

**Mejoramiento del proceso de producción de nitrato de calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ de la empresa
Fertilizantes Colombianos S.A.**

Elayne Leonor Jiménez Becerra

Jorge Luis Roperó Celerón

Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero Industrial

Director

Edward Parra

Ingeniero Industrial

Universidad Industrial de Santander

Facultad Ingenierías Físico Mecánicas

Escuela de Estudios Industriales y Empresariales

Bucaramanga

2017

Dedicatoria

A Dios, por guiarme y brindarme su infinita sabiduría y darme la bendición de poder cumplir un logro más en este difícil camino de la vida.

A mi querido padre Erwin Jiménez Mora, por enseñarme a que siempre vale la pena soñar. Aquí están reflejados cada uno de tus sacrificios Pa'.

A mi querida madre Ligia Becerra, ejemplo de mujer e inspiración de mi vida, su infinito amor y apoyo incondicional no me dejaron desfallecer.

A mis adorados hermanos, Erwin y Erlig, confidentes y coequiperos de lucha, cada uno de sus consejos me orientaron a ser la mejor versión de mi misma. Inseparables por siempre!

A Esteban, Emily, Elena y Emma, son mi mayor fuente de amor e inspiración. Lo más hermoso que me ha regalado Dios.

A todas las personas que de una u otra forma me ayudaron a cumplir este sueño. Este logro es también de todos ustedes.

Elayne Leonor Jiménez Becerra

Dedicatoria

Tengo el convencimiento de que no hay camino al éxito sin sacrificio y que el final de un proyecto es en realidad la señal de inicio de otro más. Creo que el éxito así como el fracaso, son relativos, y no son más importantes que los propósitos que nos mantienen en pie y la confianza que depositamos en ellos. Al final, la experiencia que deja el camino es probablemente lo más valioso que nos queda. Por ello, agradezco y dedico a Dios esta tesis, porque sin la infinita confianza que deposito en su ayuda por cada momento de flaqueza y conquista de mis logros, seguramente habría sido imposible escribir hoy esta página.

Un día escuché a alguien decir que “solos llegamos más rápido, pero acompañados llegamos más lejos”. Sé del valor de las personas que acompañan mi camino, y no imagino cuán difícil habría sido llegar sin ellos. Por eso dedico esto a familia, amigos y colegas que representaron un apoyo enorme en cada paso para conseguir esta meta.

No podría ni pensar en cada cosa que hago, en cada logro, alegría, tristeza, en lo que soy y lo que seré; buen hermano y buen amigo, sin ser en primer lugar, un buen hijo. A ustedes, mis padres Jorge Luis Roperó Medina y Mary Luz Celedón Romo, mi inspiración y mi más grande orgullo, mis personas más preciadas y amigos incondicionales, dedico como un pequeño regalo pero con enorme agradecimiento esta tesis. Gracias porque nadie más que ustedes conoce verdaderamente el esfuerzo de cada paso en mis luchas, y nadie más que yo conoce el sacrificio que representa el apoyo de una madre y un padre como los que la vida me dio el privilegio de tener en el camino que decidí emprender, y que hoy supera un nuevo peldaño.

Jorge Luis Roperó Celedón

Contenido

	Pág.
Introducción	22
Cumplimiento de objetivos	23
1. Generalidades de la empresa.....	24
1.1 Identificación de la empresa	24
1.1.1 Localización.....	25
1.1.2 Objeto social	25
1.1.3 Portafolio de productos	26
1.1.4 Mapa de procesos.....	27
1.1.5 Estructura organizacional.....	27
1.2 Planteamiento del problema.....	28
1.3 Objetivos	28
1.3.1 Objetivo general.....	28
1.3.2 Objetivos Específicos.....	29
1.4 Alcance del proyecto.....	29
1.5 Resultados esperados	30
1.6 Metodología del proyecto	31
2. Marco de Referencia	35
2.1 Marco de Antecedentes.....	35

2.2 Marco Conceptual.....	36
2.2.1 Mezcla.....	36
2.2.2 Materia prima.....	36
2.2.3 Insumos	37
2.2.4 Producción	37
2.2.5 Almacenamiento.	37
2.2.6 Procesos	37
2.2.7 Productividad.....	37
2.2.8 Indicadores.....	38
2.2.9 Inventario	38
2.3 Marco Teórico.....	38
2.3.1 Definición Química del Nitrato de Calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	38
2.3.2 Formas de Obtención de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	38
2.3.3 Aplicaciones Técnicas del $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	39
2.3.4 Fertilizantes.....	42
2.3.5 Fertilizante Nitrato de Calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	43
2.3.6 Herramientas Cuantitativas y Cualitativas.....	44
2.3.7 Distribución de la planta	47
2.4 Marco legal	47
3. Diagnostico	49
3.1 Metodología del diagnóstico.....	49
3.2 Descripción del proceso productivo.....	50
3.2.1 Descripción del proceso de producción de nitrato de calcio.....	52

3.2.2 Análisis cuantitativo.....	59
3.2.3 Análisis cualitativo.....	75
4. Propuestas de mejora	80
4.1 Propuestas para el mejoramiento del proceso productivo en la planta de Nitrato de Calcio..	82
4.1.1 Propuesta para el mejoramiento de la productividad basado en la capacidad instalada en la planta de Nitrato de Calcio	82
4.1.2 Propuesta para la implementación de un procedimiento para asegurar el control de calidad de la materia prima (Carbonato de Calcio y Ácido Nítrico), control del proceso de mezcla y producto terminado.....	89
4.1.3 Propuesta para la actualización del manual de operación de la planta de producción de Nitrato de Calcio.....	92
4.1.4 Propuesta para la definición de un plan para el mantenimiento preventivo y correctivo de las herramientas, equipos y maquinaria en la planta de Nitrato de Calcio	93
4.1.5 Propuesta de redistribución de equipos, maquinaria y estructura de la planta de Nitrato de Calcio, alineada con la metodología layout.....	94
4.1.6 Propuesta para la implementación de orden y aseo 5'S.....	101
4.1.7 Propuesta para el establecimiento de un plan de capacitación y entrenamiento para el personal operativo de la planta	106
4.1.8 Propuesta para el establecimiento de un programa de sensibilización y motivación para promover el autocuidado y el uso adecuado de los elementos de protección personal	108
4.1.9 Propuesta para el establecimiento de un plan de incentivos para cumplimiento de metas de producción, cumplimiento de normas de seguridad e iniciativas de mejora continua para la planta.....	111

4.1.10 Propuesta para la implementación de un procedimiento de selección y evaluación de proveedores.....	112
5. Análisis Costo-Beneficio de la propuesta de mejoramiento del proceso de producción en la planta de Nitrato de Calcio	114
5.1 Costos de inversión total.....	114
5.1.1 Costos de Operación	116
5.1.2 Beneficios	119
5.1.3 Relación de tiempo Beneficio-Costo	119
6. Socialización del plan de mejoramiento	121
7. Establecimiento e implementación de un sistema de indicadores de gestión.....	124
7.1 Propuesta para el diseño de un cuadro de indicadores de gestión para el proceso productivo en la planta de Nitrato de Calcio.....	124
7.1.1 Indicadores Programa de Orden y Aseo	126
7.1.2 Indicador de Carga de Carbonato de Calcio en el Proceso Productivo	127
7.1.3 Optimización De La Producción De Nitrato De Calcio.....	128
7.1.4 Distribución de la planta de nitrato de calcio.....	128
7.1.5 Desempeño global.....	129
7.2 Evaluación de indicadores de gestión a programas implementados.....	131
7.2.1 Programa 5S´s.....	131
7.2.2 Mejoramiento de la productividad basado en la capacidad instalada en la producción de Nitrato de Calcio.....	138
8. Conclusiones	140
9. Recomendaciones	142

Referencias Bibliograficas 144

Lista de Figuras

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Logo de la empresa. Adaptado de Fertilizantes Colombianos S.A.....	25
<i>Figura 2.</i> Imagen aérea de las instalaciones de FERTICOL S.A. Adaptado de Imágenes 2015 CNES/Astrium Datos del mapa. Google	25
<i>Figura 3.</i> Productos Fertilizantes S.A. Adaptado de Fertilizantes Colombianos S.A	26
<i>Figura 4.</i> Mapa de procesos de Fertilizantes S.A. Adaptado de Fertilizantes Colombianos S.A	27
<i>Figura 5.</i> Organigrama de Fertilizantes Colombianos S.A. Adaptado de Fuente: Fertilizantes Colombianos S.A	27
<i>Figura 6.</i> Recorridos de visitas realizadas, inspecciones y entrevistas.	51
<i>Figura 7.</i> 3D Planta de Nitrato de Calcio. Adaptado de Fertilizantes Colombianos S.A.....	52
<i>Figura 8.</i> Diagrama de Bloques del Proceso de Producción de Nitrato de Calcio. Adaptado de Fertilizantes Colombianos SA.	53
<i>Figura 9.</i> Banda transportadora y Tolva. Adaptado de Fertilizantes Colombianos S.A	55
<i>Figura 10.</i> Válvula del tanque de almacenamiento de ácido Nítrico HNO_3 y Tanque reactor. Adaptado de Fertilizantes Colombianos S.A	55
<i>Figura 11.</i> Tanque atmosférico de almacenamiento y enfriador. <i>Adaptado de</i> Fertilizantes Colombianos S.A	56
<i>Figura 12.</i> Piscina de Lodos. Adaptado de Fertilizantes Colombianos S.A.....	57
<i>Figura 13.</i> Tanques de Almacenamiento. Adaptado de Fertilizantes Colombianos S.A	58

<i>Figura 14.</i> Diagrama de recorrido de la Planta de Nitrato de Calcio	67
<i>Figura 15.</i> Índice de utilización anual de la Planta de Nitrato de Calcio	70
<i>Figura 16.</i> Índice de utilización año 2015 para la planta de Nitrato de Calcio. Adaptado de Fertilizantes Colombianos S.A	71
<i>Figura 17.</i> Índice de utilización año 2016 para la planta de Nitrato de Calcio. Adaptado de Fertilizantes Colombianos S.A	72
<i>Figura 18.</i> Diagrama de causa – efecto	75
<i>Figura 19.</i> Diagrama de redes, Resultados 5s	78
<i>Figura 20.</i> Estrategia para el mejoramiento de la productividad basado en la capacidad instalada en la planta de Nitrato de Calcio.....	83
<i>Figura 21.</i> Tiempos por Lote de Producción de Nitrato de Calcio.....	87
<i>Figura 22.</i> Distribución actual de la planta de Nitrato de Calcio	95
<i>Figura 23.</i> Distancias entre centroides en la distribución actual de la planta.....	97
<i>Figura 24.</i> Nueva distribución de la planta de Nitrato de Calcio	98
<i>Figura 25.</i> Cálculo gráfico de las nuevas distancias entre centroides	99
<i>Figura 26.</i> Jornadas de socialización de propuestas de mejora	121
<i>Figura 27.</i> Recurso Humano de planta de Nitrato de Calcio.....	122
<i>Figura 28.</i> Material utilizado en socialización de propuestas	122
<i>Figura 29.</i> Material utilizado en socialización de programa 5S	123
<i>Figura 30.</i> Resultado del seguimiento a la implementación del programa 5S´s. Diagnóstico Inicial	132
<i>Figura 31.</i> Resultados seguimiento a la implementación del programa 5S´s. Primera medición bimestral.....	133

<i>Figura 32.</i> Resultados seguimiento a la implementación del programa 5S´s. Segunda medición bimestral.....	135
<i>Figura 33.</i> Implementación de programa 5S en segunda medición bimestral.....	135
<i>Figura 34.</i> Implementación de programa 5S en área de materia prima.....	135
<i>Figura 35.</i> Resultados seguimiento a la implementación del programa 5S´s. Tercera medición bimestral.....	136
<i>Figura 36.</i> Implementación del programa 5S´s. Tercera medición bimestral	137
<i>Figura 37.</i> Implementación programa de 5s en área de reacción	137
<i>Figura 38.</i> Implementación de programa 5S en el área de cargue de materia prima	138
<i>Figura 39.</i> Implementación de programa de 5S Señalización y demarcación.....	138
<i>Figura 40.</i> Comparación de la cantidad de Nitrato de Calcio producido con implementación de cambio operacional de un turno de 8 horas.	139

