcentaje de Participación de biogás



Fuente: Datos de Biogás Reporte Mensual

Cabe resaltar que las mejoras en el desempeño demostradas pueden ser coyunturales, no necesariamente dado el proyecto pues dependen de muchas variables, pero se ratifica que uno de los factores causantes de los resultados fue la estandarización de la operación y la metodología implementada para su efectividad.

CONCLUSIONES

- La importancia ambiental y económica del área para Bavaria, la subjetividad en el desarrollo de los procedimientos, las variaciones en los resultados entre operadores, el desconocimiento del proceso y los problemas de calidad y de mantenimiento, argumentan las necesidades de mejoramiento del proceso a través del desarrollo del estándar.
- Las actividades diseñadas para el cargo en las áreas de “OPERACIÓN”, “CALIDAD”, y “LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN” obtienen calificación de 98,1%, 91,7% y 100% respectivamente en el diagnóstico de competencias, lo cual evidencia que las actividades referentes a estos tópicos están arraigadas en cierto grado en los operadores y consecuentemente en la operación, la competencia alcanza aspectos básicos de la operatividad, sin embargo las actividades de “MANTENIMIENTO”, “PRÁCTICAS COMPLEMENTARIAS DE MCM” y “ADMINISTRACIÓN Y SOPORTE” obtienen calificaciones bajas de 75,1%, 86,9% y 78,3% con lo cual existen falencias de conocimiento holístico de la operación y ausencia total de cultura de mejoramiento.
- El desconocimiento de los operadores del área PTAR en las prácticas de manufactura de clase mundial fundamenta la necesidad de implementación de prácticas como mantenimiento autónomo, mejora enfocada, calidad, medición visual del desempeño y 5s, dentro de las actividades rutinarias del operador permitiendo unificar filosofías de trabajo en toda la cervecería.
- La identificación de riesgos ambientales y de seguridad definen las instrucciones necesarias para su mitigación, estableciendo los controles y condiciones seguras para cumplir con los propósitos de la planta dentro de los estándares.

- La metodología de estandarización: sensibilizar, evaluar la mejor práctica, unificar, codificar, retroalimentar (entregar, explicar, ejecutar y repetir, validar), corregir y aprender; utilizada en el proceso se encuentra eficiente para iniciar la cultura en el trabajo estándar.
- La SOP o manual de operación promueve las condiciones óptimas para: mantener el área de trabajo solo con los objetos necesarios, una cultura de orden y limpieza, analizar información, detectar problemas y dar respuesta rápida, contribuir con la efectividad de las máquinas, entrenar sobre los requisitos para trabajar en condiciones seguras del equipo y de las personas, contribuir a la evaluación y mejoramiento del desempeño de los resultados.
- El desarrollo del estándar genera mejores resultados debido a su enfoque holístico.
- La efectividad de la estandarización depende de la evaluación y revisión las practicas por parte de los capacitados (operadores) y autorizados (líderes), la identificación de los cambios en los procedimientos para definir la mejor práctica y lo más importante el empalme de los estándares hallados con la práctica inicial.
- El proyecto generó un impacto positivo en las actividades de la PTAR, cerrando brechas de conocimiento de los operadores, mejoró la objetividad el desarrollo de procedimiento lo cual disminuyó la cabida de errores, optimizó el aprendizaje y la eficiencia en la capacitación de operadores nuevos, dejando una base para mejoras futuras.
- El proyecto permitió avance en los aspectos débiles al inicio del proyecto, las prácticas complementarias de MCM y actividades administrativas y de soporte se reconocen como actividades dentro de la operación con lo cual se reitera que el

proyecto contribuyó a generar competencias con grandes falencias en el panorama inicial. De una calificación de 86,9% en competencia en prácticas complementarias WCM se avanza hasta el 100%, en administración y soporte se avanza de 78,3% de la medición inicial hasta un 100%, Las actividades de mantenimiento avanzan de un 75,1% al 81,6% logró sembrar cultura de manufactura de clase mundial e inclusión de éstas como actividades de la operación, se introdujo procedimientos administrativos que se comprendieron y se asumieron como actividades de la operación, se introdujo competencias para actividades necesarias para mejorar la calidad y la productividad como el mantenimiento autónomo.

- Se encuentra que los operadores nuevos a través de las instrucciones precisas mejoran su tasa de aprendizaje, reducen el tiempo en el que realizan la labor y en el que alcanza la experiencia, el operador nuevo aprende a una tasa del 80%, lo cual quiere decir que en nueve repeticiones del procedimiento alcanza la experiencia de un operador antiguo, estos valores impactan considerablemente el tiempo de capacitación.
- Los indicadores de desempeño como la disponibilidad de la PTAR mejora en un 1,8%, equivalente a 41.693 m³ más de agua tratada y el porcentaje de participación de biogás cumple la meta del 8% de biogás, estos valores pueden ser coyunturales a la estandarización pero se ratifica que uno de los operadores causantes fue la conformación de los óptimos de la operación con la guía de optimización.