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Cumplimiento de objetivos	23
Tabla 2. Información general de la empresa Fertilizantes Colombianos S.A.....	24
Tabla 3. CIUU, Fertilizantes Colombianos S.A.....	26
Tabla 4. Guía para calificar la velocidad.	45
Tabla 5. Especificaciones Técnicas de Materia prima	54
Tabla 6. Análisis de Control de Calidad de producto terminado.	59
Tabla 7. Duración de las Operaciones de la Planta de Nitrato de Calcio.....	60
Tabla 8. Datos Generales de costo operacional por lote.	61
Tabla 9. Costo operacional por sección	61
Tabla 10. Costos asociados al despilfarro de tiempos en operación de Reacción	62
Tabla 11. Costos asociados al despilfarro de tiempos en operación de Decantación	63
Tabla 12. Costos asociados al despilfarro de tiempos en operación de Almacenamiento	65
Tabla 13. Capacidad de Producción Actual de la empresa	68
Tabla 14. Índice de utilización de la capacidad anual.....	69
Tabla 15. Índice de utilización de la capacidad año 2015.....	71
Tabla 16. Índice de utilización de la capacidad año 2016.....	72
Tabla 17. Análisis de Utilidad Anual.....	73
Tabla 18. Nivel de cumplimiento en las operaciones	78

Tabla 19. Identificación de Problemas con herramienta 5S.....	79
Tabla 20. Propuestas de mejora	80
Tabla 21. Descripción de la estrategia para el mejoramiento de la productividad basado en la capacidad instalada en la planta de Nitrato de.....	84
Tabla 22. Inversión para la implementación de la propuesta.....	91
Tabla 23. Inversión Actualización manual de operaciones.....	93
Tabla 24. Inversión para el diseño del plan de mantenimiento.....	94
Tabla 25. Resumen de distancias entre centroides actuales.....	98
Tabla 26. Resumen de las nuevas distancias entre centroides	100
Tabla 27. Inversión para propuesta de redistribución de planta	101
Tabla 28. Inversión para propuesta de 5s.....	106
Tabla 29. Inversión para propuesta de plan de capacitación y entrenamiento.....	108
Tabla 30. Inversión propuesta del programa de sensibilización y autocuidado.....	110
Tabla 31. Inversión propuesta de plan de incentivos para cumplimiento de metas.....	112
Tabla 32. Inversión propuesta de programa de evaluación de proveedores	114
Tabla 33. Costo de inversión total Estrategia de mejoramiento	114
Tabla 34. Salario mínimo legal vigente	116
Tabla 35. Prestaciones y Vacaciones.	117
Tabla 36. Aportes sociales.	117
Tabla 37. Costo por empleado	117
Tabla 38. Resistencia de concretos/Proporción por metro cubico	118
Tabla 39. Costos de materia prima.....	118
Tabla 40. Relación en tiempo Beneficio-Costo	120

Tabla 41. Indicadores de gestión propuestos	125
Tabla 42. Ficha técnica de los indicadores	125
Tabla 43. Ficha Técnica de Evolución de la implementación del programa 5S's	126
Tabla 44. Ficha Técnica de Disminución en el desperdicio de Carbonato de Calcio.....	127
Tabla 45. Ficha Técnica de Aumento en la producción de Nitrato de Calcio	128
Tabla 46. Ficha Técnica de Mejora en la distancia recorrida en la planta.....	129
Tabla 47. Ficha Técnica de Costos Logísticos Sobre Ventas	130
Tabla 48. Seguimiento a la implementación del programa 5S's. Diagnóstico Inicial	131
Tabla 49. Seguimiento a la implementación del programa 5S's. Primera medición bimestral ..	132
Tabla 50. Implementación de programa 5S de la primera medición bimestral	133
Tabla 51. Seguimiento a la implementación del programa 5S's. Segunda medición bimestral .	134
Tabla 52. Seguimiento a la implementación del programa 5S's. Tercera medición bimestral...	136
Tabla 53. Resultados consolidado implementación programa 5S's	137
Tabla 54. Descripción resultados obtenidos en pilotos de producción de Nitrato de Calcio.....	139

Lista de apéndices**Pág.**

Apéndice A. Especificaciones de maquinaria

Apéndice B. Diagrama de flujo

Apéndice C. Estudio de Métodos y Tiempos

Apéndice D. Diagrama de operaciones

Apéndice E. Lista de chequeo Orden y limpieza

Apéndice F. Manual de operaciones

Apéndice G. Plan de mantenimiento preventivo y correctivo

Apéndice H. Programa de inducción, capacitación y entrenamiento

Apéndice I. Matriz de capacitación y entrenamiento

Apéndice J. Programa de autocuidado y uso de elementos de protección personal

Apéndice K. Plan de incentivos

Apéndice L. Procedimiento de compras

Apéndice M. Guía para evaluación de proveedores

Apéndice N. Socialización

Apéndice Ñ. Socialización de Orden y limpieza 5s

Apéndice O. Indicadores de gestión

Resumen

Título: Mejoramiento del proceso de producción de nitrato de calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ de la empresa Fertilizantes Colombianos S.A.*

Autores: Elayne Leonor Jiménez Becerra
Jorge Luis Roperó Celedón**

Palabras clave: Nitrato de Calcio, Fertilizantes Colombianos S.A., Proceso Productivo, Mantenimiento Preventivo

En este trabajo de grado se diseña e implementa un plan de mejoramiento como instrumento fundamental para la solución de las falencias encontradas en el proceso de producción de Nitrato de Calcio en la empresa Fertilizantes Colombianos S.A, mediante técnicas de análisis y mejora de procesos.

Inicialmente para el desarrollo del proyecto, se realizó un diagnóstico de la situación actual del proceso de producción en estudio, partiendo de información cualitativa y cuantitativa recopilada y analizada en la empresa, lo que permitió conocer detalladamente los aspectos más relevantes de dicho proceso. A partir de los resultados obtenidos en el diagnóstico, se formulan propuestas de mejora tales como manual de procedimientos, redistribución de la planta, cambios operacionales, implementación de 5s y se seleccionan según la viabilidad establecida por la dirección de la empresa, obteniendo de tal forma un plan de mejoramiento final.

Posteriormente, se da inicio a la fase final donde se realiza la implementación, evaluación y control de dichas acciones de mejora y a su vez mediante una comparación de lo encontrado con lo mejorado, se demuestra el impacto de la ejecución de las actividades realizadas a través de la medición de los indicadores de gestión planteados en la fase final de dicho proyecto.

* Proyecto de grado

** Facultad de ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales Director: Edward Parra

Abstract

Title: Improvement of the calcium nitrate $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ production process of the company Fertilizantes Colombianos S.A.*

Authors: Elayne Leonor Jiménez Becerra
Jorge Luis Roperó Celedón**

Keywords: Calcium nitrate, Fertilizers Colombian S.A., Production Process, Preventive Maintenance

In this work of degree is designed and implemented an improvement plan as Fundamental instrument for the solution of the shortcomings found in the process of Production of calcium nitrate in the company Fertilizantes Colombianos S.A techniques of analysis and improvement of processes.

Initially for the development of the project, a diagnosis was made of the current situation of the production process under study, based on qualitative and quantitative information compiled and analyzed in the company, which allowed to know in detail the most relevant aspects.

From the results obtained in the diagnosis formulate proposals for improvement such as manual of procedures, redistribution of the plant, operational changes, implementation of 5s and selected according to the viability established by the management of the company obtaining form a final improvement plan.

Subsequently, the final phase begins where the implementation, evaluation and control of these actions and in turn through a comparison of what is found with the impact of the execution of the activities carried out through the management indicators proposed in the final phase of the project.

* Project of grade

** Faculty of Engineering Physicomecanicas. School of Industrial and Business Studies Director: Edward Parra

Introducción

La empresa Fertilizantes Colombianos S.A., pertenece al sector petroquímico, con 50 años de presencia en el mercado y conscientes de la necesidad de avanzar continuamente en la búsqueda del mejoramiento de sus procesos, desarrolla sistemáticamente actividades de seguimiento a la producción por medio de la revisión de las oportunidades de mejora que se presentan en cada una de las plantas que integran la factoría.

Este proyecto pretende desarrollar un mejoramiento del proceso de producción en la planta de Nitrato de Calcio, mediante el análisis y solución de falencias en aspectos técnicos. Esta propuesta fue el resultado de un ejercicio de campo, realizado por medio de visitas a las instalaciones de la planta, revisión de documentos e información relacionada con el proceso de producción, así como encuestas y entrevistas con el personal técnico y profesional encargado de la operación de la planta.

La metodología a desarrollar incluye: la realización del diagnóstico del proceso de producción de Nitrato de Calcio, la determinación de la capacidad de producción de la planta, la implementación de mejoras en el proceso de producción, el establecimiento e implementación de un sistema de indicadores de gestión para el control de las mejoras implementadas y el análisis costo beneficio de la implementación de la mejora en el proceso de producción de Nitrato de Calcio.

De esta manera, la empresa Fertilizantes Colombianos S.A se proyecta al mejoramiento continuo en sus procesos de producción, ya que los resultados obtenidos en el proyecto se

convertirán en una herramienta para la toma de decisiones que permitirá en el corto y mediano plazo obtener productos cada vez más acordes a la necesidad de los mercados local, regional y nacional.

Tabla 1.

Cumplimiento de objetivos

Objetivo	Cumplimiento
Realizar un diagnóstico, para conocer detalladamente la situación actual del proceso de producción de Nitrato de Calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, a través de un estudio de métodos y tiempos, con el fin de identificar deficiencias que no permiten un desarrollo adecuado del sistema productivo, y así proponer mejoras para el proceso.	Capítulo 3.
Desarrollar e implementar plan de mejoramiento en el proceso de producción de Nitrato de Calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, según los recursos disponibles por parte de Fertilizantes Colombianos S.A.	Capítulo 4
Realizar análisis Costo Beneficio de la propuesta de mejoramiento del proceso de producción en la planta de Nitrato de Calcio de acuerdo a los criterios y restricciones establecidos por la empresa Fertilizantes Colombianos S.A.	Capítulo 5.
Socializar el plan de mejoramiento a través de actividades de capacitación al personal de la planta de Fertilizantes Colombianos S.A.	Capítulo 6.
Establecer e implementar un sistema de indicadores de gestión para el control de las mejoras implementadas en el proceso de producción de Nitrato de Calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	Capítulo 7.

1. Generalidades de la empresa

1.1 Identificación de la empresa

Nombre de la empresa: Fertilizantes Colombianos S.A. - FERTICOL

Tabla 2.

Información general de la empresa Fertilizantes Colombianos S.A.

Razón Social	Fertilizantes Colombianos S.A.
Nit	860.014.760 -0
Representante Legal	Juan Carlos Reyes Nova

Nota: Fertilizantes Colombianos S.A.

Misión:

FERTILIZANTES COLOMBIANOS – FERTICOL S.A.- Somos una compañía dedicada al desarrollo de la cadena de valor de la industria petroquímica, mediante la producción, distribución y comercialización de abonos nitrogenados, con productos y materias primas que cumplen estándares de calidad. Somos responsables en la protección del medio ambiente y los recursos naturales. Aportamos al incremento de la productividad del agro y la seguridad alimentaria colombiana para cosechar la paz

Visión:

Para el 2024, seremos la primera empresa de Colombia en la fabricación de productos de la industria petroquímica y abonos nitrogenados, financieramente sostenible, con procesos

automatizados y mayor capacidad de producción. Fortaleceremos nuestra responsabilidad ambiental en los procesos productivos sobre el entorno.



Figura 1. Logo de la empresa. Adaptado de Fertilizantes Colombianos S.A.

1.1.1 Localización. Actualmente FERTILIZANTES COLOMBIANOS S.A se encuentra ubicada en la Diagonal 65 No. 46-30 Carretera Nacional en Barrancabermeja.



Figura 2. Imagen aérea de las instalaciones de FERTICOL S.A. Adaptado de Imágenes 2015 CNES/Astrium Datos del mapa. Google

1.1.2 Objeto social. La sociedad tiene por objeto la producción, distribución y venta de productos petroquímicos, especialmente en el ramo de abonos, con todas las industrias y actividades complementarias o accesorias. De acuerdo al Código Internacional Industrial

Uniforme (CIUU Rev. 4 A.C2) (Departamento Administrativo Nacional de Estadística), la empresa Fertilizantes Colombianos S.A se clasifica como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3.

CIUU, Fertilizantes Colombianos S.A.

Sección:	C	Industrias manufactureras
División:	20	Fabricación de sustancias y productos químicos
Grupo:	201	Fabricación de sustancias químicas básicas, abonos y compuestos inorgánicos nitrogenados, plásticos y caucho sintético en formas primarias
Clase:	2012	Fabricación de abonos y compuestos inorgánicos nitrogenados

Fuente: DANE

1.1.3 Portafolio de productos. Fertilizantes Colombianos S.A., ofrece en su portafolio empresarial fertilizantes con sustancias nutritivas que en su composición química tienen nitrógeno en forma asimilable para la planta, es decir, que cuando son aplicados, pueden ser absorbidos por los diferentes órganos, contribuyendo a su desarrollo y producción



Figura 3. Productos Fertilizantes S.A. Adaptado de Fertilizantes Colombianos S.A

1.1.4 Mapa de procesos

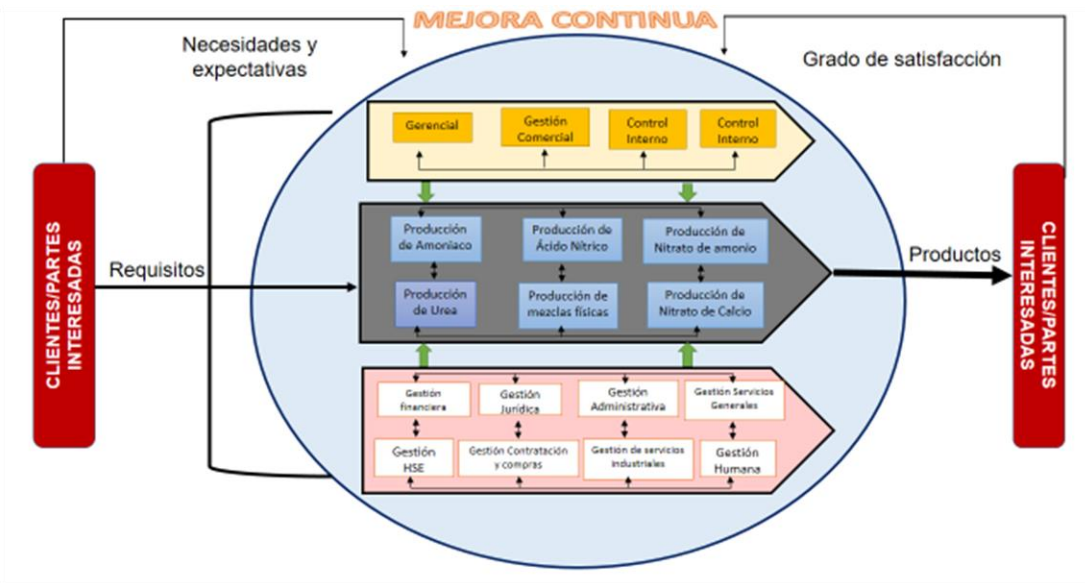


Figura 4. Mapa de procesos de Fertilizantes S.A. Adaptado de Fertilizantes Colombianos S.A

1.1.5 Estructura organizacional

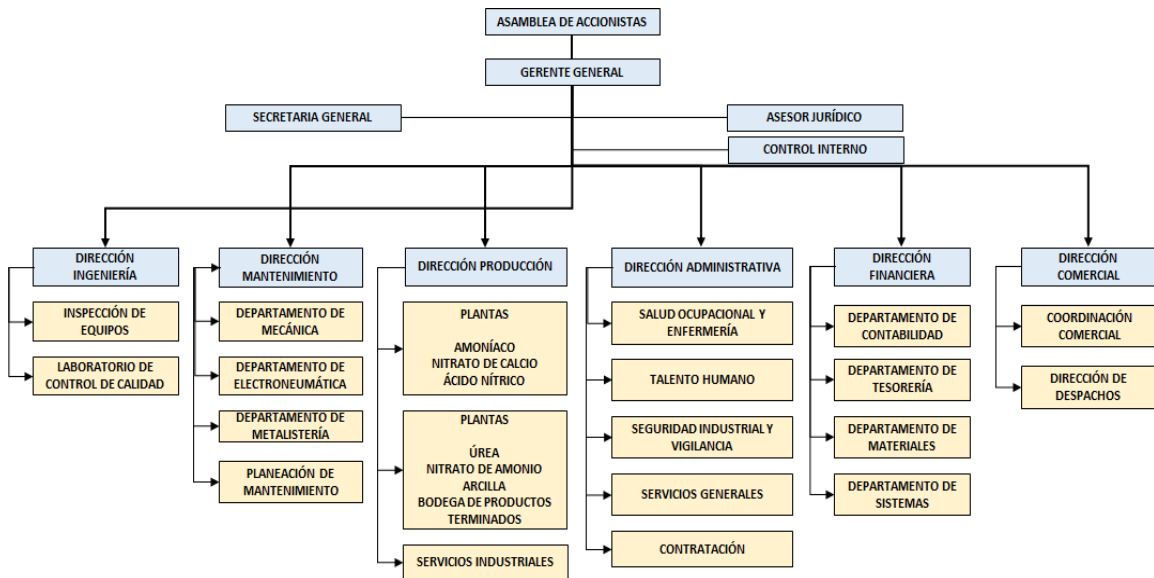


Figura 5. Organigrama de Fertilizantes Colombianos S.A. Adaptado de Fuente: Fertilizantes Colombianos S.A

1.2 Planteamiento del problema

En la actualidad el proceso de producción de Nitrato de Calcio de la empresa Fertilizantes Colombianos S.A., presenta inconsistencias regulares y sistemáticas en su producción diaria, debido entre otras, a la falta de calibración en el arranque de la maquinaria, el exceso de tiempo de vida útil de los equipos y la falta de mantenimiento preventivo de infraestructura y equipos. De esta forma, el proceso de producción presenta un sistema de operación tardío, lo cual hace que el sistema que la integra no sea el más eficiente.

Dado la situación anterior, se ha venido generando un impacto negativo en la compañía, lo cual se refleja en fallas de las actividades que causan reproceso, atrasos en las ordenes de producción, actividades y procesos fuera de control, escasas de producto terminado, lo cual a su vez provoca una disminución en las utilidades de la organización, pérdida de imagen y de clientes, así como la potencialización del riesgo de sostenibilidad a largo plazo de la organización.

La aplicación de metodologías de gestión y estandarización de procesos, permitirán brindar una alternativa de solución a esta problemática. De esta forma, la disminución de los costos y tiempos del proceso, redundará en beneficios económicos para la organización, así como la fidelización de sus clientes, mejora competitividad en el mercado de manera sostenible a largo plazo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. Diseñar e implementar un plan de mejoramiento del proceso de producción de Nitrato de Calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ de la empresa Fertilizantes Colombianos S.A.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico, para conocer detalladamente la situación actual del proceso de producción de Nitrato de Calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, a través de un estudio de métodos y tiempos, con el fin de identificar deficiencias que no permiten un desarrollo adecuado del sistema productivo, y así proponer mejoras para el proceso.
- Desarrollar e implementar plan de mejoramiento en el proceso de producción de Nitrato de Calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, según los recursos disponibles por parte de Fertilizantes Colombianos S.A.
- Evaluar financieramente las alternativas de mejora para determinar su viabilidad de implementación de acuerdo a los criterios y restricciones establecidos por la empresa Fertilizantes Colombianos S.A.
- Socializar el plan de mejoramiento a través de actividades de capacitación al personal de la planta de Fertilizantes Colombianos S.A.
- Establecer e implementar un sistema de indicadores de gestión para el control de las mejoras implementadas en el proceso de producción de Nitrato de Calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$

1.4 Alcance del proyecto

El alcance de este proyecto está direccionado a las secciones que intervienen en el proceso de producción de nitrato de calcio de Fertilizantes Colombianos S.A, en donde se realizará un estudio de la situación actual, estableciendo las falencias y las oportunidades de mejora en cada una de las secciones y operaciones del proceso; para las cuales se diseñarán propuestas que ayuden a

aumentar la productividad de las secciones mencionadas del proceso, también disminuir el alto índice de despilfarros y una adecuada distribución de planta.

Igualmente, este proyecto contempla la implementación de las propuestas de mejora durante su desarrollo, con acompañamiento de la gerencia administrativa de la empresa. También el proyecto busca definir e implementar el manual de procedimientos para las secciones del proceso de producción. De manera conjunta con el desarrollo de los manuales se diseña e implementa un sistema de indicadores para evaluar el impacto de las propuestas de mejora formuladas.

1.5 Resultados esperados

Con el desarrollo del proyecto titulado “MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE NITRATO DE CALCIO $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ DE LA EMPRESA **FERTILIZANTES COLOMBIANOS S.A**”, se espera evidenciar el cumplimiento de la totalidad de los objetivos propuestos y con esto, la implementación de mejoras que permitan alcanzar un aumento en la capacidad de producción de la planta de Nitrato de Calcio. A través de la ejecución de este proyecto, se alcanzarán los siguientes resultados:

- Caracterización y análisis del proceso de producción de Nitrato de Calcio mediante la identificación de puntos críticos, ineficiencias, y despilfarros en la planta de producción, mediante la descripción del proceso de producción y la revisión de los aspectos relacionados con recurso humano disponible, maquinas, materiales, dirección, métodos, calidad y seguridad.
- Estudio de tiempos y análisis de capacidad de la planta de Nitrato de Calcio, lo cual permitirá estimar la duración de cada una de las actividades que hacen parte del proceso productivo y la estimación de la capacidad de producción de la planta.

- Definición e implementación del plan de mejoramiento, a través de la aplicación de la estrategia de las cinco eses (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke), el rediseño y aplicación de nuevos procedimientos operativos, manual de funciones e indicadores de gestión para el control de las mejoras implementadas en el proceso de producción de Nitrato de Calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.

- Actualización del manual de operaciones y mantenimiento de la planta
- Capacitación de los operadores y supervisores de la planta para asegurar la correcta implementación de mejoras en el proceso productivo.
- Evaluación financiera de las alternativas de mejora para determinar su viabilidad.

Al final de la práctica del presente proyecto titulado “**MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE NITRATO DE CALCIO $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ DE LA EMPRESA FERTILIZANTES COLOMBIANOS S.A.**”, se pretende que la planta de Nitrato de Calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ mejore en el rendimiento de la producción, haciéndola más competitiva, aprovechando al máximo la materia prima, generando el mínimo impacto al ambiente, ocasionando la mínima exposición de riesgos a los trabajadores, y generando mayor rentabilidad económica.

1.6 Metodología del proyecto

El desarrollo de este proyecto comprenderá las siguientes etapas:

Etapas I: Introducción e identificación de la empresa

En esta primera etapa se realizan todas las actividades dirigidas a comprender el funcionamiento de la empresa. Se requiere visitas por parte de los practicantes para desarrollar el levantamiento de datos, entrevistas y exploración del estado actual de la factoría y la planta de nitrato de calcio con el fin de tener una mayor comprensión de la situación actual.