RECOMENDACIONES

- Mantener el entrenamiento y la capacitación en los principios de MCM, pues el trabajo tan solo inició un largo camino hacia la excelencia, son indispensables para avanzar hacia la mejora del desempeño.
- Es necesario que exista dentro del programa de inducción la capacitación sobre los estándares de la planta y la de fundamentos de MCM, por ser un cargo con alto índice de rotación del personal.
- Es conveniente hacer un seguimiento al desarrollo y cumplimiento de las instrucciones para garantizar la sostenibilidad del estándar y de las prácticas de MCM.
- En necesario generar la participación y motivación del personal de la planta como un sistema de incentivos para propiciar el ambiente de MCM.
- El estándar debe revisarse periódicamente para su mejoramiento.
- Se encuentra que hay posibilidades de manejo de control de parámetros de proceso con control estadístico de procesos.
- Se encuentra que hay posibilidades de implementación de prácticas especializadas como mantenimiento especializado.
- El seguimiento de la variabilidad del proceso en un período extenso es uno de los objetivos del trabajo estándar y es propicio para generar cultura de mejoramiento continuo.

BIBLIOGRAFÍA

Análisis y diseño de tratamiento secundario [en línea]. [Consultado el 30 de enero del 2012, 6:00 p.m.]. Disponible en Internet: <URL: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/hammeken_a_am/capitulo6.pdf >

BAVARIA S.A. Informe de Desarrollo Sostenible [en línea]. 2011. [Consultado el 10 de enero del 2012, 9:00 a.m.]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.bavaria.co/admin/uploads/documentos/Bavaria_Informe_2012_27-mar.pdf>

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO. Decreto 1594. Vertimientos. 1984. 27 p.

_____. Decreto 3930. 2010. 27 p.

COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Sección II Tratamiento de Aguas Residuales. 2000.144 p.

DA CAMARA, Lesly; HERNÁNDEZ, Mario y PAZ, Luiselena. Manual de Diseño para Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Alimenticias [en línea]. [Consultado el 20 de enero del 2012, 8:05 p.m.]. Disponible en Internet: <URL:http://www.frbb.utn.edu.ar/carreras/efluentes/manual_tratamiento.pdf>

EMEROW, Nelson y DASGUPTA, Avijit. TRATAMIENTO DE VERTIDOS INDUSTRIALES Y PELIGROSOS. Madrid, Ediciones Díaz Santos. 1998. p. 685.

FRAUME RESTREPO, Néstor Julio. Diccionario ambiental. Colección textos universitarios. Área ecología y medio ambiente. 2007. Colombia: Ecoe Ediciones. p. 465.

GENG, Hwaiyu. Manufacturing Engineering Handbook [en línea]. Mc Graw-Hill. 2004. [Consultado el 12 de febrero del 2012, 3:35 p.m.]. Disponible en Internet: <URL:<http://www.accessengineeringlibrary.com/browse/manufacturing-engineering-handbook>>

GWE LTD. Manual de operación planta de tratamiento. Yumbo, Valle. 2007.

MARÍN GALVÍN, Rafael. Físicoquímica y Microbiología de los Medios Acuáticos Tratamiento y Control de Calidad de Aguas. Madrid: Ediciones Díaz Santos. 2003. p. 307.

OMELCHENKO, Alexander y PIVOVAROV, Alexander A. BD Springer [en línea] Serie IV. Vol. 48

Operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales. Sexta Edición. Training. México: Mc Graw-Hill Professional. 2008.

OROZCO JARAMILLO, Álvaro. Bioingeniería de Aguas Residuales. Universidad de Antioquia, Facultad de Ingenierías. 1987. p. 473.

OROZCO JARAMILLO, Álvaro. Teoría y Diseño. Bogotá: Editorial ACODAL. 2005. p. 570.

PAVCO INGENIERÍA. Manual de operación planta de tratamiento. Armenia. Bavaria S.A. 2007

RAMALHO, R.S. Introduction To Wasterwater Treatment Processes. 2ª ed. London, Academic Press. 2003. p. 696.

ROJAS, Olga. Relación Alcalinidad AGV – Ácidos Grasos Volátiles [En línea]. Universidad del Valle, Colombia. 1987. [Consultado el 25 de enero del 2012, 7:05 a.m.]. Disponible en Internet: <URL:<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd68/000866/000866d.pdf>>

SCHONBERGER, Richard J. Manufactura de Clase Mundial para el Próximo Siglo. México: Prentice Hall Hispanoamericana S. A. 1996.