Etapa II: Diagnostico del estado actual de la planta y análisis del proceso de producción

Una vez entendido el funcionamiento general de la empresa, se procede a profundizar en la planta de Nitrato de Calcio, realizando visitas a la instalaciones de la planta donde se identificará y se valorará los factores técnicos, ambientales y de seguridad; se realizará entrevistas al ingeniero jefe del área de producción, al ingeniero auxiliar, los operadores y auxiliares de operación de la planta de Nitrato de Calcio, para conocer en detalle los temas asociados al proyecto de grado.

Se realizará visitas de campo con personal profesional y técnico asignados a la planta para el previo diseño de un diagrama de flujo del proceso, diagrama de operaciones y diagrama de recorrido, donde se especificará la materia prima, la cantidad de procesos y de forma más detallada cada una de las operaciones identificadas en el diagnóstico. Los resultados de esta fase son:

- Estudio de métodos y tiempos
- Análisis de procesos
- Análisis de capacidad

Etapa III: Análisis de las causas y efectos presentados en el diagnóstico en la producción de nitrato de calcio.

- **Evaluación de operaciones.** Los diagramas de causa y efecto elaborados por cada una de las operaciones en la fase del diagnóstico servirá para información base y puntual de esta evaluación. Se debe recordar que los diagramas de Causa y Efecto únicamente identifican causas posibles. Aun cuando todos estén de acuerdo en estas causas posibles, solamente los datos apuntarán a las causas.

Para llegar a la matriz de un problema en un proceso se requerirá identificar todas las causas posibles de su generación. Las causas son originadas por la forma en cómo el trabajo se realiza y

por las variaciones en este proceso. Estas variaciones podrían darse en máquinas, medio ambiente, mano de obra, materia prima y el método que utiliza el operario para realizar su trabajo.

El llevar a cabo la evaluación de causa-efecto permitirá identificar las fuentes clave de qué está causando el problema. Cuando se eliminan o se efectúan cambios en estas causas raíz o principales, se tendrá un gran impacto en la solución del problema global, por tanto se procederá con un análisis descriptivo de las distintas secciones del proceso de producción del Nitrato de Calcio. Aquí se valorarán las causas por las cuales se presenta niveles bajos de productividad de Nitrato de Calcio.

Etapas IV: Propuestas e implementación de mejoras en el proceso de producción de nitrato de calcio.

- **Descripción de las propuestas.** Para establecer las propuestas de mejoras que den solución a los problemas y falencias identificadas será necesario conocer los resultados derivados del análisis del estudio de método y tiempos, estudio de 5s y distribución de planta del proceso de producción, estas propuestas serán redactadas y socializadas con la Jefe de la Planta para recibir su apreciación y validación. Con base en esto, se evaluará cada una de las propuestas mediante criterios y parámetros técnicos, económicos, ambientales y de seguridad. A partir de esta evaluación, se elaborará un plan de mejoramiento general para toda la planta sin embargo se seleccionará la propuesta de mejora más viable para su implementación.

Durante esta etapa, mediante la metodología estandarizada para organizar el trabajo de una manera que se minimice el desperdicio, se asegurara que las zonas de trabajo estén sistemáticamente limpias y organizadas, mejorando la productividad y la seguridad. Esta metodología será aplicada en etapa sin implementación de mejoras y con implementación de mejoras, para poder obtener un buen seguimiento a cada una de las actividades de las 5s.

- Diseño y/o actualización de procedimientos: De acuerdo a todas las mejoras aprobadas en el plan presentado a la empresa y ya evaluada con viabilidad en criterios y parámetros técnicos, económicos, ambientales y de seguridad se procederá a realizar los diseños pertinente y/o actualización de procedimientos requeridos en la planta.

- Actualización del método estándar de trabajo de la planta de nitrato de calcio: Teniendo todos estos factores, se procederá a la actualización del método estándar de trabajo del proceso de producción de Nitrato de Calcio, en donde se plasmarán las modificaciones que se generen por las mejoras implementadas.

d. Capacitaciones: Todas las actividades que se implementarán en cada una de estas actividades serán socializadas de acuerdo a las responsabilidades otorgadas en los diferentes empleados de la empresa, profesionales y técnicos. Para esto se hará uso de ayudas audiovisuales e informáticas.

Etapa V: Seguimiento y control

Se diseñarán indicadores con el fin de medir el impacto de las mejoras implementadas y llevar control sobre la producción en la planta de Nitrato de Calcio en lo relacionado con los siguientes aspectos:

- Cantidad de retal
- Devoluciones de productos
- Aprovechamiento de maquinaria
- Productividad

Etapa VI: Cierre del proyecto

En esta última fase se realiza un análisis y revisión general del desarrollo del proyecto y se compara con los objetivos planteados inicialmente, a partir de ahí se realizan conclusiones y recomendaciones. Esta etapa también contempla todas las actividades, procedimientos y trámites

requeridos para dar fin con la práctica empresarial, cómo la elaboración del libro y sustentación del proyecto.

2. Marco de Referencia

A continuación se presentarán las teorías que enmarcan el proyecto, como referencia científica, filosófica, histórica y empírica, de los temas pertinentes para el mejoramiento del proceso de mezcla de materia prima para la producción de Nitrato de Calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ en la empresa FERTILIZANTES COLOMBIANOS S.A.

2.1 Marco de Antecedentes

Bautista Cala y Manzano Hoyos llevaron a cabo en el 2011 (Bautista Cala & Manzano Hoyos, 2011), un diagnóstico general en el proceso productivo de muebles modulares con el fin de obtener un conocimiento preliminar y realizar el levantamiento de procedimientos en donde se detectaron oportunidades de mejora. Se determinaron los tiempos del proceso, capacidad instalada y utilizada en cada uno de los centros de trabajo, se propuso un sistema de inventarios de materias primas y materiales que mantengan sus niveles para un desarrollo eficiente de la producción. Con el plan de mejora implementado, la capacidad de producción incrementó en un 23% en la línea de closets y muebles para televisión en un 54%.

En 2012, Jara Verdugo (Jara Verdugo, Cuenca, Ecuador) desarrolló una propuesta de estudio para el mejoramiento de los procesos productivos en la sección metalmecánica de la empresa Induglob, en la ciudad de Cuenca, Ecuador, en donde se hizo una descripción de las actividades desarrolladas, luego se hizo el mapeo de valor actual de esta sección para establecer el mapeo futuro. Mediante herramientas y procedimientos que contienen los nuevos sistemas de manufactura como sistemas de producción en línea y la teoría de restricciones (TOC).

En el año 2013, Gacharná Sánchez y González Negrete (Gacharná Sánchez & González Negrete, 2013) desarrollaron una propuesta para la mejora del proceso productivo en la empresa Confecciones Mercy, empleando herramientas de Lean Manufacturing, en donde Identificaron problemas y desperdicios en el proceso productivo, como la sobreproducción (hacer antes del siguiente proceso), espera del material (producto en proceso estancado) y exceso de inventario (en este caso de producto en proceso).

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Mezcla. Se usa para transformar una mezcla de sustancias en dos o más productos distintos. Los productos separados podrían diferir en propiedades químicas o algunas propiedades físicas (Medina, 2008).

2.2.2 Materia prima. Todos los elementos que se incluyen en la elaboración de un producto (Tecnología e Informática NSQ, s.f).

2.2.3 Insumos. Se utiliza para hacer referencia a todos aquellos implementos que sirven para un determinado fin y que se pueden denominar como materias primas, específicamente útiles para diferentes actividades y procesos (Facultad de Arquitectura Universidad Nacional de Ingeniería Managua Nicaragua, 2010).

2.2.4 Producción. Es la actividad principal de cualquier sistema económico que está organizado precisamente para producir, distribuir y consumir los bienes y servicios necesarios para la satisfacción de las necesidades humanas (E-ducativa, s.f).

2.2.5 Almacenamiento. Se almacena en un lugar seco, separado de materiales combustibles.

2.2.6 Procesos. Son una secuencia de actividades requeridas para elaborar un producto (bienes o servicios) esto depende en alto grado la productividad del proceso (Angeles, 2010).

2.2.7 Productividad. Es la forma de medir la eficiencia de la función de producción, y puede definirse como la relación entre la producción de un periodo y la cantidad de recursos consumidos para alcanzarla. Se trata de un concepto de carácter técnico y no financiero, por lo que debe medirse en unidades física. Por tanto, a la hora de mejorar la productividad caben dos opciones: reducir las entradas mientras las salidas permanecen constantes o aumentar las salidas mientras las entradas se mantiene constante (Angeles, 2010)

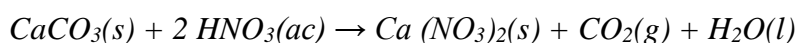
2.2.8 Indicadores. Relación entre las variables cuantitativas o cualitativas, que permite observar la situación y las tendencias de cambio generadas en el objeto o fenómeno observado, respecto a objetivos y metas previstas e influencias esperadas (ICONTEC, s.f.)

2.2.9 Inventario. Es el conjunto de mercancías o artículos que tiene la empresa para comerciar con aquellos, permitiendo la compra y venta o la fabricación primero antes de venderlos, en un periodo económico determinados.

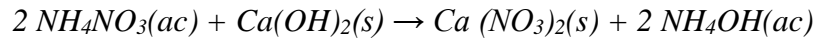
2.3 Marco Teórico

2.3.1 Definición Química del Nitrato de Calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. El Nitrato de Calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, es un compuesto químico inorgánico formado por nitrógeno, oxígeno y calcio; está a menudo en las aguas naturales y en el suelo. Forma las eflorescencias cristalinas de las paredes de los sótanos y las grutas. Esta sal absorbe la humedad del aire y se encuentra comúnmente como tetrahidrato. El tetrahidrato, monoclinico, densidad de 1.82 cristaliza de sus soluciones a temperaturas no superiores a 42.7°C . Se conoce otra forma de tetrahidrato, que se funde a 39.6°C . (Kirk, 1998, pág. 488).

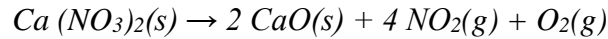
2.3.2 Formas de Obtención de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. El $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ es un compuesto químico formado por nitrógeno, oxígeno y calcio. Para obtener este compuesto se lo realiza de diversas formas: Es producida por el tratamiento de la piedra caliza con ácido nítrico, seguida de una neutralización con amoníaco (Levenspiel, 1987):



También puede ser preparado a partir de una solución acuosa de nitrato de amonio e hidróxido de calcio:



Como el metal alcalino-térreos relacionados nitratos (así como LiNO_3), Nitrato de Calcio se descompone al calentarse y la liberación de dióxido de nitrógeno:



2.3.3 Aplicaciones Técnicas del $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. El $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ se utiliza en diversas aplicaciones técnicas:

2.3.3.1 *Materia prima de la fabricación de nitratos:* El $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ por poseer el anión (NO_3) sirve de base para la fabricación de otros nitratos a partir de éste. La síntesis de este se realiza mediante el intercambio del anión. En este proceso se suele emplear el sulfato soluble de un metal y el $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Precipita el sulfato de calcio y se obtiene el nitrato deseado tras la evaporación del líquido.

2.3.3.2 *Fabricación de cátodos de revestimiento en la industria electrónica:* Un revestimiento, puede llegar a tener diferentes usos, en cualquier caso, por lo general son utilizados para evitar la corrosión de los metales, sin embargo existen otros usos como el endurecimiento de superficies, la rectificación o recobramiento de dimensión de alguna pieza metal mecánica, para ayudar a la lubricación y para resistir la abrasión. Las sales en este caso el $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ son dejadas sobre una superficie antes de la aplicación de un recubrimiento que pueden ser la causa de diversas fallas. Las sales como se encuentran en la industria de los revestimientos, son de naturaleza higroscópica

lo que significa que absorben o atraen la humedad. En esta forma alcanzan su mayor nivel de estabilidad química.

El $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ se encaja perfectamente con estas condiciones.

2.3.3.3 Fertilizante que es de fácil disposición y complemento de calcio de las plantas: El $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ tiene nutrientes fácilmente asimilables por las plantas, por lo que son utilizados como fertilizantes. Se emplean como abono, dado que el nitrógeno es fundamental en el crecimiento de los vegetales. Se utiliza como fuente de calcio para la prevención y control de estados carenciales debidos a deficiencia y desequilibrios en la asimilación de este elemento Ca, tales como acorchado de la manzana, bifurcación de la raíz de la remolacha, etc; en especial si se encuentran estos cultivos establecidos en suelos ácidos o en suelos básicos en los que el calcio se encuentra bloqueado. Este fertilizante aporta una parte de nitrógeno en forma amoniacal, que puede despreciarse en cultivos en suelo o enarenado. Se emplea básicamente como fuente de calcio, pero además aporta nitrógeno.

2.3.3.4 Utilizado como reactivo analítico: El $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ purificándolo a grado analítico llega a tener de un 90-95% de pureza es de gran utilidad en los laboratorios en los diferentes procedimientos y ensayos que se realizan. Generalmente el $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ se purifica mediante evaporación y mediante el uso de 6 reacciones químicas para eliminar impurezas. Aunque el $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ por ser obtenido mediante cristalización ya se purifica de cualquier tipo de impureza, pero es válido la aplicación de métodos afines para alcanzar el dicho grado analítico.

2.3.3.5 Material de fuegos artificiales: En la fabricación de fuegos artificiales se emplean ciertos metales que, al quemarse, producen chispas de diferentes colores. En los fuegos artificiales

se emplean metales en forma de óxidos y sales para obtener colores muy brillantes. Las reacciones pirotécnicas ocurren por combustión no explosiva de materiales, que pueden generar llamas, chispas y humos. El $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ se lo utiliza como sustancia oxidante por poseer el anión (NO_3^-). Estos son los encargados de generar el oxígeno que reaccionará en la reacción de combustión. Los nitratos ceden un tercio del oxígeno que contienen.

El $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ desprende en presencia de altas temperaturas un color naranja.

2.3.3.6 Tratamiento de aguas residuales: Una de las aplicaciones del $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ más importantes es el tratamiento las aguas residuales de acondicionamiento previo para la prevención de olores de emisiones. La presencia de nitratos en las aguas hace que el metabolismo de sulfatos se detenga. Esto se traduce en la prevención de la formación de sulfuro de hidrógeno.

2.3.3.7 Explosivo: El $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ también tiene aplicación en la fabricación de explosivos. El $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ por su naturaleza explosiva se lo ubica dentro del grupo de los explosivos deflagrantes. Los explosivos deflagrantes son aquellos en los que la reacción se inicia por mecanismos químicos tradicionales: activación termocinética. La velocidad de estos no supera la velocidad del sonido (medida en el medio explosivo, que siendo sólido o líquido, es muy superior a la del aire). La barrera del sonido atempera la energía cedida por este, de modo que no son muy potentes. Su interés es escaso: pirotecnia y algunas aplicaciones en las que se requieran baja energía.

2.3.3.8 Como floculante en el tratamiento de aguas: La floculación es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado. Es un

paso del proceso de potabilización de aguas de origen superficial y del tratamiento de aguas servidas domésticas, industriales y de la minería. El $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ se utiliza como floculante, este aglutina y compacta con gran velocidad los sólidos en suspensión para posteriormente continuar con las otras etapas del tratamiento del agua.

2.3.4 Fertilizantes. Los abonos o fertilizantes son productos destinados a la alimentación de las plantas. Por tanto este concepto implica aportar abonos a las plantas o a su sustrato nutritivo. Los fertilizantes deben:

- Favorecer el crecimiento; en la mayoría de los casos, esto equivale a favorecer la multiplicación de la masa vegetal, aunque también significa regular su aumento, en el sentido de limitar el crecimiento de determinadas partes de la planta, para así alcanzar unas producciones más importantes.

- Aumentar la producción; lo que principalmente interesa es el producto neto (constituido por la masa cosechada); puede tratarse tanto de órganos vegetativos (p. ej., las hojas) como de órganos generativos (p. ej., los frutos).

- Mejorar la calidad; se trata de mejorar la calidad comercial (valor en el mercado) y la calidad nutritiva; y de aumentar la resistencia de la planta frente a cualquier tipo de influencias nocivas (asegurar el crecimiento).

Un fertilizante abastece y suministra los elementos inorgánicos u orgánicos al suelo para que la planta los absorba. Se trata, por tanto, de un aporte artificial de nutrientes. La característica más importante de cualquier fertilizante es que debe tener una solubilidad mínima en agua, para que, de este modo pueda disolverse en el agua de riego, ya que la mayoría de los nutrientes entran en forma pasiva en la planta, a través del flujo del agua.

2.3.5 Fertilizante Nitrato de Calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. El $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, es una sal granulada blanca, muy soluble en agua, fuertemente higroscópica (absorción de la humedad) y, tiene un efecto alcalinizante. El nitrato es inmediatamente asimilable por las plantas, sin necesidad de transformación. Se mueve, con el flujo de agua, en las cercanías de las raíces, hasta alcanzar la superficie externa de éstas. Este movimiento se denomina flujo de masa (movimiento en el flujo de agua) (Finck, 1988, pág. 13).

En la nutrición vegetal, el calcio desempeña el papel de macronutrientes. Es un elemento abundante y, en general, su provisión en el suelo es suficiente para cubrir las necesidades de las plantas.

Las concentraciones de calcio en el suelo son muy importantes. El calcio es un componente estructural de la pared celular y, por tanto, es vital para la formación de nuevas células. Una excelente provisión asegura una buena estructura de la planta y el fruto, lo que significa una mayor conservación y dureza de tubérculos, frutos, bulbos y la disminución en la pérdida post-cosecha. Por otra parte, el calcio se encuentra de tal manera integrada en la pared celular que no es posible utilizar el que poseen las células viejas para construir las nuevas.” (Finck, 1988, pág. 40)

Las plantas deficientes en calcio son raquílicas porque producen menor número de células y éstas son más pequeñas; sus tallos son débiles debido a que el espesor de sus paredes celulares es inferior a la normal. La deficiencia de calcio no solo restringe el crecimiento de tallos, hojas, etcétera, sino también limita el de las raíces. La incapacidad de alargarse con rapidez que muestran las raíces deficientes en calcio, impide a la planta expandirse.

Normalmente, el calcio es abundante en las hojas de las plantas. La deficiencia de este elemento impide el crecimiento y despliegue de nuevas hojas. También impide el crecimiento marginal de las hojas existentes, las cuales adquieren una forma rizada (Thomson & Troeh, 1982).

2.3.6 Herramientas Cuantitativas y Cualitativas

2.3.6.1 Estudio de métodos y tiempos: El estudio de métodos y tiempos es el registro de toda la información pertinente sobre el método, las herramientas utilizadas, etc. La operación en estudio se identifica mediante información como nombre y número del operario, descripción y número de la operación, nombre y número de la máquina, herramientas especiales usadas y sus números respectivos, el área donde se realiza la operación y las condiciones de trabajo prevalecientes.

Para asegurar el éxito del estudio de tiempos, previamente se debe establecer un relacionamiento cercano con el personal encargado de la planta, lo cual permita inspirar confianza para el ejercicio del juicio requerido durante el estudio.

- ***Equipo empleado para el estudio de tiempos***

Se debe emplear un cronómetro, una planilla de formas para el estudio y una calculadora de bolsillo.

- ***Cronometro***

El cronómetro puede ser tipo electrónico con una resolución de 0.001 segundos y una exactitud de ± 0.002 por ciento. Este cronometro permite tomar el tiempo de los elementos individuales, mientras se sigue contando el tiempo total transcurrido. De esta manera, durante el estudio se puede proporcionar tanto tiempos continuos como regresos a cero, logrando una mayor flexibilidad del proceso.

Tabla 4.

Guía para calificar la velocidad.

Calificación	Puntos ancla verbales	Velocidad de caminata (mi/h)	Cartas repartidas cada 1/2 minuto
0	Sin actividad	0	0
67	Muy lento, torpe	2	35
100	Estable, deliberado	3	52
133	Activo, negociante	4	69
167	Muy rápido, alto grado de destreza	5	87
200	Límite superior por un periodo corto	6	104

Nota: Niebel Edición 12.

- ***Posición de los observadores del estudio***

Durante el ejercicio del estudio de tiempos, los observadores se deben mantener de pie, cerca del operario pero sin llegar a interferir con su trabajo. Esto facilita a los observadores un desplazamiento con mayor comodidad y a la vez seguir los movimientos de las manos del operario mientras éste llevaba a cabo el ciclo de trabajo.

- ***División de la operación en elementos***

Para la medición del estudio de tiempos, se dividen en grupos de movimientos, conocidos como elementos para este tipo de estudios. Cada operación contiene sus elementos respectivos para el desarrollo de la misma.

2.3.7.2 Diagramas y Graficas de Proceso: Para el registro de información relativa los métodos de trabajo, se utilizan una serie de diagramas:

- Grafica del proceso operativo
- Diagrama de flujo

La gráfica del proceso operativo muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, tiempos permitidos y materiales que se utilizan en un proceso de manufactura o de negocios, desde la llegada de la materia prima hasta el empaquetado del producto terminado.

Se utilizan dos símbolos para construir la gráfica del proceso operativo: un pequeño círculo representa una operación y un pequeño cuadrado representa una inspección. Una operación se lleva a cabo cuando una parte bajo estudio se transforma intencionalmente, o cuando se estudia o se planea antes de que se realice cualquier trabajo productivo en dicha parte. Una inspección se realiza cuando la parte es examinada para determinar su cumplimiento con un estándar.

Las líneas verticales indican el flujo general del proceso a medida que se realiza el trabajo, mientras que las líneas horizontales que alimentan a las líneas de flujo vertical indican materiales, ya sean comprados o elaborados durante el proceso.

En general, el diagrama de flujo del proceso cuenta con mucho mayor detalle que el diagrama del proceso operativo. El diagrama de flujo del proceso es particularmente útil para registrar los costos ocultos no productivos como, por ejemplo, las distancias recorridas, los retrasos y los almacenamientos temporales.

Los diagramas de flujo de procesos, por lo tanto, necesitan varios símbolos además de los de operación e inspección que se utilizan en los diagramas de procesos operativos. Una flecha pequeña significa transporte, el cual puede definirse como mover un objeto de un lugar a otro excepto cuando el movimiento se lleva a cabo durante el curso normal de una operación o inspección. Una letra D mayúscula representa un retraso, el cual se presenta cuando una parte no puede ser procesada inmediatamente en la próxima estación de trabajo. Un triángulo equilátero parado en su vértice significa almacenamiento, el cual se presenta cuando una parte se guarda y protege en un determinado lugar para que nadie la remueva sin autorización. Estos cinco símbolos

constituyen el conjunto estándar de símbolos que se utilizan en los diagramas de flujo de procesos (ASME, 1974). (Adam & Eberet, pág. 277)

2.3.7 Distribución de la planta. Método SLP. (Systematic Layout Planning). El método S.L.P, es una forma organizada para realizar la planeación de una distribución y está constituida por cuatro fases, en una serie de procedimientos y símbolos convencionales para identificar, evaluar y visualizar los elementos y áreas involucradas de la mencionada planeación.

Esta técnica, puede aplicarse a oficinas, laboratorios, áreas de servicio, almacén u operaciones manufactureras y es igualmente aplicable a mayores o menores readaptaciones que existan, nuevos edificios o en el nuevo sitio de planta planeado.