Standard Methods. Ed. 2011

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Digestión Anaerobia. 1ª Ed. Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales, 2007.


ZANDIN, Kjell B. Manual del Ingeniero Industrial de Maynard. 5ª Edición. México: Mc Graw-Hill Professional. Vol. 1, 2005.

ANEXOS

Anexo A. SOP Manual de Operación

[\[Archivo en PDF\]](#)


Anexo B. Registros como soporte del proyecto

CE 801765 Página 1 de 1 Edición 01 Fecha Rev. 01/10/2011	CONTROL DE EJECUCIÓN DE CURSOS DE CAPACITACIÓN Y DESARROLLO	
Nombre CURSO/SEMINARIO y/o Evento: <u>Solución de problemas - Taller</u>		
Ciudad: <u>Buaramanga</u>		Fecha: <u>Diciembre</u>
(1) Horas programadas: <u>2</u>		(2) Horas Capacitación: _____ Total Horas (Entrenamiento + Capacitación): _____

No.	Contenido	Horas Capacitación	Horas Entrenamiento	Instructor	Cocurrencia de Métodos
1	Taller solución de problemas.	2		Ing. Carlos Góngora	
2				Ing. Álvaro Córdoba	
3					
4					

No.	Nombre y apellidos	CÓDIGO/IDENTIFICACION	ID / Área	Cargo	Firma
1	Jorge Alberto Sánchez Doria	1100950219	PTAR	TECNICO	
2	Tania Lineth Sandoval Poya	1098627550	PTAR	Tec. PTAR	<i>[Firma]</i>
3	Norberto Alonso Beltrán Castilla	1098623025	PTAR	Tec. PTAR	Norberto Beltrán
4	Cristóbal Mauricio Fombono Gallo	91540935	PTAR	Tec. PTAR	<i>[Firma]</i>
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					

(1) Horas dedicadas a transferir conocimientos adquiridos
 (2) Horas dedicadas al desarrollo y/o mejoramiento de habilidades. (Clasificadas, actividades en campo, trabajo en el puesto)
 (3) Si pertenece a Plan de Control, indicar DIRECCIÓN



CONTROL DE EJECUCIÓN DE CURSOS DE CAPACITACION Y DESARROLLO



Nombre Curso/Documento y/o Evento: Reunión One-Team
 Ciudad: Bucaramanga Fecha: ETIEN
 (1) Horas Entrenamiento: 4h (2) Horas Capacitación: _____ Total Horas (Entrenamiento + Capacitación): _____

No.	Contenido	Horas Capacitación	Horas Entrenamiento	Instructor	Documento de Identidad
1	<u>Reunión One-Team</u>	<u>4</u>			
2					
3					
4					

Item	Nombre y Apellidos	CEDULA/COLEGIO SAP	(3) CD / Área	Cargo	Firma
1	<u>Tatiana Carrillo Correa</u>	<u>1098669261</u>		<u>Practicante</u>	<u>[Firma]</u>
2	<u>Oscar Javier Lizarazo S.</u>	<u>91532042</u>		<u>Tec. Asistente</u>	<u>[Firma]</u>
3	<u>Johanna Yaca A.</u>	<u>1052377479</u>		<u>Tec. PTAR</u>	<u>[Firma]</u>
4	<u>Maritza Méndez Angarita</u>	<u>1098640309</u>		<u>Tec. Asistente</u>	<u>[Firma]</u>
5	<u>Angel Alberto Sanchez Duran</u>	<u>1100950219</u>		<u>Tec. PTAR</u>	<u>[Firma]</u>
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					

(1) Horas dedicadas a transferir conocimientos teóricos.
 (2) Horas dedicadas al desarrollo y/o mejoramiento de habilidades. (Dinámicas, actividades en campo, trabajo en el puesto).
 (3) Si pertenece a Función Central, colocar DIRECCION



CONTROL DE EJECUCIÓN DE CURSOS DE CAPACITACION Y DESARROLLO



Nombre Curso/Documento y/o Evento: 5'S Sensibilización
 Ciudad: Buco ramanga Fecha: _____
 (1) Horas Entrenamiento: 2 (2) Horas Capacitación: _____ Total Horas (Entrenamiento + Capacitación): _____

No.	Contenido	Horas Capacitación	Horas Entrenamiento	Instructor	Documento de Identidad
1	Sensibi Lizaída 5s	2		Sr. Ricardo Gomez	
2					
3					
4					