El método S.L.P. (Planeación sistemática de la distribución en planta), consiste en una serie de pasos, un patrón de procedimientos de la Planeación Sistemática de la Distribución en Planta y un juego de conveniencias (Jacobs & B., pág. 177).

2.4 Marco legal

Ley 1562 de 2012. Respetando el medio ambiente y su entorno, modifica el Sistema de Riesgos Laborales y se dictan otras disposiciones en materia de salud ocupacional, define quienes deben afiliarse al Sistema General de Riesgos Laborales, con sus responsabilidades y beneficios.

Resolución No. 00150 de 2003. Reglamento Técnico. Documento en el cual se establecen las características de un producto, servicio o los procesos y métodos de producción, con inclusión de las disposiciones administrativas aplicables y cuya observancia es obligatoria. También puede incluir prescripciones en materia de terminología, símbolos, embalaje, etiquetado o marcado

aplicables a un producto, proceso o método de producción, o tratar exclusivamente de ellas. (Artículo 1º Resolución 03742 de 2001 de la Superintendencia de Industria y Comercio).

Ley 9 de 1979. En el artículo 111, indica que cuando por almacenamiento de materias primas o procesadas existe la posibilidad de que éstas alcancen los sistemas de alcantarillado o las aguas, del mismo modo que las personas responsables del establecimiento deberán tomar las medidas específicas necesarias para el cumplimiento de la presente Ley y sus reglamentaciones. Por su parte el artículo 13, establece que en todo lugar de trabajo debe haber un programa de Salud Ocupacional, dentro del cual se efectúen actividades destinadas a prevenir los accidentes y las enfermedades relacionadas con el trabajo y que corresponde al Ministerio de Salud dictar las normas sobre organización y funcionamiento de los programas de salud ocupacional, así como podrá exigirse la creación de comités de medicina, higiene y seguridad industrial con representación de empleadores y trabajadores, además menciona que el control de agentes químicos y biológicos y en particular, su disposición deberá efectuarse en tal forma que no cause contaminación ambiental aún fuera de los lugares de trabajo (Ley 9, 1979).

Resolución 2400 de 1979. En el artículo 158 menciona que las materias primas deberán ser transportadas en recipientes cerrados, o en sistemas más eficientes como son los transportadores neumáticos. Las operaciones de trituración, mezclado, tamizado, fusión, etc., deberán estar cubiertas o en circuito cerrado.

3. Diagnostico

3.1 Metodología del diagnóstico

La realización del diagnóstico permitió conocer el proceso productivo de la planta de Nitrato de Calcio, identificando las características técnicas y económicas asociadas al proceso de producción y los aspectos por mejorar.

Este diagnóstico contempla dos etapas: un análisis cuantitativo y un análisis cualitativo, y a continuación se presentan las actividades empleadas para la recolección de información de dichos análisis:

- **Visita a las instalaciones de la planta:** Se realizaron visitas técnicas a las instalaciones de la planta de producción de Nitrato de Calcio, de las cuales se pudo conocer en detalle las instalaciones, operaciones y procesos implicados en el proyecto.
- **Revisión y análisis de información cuantitativa secundaria:** Se obtuvo información a partir de informes y registros del proceso de producción histórica en la planta de Nitrato de Calcio, revisión del portafolio de productos, listado de clientes y registros de producción. El motivo de la selección de estos documentos, radica en la relevancia de la información que brindan para comprender la capacidad productiva de la planta, clasificación de los materiales e insumos, y comprender el panorama productivo de la planta.

- **Estudios de métodos y tiempos:** Este estudio permitió estimar la duración de cada una de las actividades que hacen parte del proceso productivo y la capacidad de producción para determinar cuánto puede o no producir la planta.
- **Entrevistas:** Se obtuvo información a partir de entrevistas realizadas con personal operario y de supervisión de la planta. Esto permitió conocer la percepción de los trabajadores sobre las falencias a nivel operativo, que se observan día a día en el proceso de producción.
- **Encuestas:** Se aplicaron formatos de encuestas a los operadores y supervisores de la planta, así como a personal de alta dirección a fin de conocer la percepción del funcionamiento actual de la planta de producción.
- **Aplicación de 5s:** Mediante la metodología estandarizada para organizar el trabajo de una manera que se minimice el desperdicio, se asegura que las zonas de trabajo estén sistemáticamente limpias y organizadas, mejorando la productividad y la seguridad. Esta metodología será aplicada en etapa cualitativa para poder obtener un buen seguimiento a cada una de las actividades de las 5s.

3.2 Descripción del proceso productivo

Como resultado de las visitas realizadas, las inspecciones y toda la información recopilada (ver figura 6), se realiza la descripción del proceso productivo en la cual se especifica materias primas utilizadas, maquinaria requerida, así como procesos y operaciones desarrolladas, lo que permitió realizar un diagnóstico detallado, en términos descriptivos y operacionales de la planta.



Figura 6. Recorridos de visitas realizadas, inspecciones y entrevistas.

La Planta de Nitrato de Calcio se localiza en la parte posterior de las instalaciones de Fertilizantes Colombianos S.A. Esta planta está dividida en dos (2) niveles; en la placa superior se ubica el sitio de almacenamiento del Carbonato de Calcio, la tolva, la banda transportadora y el reactor; en la placa inferior se ubica el tanque de ácido Nítrico, el tanque de mezcla, las bombas, el enfriador, el sistema de separación y los tanques de almacenamiento del producto.

A continuación se muestra en la figura 7 un plano en tercera dimensión de la Planta de producción de Nitrato de Calcio donde se pueden observar las áreas que constituyen la planta.

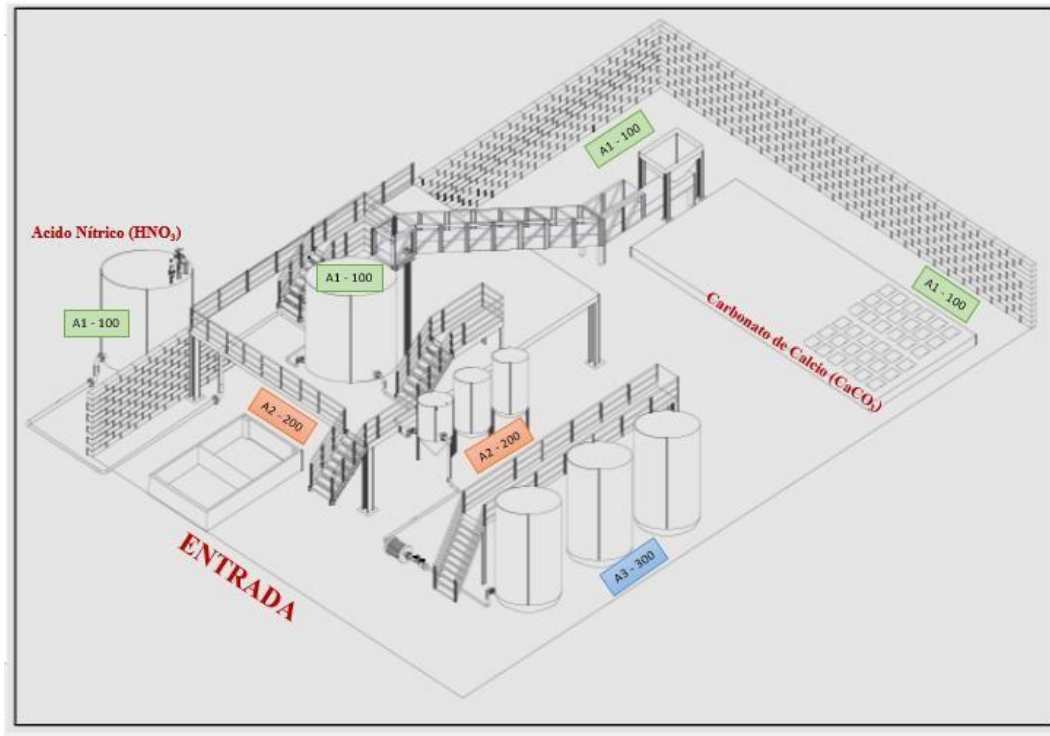


Figura 7. 3D Planta de Nitrato de Calcio. Adaptado de Fertilizantes Colombianos S.A

- A - 100: Área de mezcla o de síntesis del Nitrato de Calcio. En esta área se almacena y se transporta la materia prima, y ocurre la reacción de síntesis del nitrato de Calcio.
- A - 200: Área de separación. En esta área se desarrolla una técnica de separación de fases y se logra obtener el producto en condiciones óptimas.
- A-300: Área de almacenamiento de producto. En esta área se almacena la solución de Nitrato de Calcio y se efectúa el análisis de calidad del producto terminado y transporta hasta los camiones para su distribución final.

3.2.1 Descripción del proceso de producción de nitrato de calcio. Con el fin de dar a conocer la actividad productiva de la planta de Nitrato de Calcio, se describen a continuación las

áreas de producción, explicando de forma detallada el proceso productivo, el cual se representa gráficamente en la figura 8.

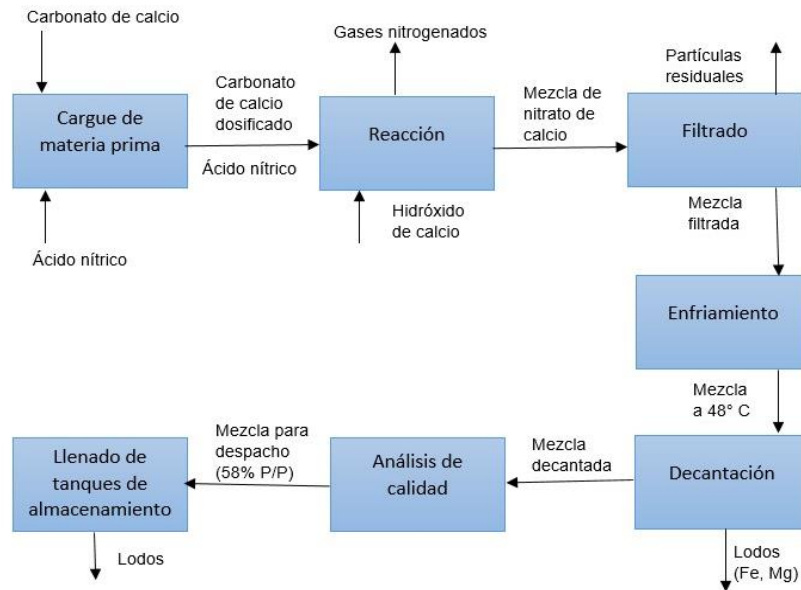




Figura 8. Diagrama de Bloques del Proceso de Producción de Nitrato de Calcio. Adaptado de Fertilizantes Colombianos SA.

Para la síntesis del Nitrato de Calcio, las materias primas principales son: el Carbonato de Calcio y el Ácido Nítrico (Ver tabla 4). El Carbonato de Calcio, es adquirido en sacos de 50 Kg, el Ácido Nítrico es producido por la empresa en las plantas de Amoniaco y Ácido Nítrico y almacenado en un tanque atmosférico, lo que permite un autoabastecimiento con las fuentes de Nitrógeno requeridas.

Tabla 5.

Especificaciones Técnicas de Materia prima

Materia Prima		
Carbonato de calcio	Características Formula: CaCO_3 Peso Molecular: 100 g/mol Pureza: 98% Mínima Presentación: Polvo Color: Blanca Finos: 0 Min. 80% Hierro Fe: Max. 0.1%	Evidencia fotográfica 
Ácido nítrico	Características Formula: HNO_3 Peso Molecular: 63.02 g/mol Concentración: 53-55% Peso Específico a 53%: 1.332 Calor Especifico: 66°C Kcal/g Densidad: 1.33 g/cm ³ Color/Olor: Transparente/Irritante	Evidencia fotográfica 

Nota: Fertilizantes Colombianos S.A

El sistema Tolva-Banda Transportadora (Ver figura 9), permite realizar el cargue automático de Carbonato de Calcio en el reactor. El cargue de carbonato de calcio en la tolva se realiza de forma manual, la tolva es un recipiente en forma de pirámide troncada. (Ver figura 9 - lado derecho)



Figura 9. Banda transportadora y Tolva. Adaptado de Fertilizantes Colombianos S.A

Posteriormente el sistema tolva – banda dosifica sobre la banda transportadora, el producto que llega hasta el reactor. Seguido a lo anterior, se da apertura a la válvula del tanque de almacenamiento de ácido Nítrico HNO_3 hacia el reactor (Ver figura 10). Una vez se dosifican los reactivos se adiciona el Hidróxido de Calcio en solución acuosa (CaOH_{ac}), el cual se prepara mezclando 15 Kg de CaOH_{ac} en 15 L de agua (relación 1:1 P/V). Esta mezcla se homogeniza y se vierte en el reactor, con el propósito de ajustar el pH de la mezcla de productos a un valor de 7. Esta mezcla se homogeniza durante 15 minutos y se realiza el análisis de verificación de pH mediante la utilización de papel indicador de pH.



Figura 10. Válvula del tanque de almacenamiento de ácido Nítrico HNO_3 y Tanque reactor. Adaptado de Fertilizantes Colombianos S.A

Los vapores emitidos producto de la reacción, son descargados a la atmosfera por medio de un extractor de gases. El producto proveniente del reactor es enviado a un tanque atmosférico de almacenamiento (Ver Figura 10) que tiene instalado una canastilla construida en maya de acero inoxidable tipo 304 mesh12 que permite retener el residuo particulado de carbonato de calcio que no reacciona y otras impurezas de esta materia prima de tamaño mayor 1.407 mm (Dirección de Ingeniería, Fertilizantes Colombianos S.A., 2007), y de allí es llevado al enfriador (Ver figura 11 lado derecho).



Figura 11. Tanque atmosférico de almacenamiento y enfriador. *Adaptado de* Fertilizantes Colombianos S.A

El enfriador es un tanque provisto de un serpentín interno a través del cual circula la mezcla líquida de producto proveniente del tanque atmosférico de almacenamiento, a una temperatura de 59-60 °C y debe ser enfriada hasta 49 °C a fin de agilizar la separación en la etapa posterior. El enfriamiento se efectúa por intercambio de calor con agua de enfriamiento la cual entra por la parte inferior y sale por gravedad por la parte superior a través de una línea de rebose.

Se continúa a la sección de separación, donde la separación de fases se desarrolla usando la decantación. Dicho proceso lo comprende la decantación primaria y secundaria en la producción de Nitrato de Calcio.

- **Decantación Primaria:** En esta primera decantación, la solución de Nitrato de Calcio se separa en tres fases, una inferior constituida por lodos pesados que son principalmente carbonato de calcio sin reaccionar, una fase intermedia constituida por $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, agua. CaCO_3 suspendido y otras impurezas oxidadas por el Ácido y presentes en el Carbonato como son Hierro, Magnesio entre otros, y una solución acuosa sobre nadante de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ del 58% de concentración, los tanques de decantación primaria tienen al igual que el reactor chaquetas de enfriamiento que permiten disminuir la temperatura para concentrar más la solución de Carbonato de calcio a una temperatura de 48°C .

- **Decantación Secundaria:** En la decantación secundaria los lodos resultantes de la decantación primaria son acumulados en tanques rectangulares (Ver figura 12), en esta parte del proceso de separación hay varias dificultades entre ellas: la exposición al aire libre que tiene el sobrenadante que se pretende recuperar, llenándose de otros tipos de impurezas, los ductos de recuperación van de los decantadores secundarios a los decantadores primarios llevando lodos retardando el proceso de clarificación del producto.



Figura 12. Piscina de Lodos. Adaptado de Fertilizantes Colombianos S.A

Esta sección está integrada por tanques verticales de forma cilíndrica (Ver figura 13) que se utilizan para recibir el producto terminado de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ del 58% P/P proveniente de los

decantados. El laboratorio industrial realiza el respectivo análisis de calidad del producto terminado almacenado, si este cumple con las especificaciones se autoriza el cargue por parte del laboratorio, se procede a drenar el tanque por la parte inferior hasta que los residuos de lodos hayan sido evacuados.




Figura 13. Tanques de Almacenamiento. Adaptado de Fertilizantes Colombianos S.A

Es importante verificar que la solución que se descarga hacia los tanques de almacenamiento es solución de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ totalmente translúcida, por ello, el flujo inicial se descarga hacia el decantador secundario.

El laboratorio industrial realiza el respectivo análisis de calidad del producto terminado almacenado como se indica en la tabla 5, si este cumple con las especificaciones y es autorizado el cargue por parte del laboratorio se procede a drenar el tanque por la parte inferior hasta que los residuos de lodos hayan sido evacuados. Se prepara la bomba y se abre entonces la válvula del tanque de alimentación y se alimenta la succión de descarga de la bomba abriendo las respectivas válvulas (Dirección de Ingeniería, Fertilizantes Colombianos S.A., 2007).

Tabla 6.

Análisis de Control de Calidad de producto terminado.

Análisis del laboratorio industrial			
Parámetro medido	Método del laboratorio	Valor exigido	Producto terminado
% de Calcio (CaO)	NTC 1369, NTC 302	19 +/- 1	
% de Nitrógeno	NTC 208	9 +/- 1	
pH	Potenciometría	7.0	

Nota: Fertilizantes Colombianos S.A

Para el desarrollo del proceso productivo de nitrato de calcio se utiliza diferentes máquinas y para conocer más detalladamente sus datos técnicos y características, se presentan las especificaciones de esta maquinaria utilizada en la planta. (Ver Apéndice A)

3.2.2 Análisis cuantitativo. El análisis cuantitativo realizado en este proyecto está conformado por estudio de métodos y tiempos, análisis de procesos y análisis de capacidad de la planta de Nitrato de Calcio. A continuación se presentan los resultados obtenidos en cada uno de ellos.

3.2.2.1 Estudio de Métodos y Tiempos: Se empleó la forma sugerida por Niebel (Dirección de Ingeniería, Fertilizantes Colombianos S.A., 2007 , pág. 332) para el registro del estudio de tiempos. En esta, se registró toda la información pertinente sobre el método, las herramientas utilizadas, etc. La operación en estudio fue identificada mediante información como nombre y número del operario, descripción y número de la operación, nombre y número de la máquina, herramientas especiales usadas y sus números respectivos, el área donde se realiza la operación y

las condiciones de trabajo prevalecientes. El formato planteado para este estudio es basado en la teoría de Niebel. (Ver Apéndice B).

Para asegurar el éxito del estudio de tiempos, previamente los autores establecieron un relacionamiento cercano con el personal encargado de la planta, lo cual permitió inspirar confianza para el ejercicio del juicio requerido durante el estudio.

Para el ejercicio de medición durante el estudio de tiempos, la operación de la planta de Nitrato de Calcio se dividió en grupos de movimientos, conocidos como elementos para este tipo de estudios. Cada operación contiene sus elementos respectivos para el desarrollo de la misma.

3.2.2.2 Resultados estudios de métodos y tiempos

Tabla 7.

Duración de las Operaciones de la Planta de Nitrato de Calcio

Duración total de operaciones

<i>Operación</i>	Cargue	Reacción	Filtración	Enfriamiento	Decantación	Análisis de calidad	Llenado de tanques de almacenamiento	Total tiempo
<i>Tiempo Segundos/lote</i>	4284,33	4172,9	1037,57	607,48	2670,0	662,7	665,37	14100,26
<i>Tiempo Horas/lote</i>	71,41	69,55	17,29	10,12	44,5	11,04	11,09	235,00
	1,1901	1,159	0,29	0,169	0,74	0,18	0,185	3,917

Análisis de Resultados

En el ejercicio del estudio de tiempos se evidenciaron desperdicios de tiempo por la duración excesiva de algunos elementos de las operaciones de producción en la planta de Nitrato de Calcio. De acuerdo con esto, cada lote de producción está tomando mayores tiempos lo que representa

despilfarros de tiempos en general. En las siguientes tablas, se presentan los datos generales relacionados con la producción en la planta de Nitrato de Calcio y el resumen de tiempos para cada operación de la planta de producción.

Tabla 8.

Datos Generales de costo operacional por lote.

Datos generales	
Tiempo/lote producción (seg)	14100,265
Producción /lote (Ton)	5,5
Precio venta/tonelada	\$ 600.000
Porcentaje de utilidad/tonelada	20%
Utilidad/tonelada	\$ 120.000
Costo operacional /lote	\$ 2.640.000

Tabla 9.

Costo operacional por sección

Planta de producción	Operación	Tiempo (Seg)	%	Valor
Nitrato de calcio	Cargue de materia prima	4284,327	30,38	\$ 802.157
	Reacción	4172,861	29,59	\$ 781.287
	Filtración	1037,572	7,36	\$ 194.265
	Enfriamiento	607,481	4,31	\$ 113.739
	Decantación	2669,992	18,94	\$ 499.904
	Análisis de calidad	662,665	4,70	\$ 124.071
	Llenado de Tanques de almacenamiento	665,368	4,72	\$ 124.577
	Total		14100,265	100,00

En las tablas anteriores, se relacionan los valores de desperdicios de tiempo significativos. Asimismo, se relacionan los costos en los que se incurre por estas actividades consideradas como despilfarros de tiempo.

Reacción de la mezcla. El despilfarro de tiempo identificado corresponde al elemento denominado medición de nivel de la mezcla en el reactor. Este elemento representa el 77% del tiempo de la operación. Durante el desarrollo de esta, el operador inspecciona de manera visual el avance del nivel en el reactor. Esta inspección se basa en un criterio subjetivo establecido por el operador y no por la aplicación de controles operacionales establecidos mediante un procedimiento. Frente a la inexistencia de instrumentación asociado a indicadores de nivel, el operador disminuye a cero sus movimientos a la espera de que el nivel en el reactor alcance su rango acostumbrado para seguir con la operación. En tabla 9 se muestra el tiempo perdido y los costos asociados a este despilfarro.

Tabla 10.

Costos asociados al despilfarro de tiempos en operación de Reacción

Operación	Valor operación	Elemento	Tiempo estándar (seg)	%	Valor	Tiempo perdido (seg)	Costo por despilfarro
Reacción	\$781.287	Accionamiento del motor reactor	34,471	0,83	\$6.454		
		Medición del nivel de la mezcla en el reactor	3217,775	77,11	\$602.466	3217,775	\$602.466
		Adición hidróxido de calcio a la mezcla	775,877	18,59	\$145.268		
		Accionamiento del extractor de gases	18,2	0,44	\$3.408		
		Análisis de pH de la mezcla	67,565	1,62	\$12.650		
		Apagado del agitador del reactor	32,244	0,77	\$6.037		
		Apagado del extractor de gases	26,73	0,64	\$5.005		
		Total			4172,861	100	\$781.287

Decantación. Se identificaron tiempos de despilfarro asociados a los elementos de inspección de transporte de sobrenadante de producto a otros tanques o estructuras. Estos elementos representan el 63,92% del tiempo total de la operación de decantación. Esta actividad de inspección de transporte de sobrenadante, asegura en las condiciones actuales de producción, que solo se realice el trasiego de sobrenadante y no de lodos contenidos en los tanques de decantación primaria y secundaria. Para esto, el operador realiza una inspección visual del tipo de producto que es transportado hasta considerar que existe el riesgo de transportar lodos del proceso. Esta inspección se desarrolla bajo parámetros subjetivos y no por la aplicación de controles operacionales establecidos mediante un procedimiento. Durante estas inspecciones de transporte de sobrenadante, el operador disminuye a cero sus movimientos a la espera de que el nivel de sobrenadante sea transportado hacia los tanques de almacenamiento o tanque de decantación primaria para su reproceso. En tabla 10 se muestra el tiempo perdido y los costos asociados a este despilfarro.