Item	Nombres y Apellidos	CEDULA/CODIGO SAP	(3) CD / Área	Cargo	Firma
1	Oscar Javier Lizaso	91552042	PTAP	Tec. PTAP	<i>[Signature]</i>
2	Maritza Mendez Argarita	1098640307	PTAP	Tec. Acustico	<i>[Signature]</i>
3	Idama Vacca	1032397479	PTAR	Tec. PTAR	<i>[Signature]</i>
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					

(1) Horas dedicadas a transferir conocimientos teóricos.
 (2) Horas dedicadas al desarrollo y/o mejoramiento de habilidades. (Dinámicas, actividades en campo, trabajo en el puesto).
 (3) Si pertenece a Función Central, colocar DIRECCION



CONTROL DE EJECUCIÓN DE CURSOS DE CAPACITACION Y DESARROLLO



Nombre Curso/Documento y/o Evento: Mantenimiento Autónomo Sensibilización

Ciudad: Bucaramanga

Fecha: 07 de febrero

(1) Horas Entrenamiento: _____

(2) Horas Capacitación: 2

Total Horas (Entrenamiento + Capacitación): 2

No.	Contenido	Horas Capacitación	Horas Entrenamiento	Instructor	Documento de Identidad
1	Que es MEM desde el pto de vista de Mto autónomo	1		Carlos Mora	
2	Que es mantenimiento autónomo	1		Carlos Mora	
3					
4					

Item	Nombre y Apellidos	CECULA/CODIGO SAP	(3) CD / Área	Cargo	Firma
1	Oscar J. Lizarrato	91532042	PTAP	Téc. Acueducto	
2	Maritza Méndez Argueta	1098640307	PTAP	Téc. Acueducto	
3	Jorge A. Sandoz Durán	1100950219	PTAR	Téc. PTAR	
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					

(1) Horas dedicadas a transferir conocimientos teóricos.
 (2) Horas dedicadas al desarrollo y/o mejoramiento de habilidades. (Dinámicas, actividades en campo, trabajo en el puesto)
 (3) Si pertenece a Función Central, colocar DIRECCION.



CONTROL DE EJECUCIÓN DE CURSOS DE CAPACITACION Y DESARROLLO



Nombre Curso/Documento y/o Evento: Solución de Problemas - Teoría

Ciudad: Bucaramanga

Fecha: 23 de Noviembre 2011

(1) Horas Entrenamiento: 2

(2) Horas Capacitación: 2

Total Horas (Entrenamiento + Capacitación): _____

No.	Contenido	Horas Capacitación	Horas Entrenamiento	Instructor	Documento de Identidad
1	Fundamentos solución de problemas	1		Carlos Guzmán	
2	Instrumentos de solución de problemas	1		Carlos Guzmán	
3					
4					

Item	Nombres y Apellidos	CEDULA/CONTRATO SAP	(3) CB / Área	Cargo	Firma
1	Carlos Ramiro Tambiano García	91540533	PTAR	Tecnólogo	
2	Carlos Alberto Nino B	74381023	PTAR	Tecnólogo	
3	Jorge Alberto Sandoz Díaz	1100750219	PTAR	Tecnólogo	
4	Osvaldo J. Lizarazo Solano	91532042	PTAR	Tecnólogo	
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					

(1) Horas dedicadas a transferir conocimientos teóricos.
 (2) Horas dedicadas al desarrollo y/o mejoramiento de habilidades. (Dinámicas, actividades en campo, trabajo en el puesto).
 (3) Si pertenece a Función Central, colocar DIRECCION





TABLA DE DATOS TOMA DE TIEMPOS OPERARIO NUEVO



No	Tiempo toma de muestras	Tiempo desarrollo de Análisis	Firma
1	0:16:23	2:05:15	Alexis A. Quiroz Vargas
2	0:13:15	1:45:00	Alexis A. Quiroz Vargas
3	0:13:55	1:42:00	Alexis A. Quiroz Vargas
4	0:09:04	1:36:15	Alexis A. Quiroz Vargas
5	0:09:12	1:39:00	Alexis A. Quiroz Vargas
6	0:08:46	1:33:00	Alexis A. Quiroz Vargas
7	0:09:21	1:24:45	Alexis A. Quiroz Vargas
8	0:08:48	1:38:00	Alexis A. Quiroz Vargas
9	0:08:35	1:20:00	Alexis A. Quiroz Vargas
10	0:08:05	1:16:00	Alexis A. Quiroz Vargas
11	0:08:02	1:12:57	Alexis A. Quiroz Vargas
12	0:07:43	1:21:12	Alexis A. Quiroz Vargas
13	0:07:30	1:10:00	Alexis A. Quiroz Vargas
14	0:07:13	1:08:00	Alexis A. Quiroz Vargas
testd. 15	0:08:00	0:55:00	Alexis A. Quiroz Vargas