Tabla 11.

Costos asociados al despilfarro de tiempos en operación de Decantación

Operación	Valor operación	Elemento	Tiempo estándar (seg)	%	Valor	Tiempo perdido (seg)	Costo por despilfarro
Decantación	\$499.904	Apertura de válvula para drenado de lodos de tanques de decantación primaria hacia tanques de decantación secundaria	12,859	0,48	\$2.408		
		Inspección de drenado de lodos	889,743	33,32	\$166.587		

Operación	Valor operación	Elemento	Tiempo estándar (seg)	%	Valor	Tiempo perdido (seg)	Costo por despilfarro
Decantación	\$499.904	Accionamiento de bomba para transporte de sobrenadante del tanque de decantación primaria a tanques de almacenamiento	14,575	0,55	\$2.729		
		Inspección de transporte de sobrenadante	1035,485	38,78	\$193.874	1035,485	\$193.874
		Cierre de válvula de drenado de lodos de los tanques de decantación primaria	15,4	0,58	\$2.883		
		Apagado de bomba de transporte de sobrenadante	12,65	0,47	\$2.368		
		Accionamiento de bomba para transporte de tanque de decantación secundaria a tanques de decantación primaria	9,397	0,35	\$1.759		
		Inspección de transporte de sobrenadante	671,223	25,14	\$125.673	671,223	\$125.673
		Apagado de bomba de transporte de sobrenadante	8,66	0,32	\$1.621		
		Total			2669,992	100	\$499.904

Llenado de Tanques de Almacenamiento. El tiempo de despilfarro en esta operación corresponde al elemento denominado inspección de drenaje de residuos de lodos, el cual representa 99% del tiempo total de la operación de llenado de tanque de almacenamiento. Esta actividad de inspección de drenaje, asegura que no se pierda producto terminado. Durante esta inspección, el operador verifica visualmente que el drenaje que se realiza solo permita la salida de residuos de lodos depositados en la base de los tanques. La definición del momento hasta

donde se permite el drenaje de residuos de lodos del tanque es subjetiva. Se identificó que durante esta actividad el operador reduce a cero sus movimientos a la espera de que a su juicio se evacuen la totalidad de los residuos de lodos contenidos en los tanques de almacenamiento de producto terminado. Esta situación se presenta dado que no existe apoyo tecnológico para monitorear de una manera rigurosa la actividad de drenaje. En la siguiente tabla se muestra el tiempo perdido y los costos asociados a este despilfarro.

Tabla 12.

Costos asociados al despilfarro de tiempos en operación de Almacenamiento

Operación	Valor operación	Elemento	Tiempo estándar (seg)	%	Valor	Tiempo perdido (seg)	Costo por despilfarro
ALMACENAMIENTO	\$124.577	Apertura de válvula de drenaje de tanques de almacenamiento	12,755	1,92	\$2.388		
		Inspección del drenaje de residuos de lodos contenidos en tanques de almacenamiento	644,507	96,86	\$120.671	644,507	\$120.671
		Cierre de válvula de drenaje de tanques de almacenamiento	8,107	1,22	\$1.518		
		TOTAL	665,368	100	\$124.577	644,507	\$120.671

Dado lo anterior, se establece que el despilfarro de tiempo identificado durante un lote de producción es de 5558,99 segundos, correspondiente al 39,49% del tiempo total requerido para la producción de un lote. De esta forma, los costos en los que se incurre por estas actividades consideradas como despilfarros de tiempo ascienden a \$1.042.536 por cada lote de producción.

3.2.2.3 Análisis de Procesos

Diagrama de Operaciones de la Planta de Nitrato de Calcio

Con el fin de analizar detalladamente la información recopilada en la planta, se presentará el proceso productivo mediante las herramientas de diagramación que describen de manera específica la secuencia de las actividades y operaciones utilizadas para la producción de nitrato de calcio. Adicionalmente, cada operación contempla el tiempo estándar hallado en el estudio de métodos tiempos lo que permitió identificar los tiempos perdidos en cada operación. (Ver Apéndice C)

Diagrama de Recorrido

En este se puede demostrar claramente la ruta que debe seguir el producto desde que inicia la transformación de materia prima hasta que cumple con las condiciones de calidad necesarias para ser despachado. Es importante resaltar que existen herramientas que hacen parte del proceso, que no tienen destinado un puesto fijo, lo que genera en algunas situaciones, mala movilidad en la planta de producción.

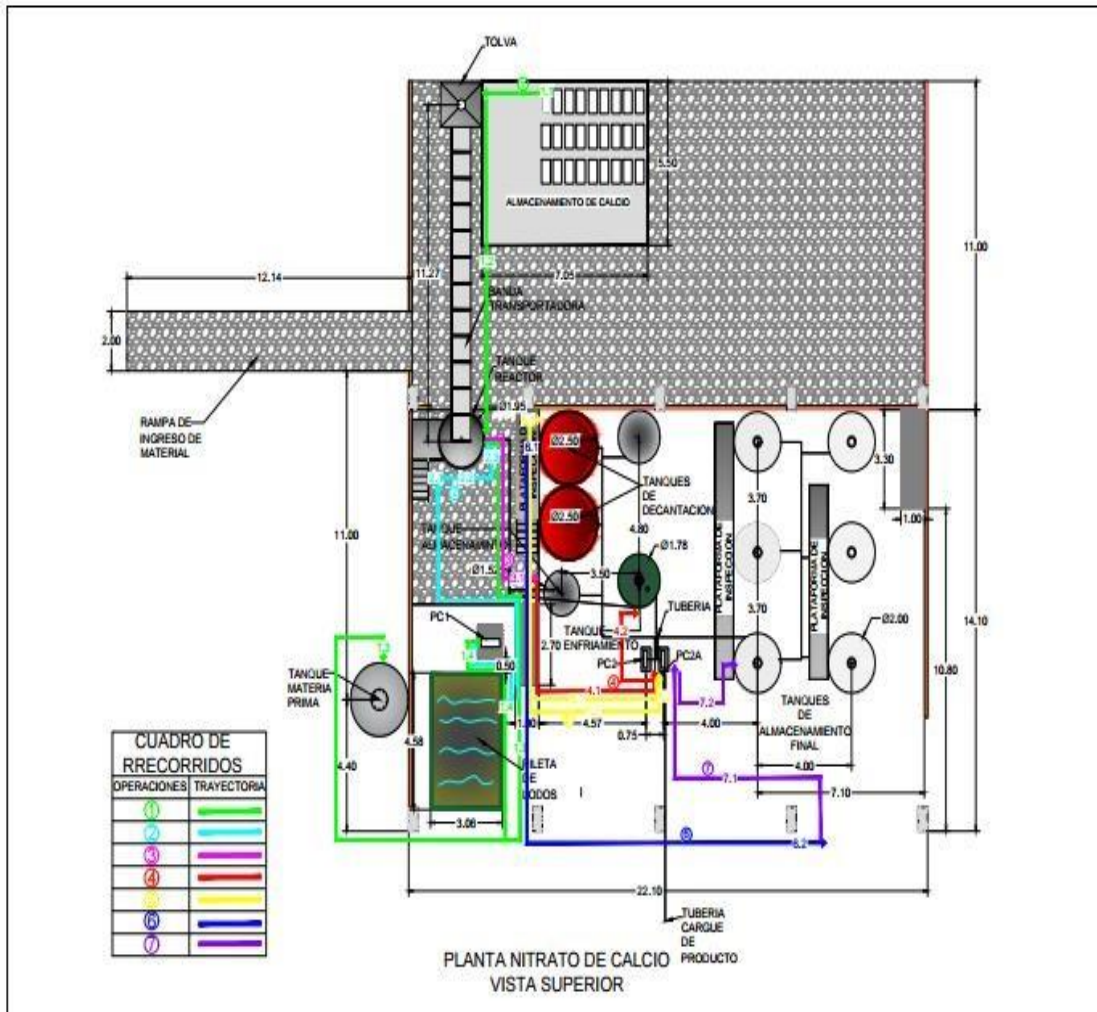


Figura 14. Diagrama de recorrido de la Planta de Nitrato de Calcio

Diagrama de flujo del proceso de producción

Para tener información detallada de lo expuesto anteriormente, se presenta el proceso mediante las herramientas de diagramación que describen paso a paso la secuencia de las actividades y operaciones utilizadas para la producción de Nitrato de Calcio. Se realiza este diagrama mostrando de manera detallada el proceso productivo. (Ver Apéndice D).

- **Análisis de Resultados.**

Producto del análisis de los espacios existente en la planta de producción, las distancias recorridas y el flujo del producto, se pudo observar durante las visitas de reconocimiento a las instalaciones de Fertilizantes Colombianos S.A y el ejercicio del estudio de tiempos, que existen oportunidades de mejora frente a la ubicación de las estructuras (tanques y equipos), ya que el operador realiza recorridos repetidos o improductivos para ejecutar una misma operación, distancias considerables que impactan en el tiempo total de la operación. De igual forma, se presentan dificultades de movilidad, ya que existen equipos y accesorios mal ubicados dentro del área de producción que obstaculizan el recorrido habitual del operador.

Adicionalmente, la ubicación inadecuada de estructuras y equipos, restringe la posibilidad de optimizar los tiempos empleados por cada elemento de la operación. En este sentido, se disminuyen las posibilidades de optimizar tiempos empleados en el desarrollo de elementos propios y que han sido identificados como despilfarros.

3.2.2.4 *Análisis de Capacidad*

Tabla 13.

Capacidad de Producción Actual de la empresa

Planta	Capacidad instalada, TMD*	Capacidad utilizada,
Ca (NO₃)₂	20	11

* TMD: Toneladas métricas diarias

Nota: Fertilizante S.A.

Índice de Utilización de la Capacidad.

El índice de utilización de capacidad para la producción de nitrato de calcio se expresa en porcentaje y fue medido en unidades y periodos iguales, obteniendo información de cada año correspondiente a la capacidad utilizada y el mejor nivel de operación.

$$\text{Índice de utilización de la capacidad} = \frac{\text{Capacidad utilizada}}{\text{Mejor Nivel de operación}} * 100\%$$

Partiendo de la información suministrada por la empresa se detalla el índice de utilización de la capacidad según como se observa en el tabla 13.

Tabla 14.

Índice de utilización de la capacidad anual

	Capaci. Utilizada (TMD)	Mejor nivel de operación (TMD)	% de Utilización
2003	20	20	100,00%
2004	16,15	20	80,75%
2005	18	20	90,00%
2006	15,2	20	76,00%
2007	14,25	20	71,25%
2008	12	20	60,00%
2009	9,5	20	47,50%
2010	9,1	20	45,50%
2011	8,48	20	42,40%
2012	6,1	20	30,50%
2013	4,05	20	20,25%
2014	0,25	20	1,25%
2015	5,015	20	25,08%
2016	11,2	20	56,00%

Nota: Fertilizantes Colombianos S.A. (s. f.) Historia Recuperado el 26 de mayo de 2015 Tomada de <<http://www.ferticol.com/Paginas/Historia.htm>>.

Analizando las cifras de índices de utilización arrojadas por la planta de Nitrato de Calcio en años pasados, a pesar de que en el año 2003 la producción fue muy buena, se aprecia que a partir

del año 2005 en adelante la producción ha venido decreciendo con un comportamiento preocupante. Tomando el año 2003 como un punto de referencia (100%), se puede evidenciar un descenso en el año 2005 de un 90,00%; en el 2007, un 71,25%, en el 2009 un 47,50% en el 2011, un 42,40%, en el 2013 en un 20,25% y el año 2014 tan sólo en un 1,25%. Debido a tan preocupante situación de la empresa Fertilizante Colombianos, decide poner en marcha el plan estratégico a largo plazo con el fin de recuperar el mejor nivel de operación de la planta, viéndose reflejado el aumento de utilización en el año 2015 de 25,08% y hasta octubre de 2016 en un 56%.

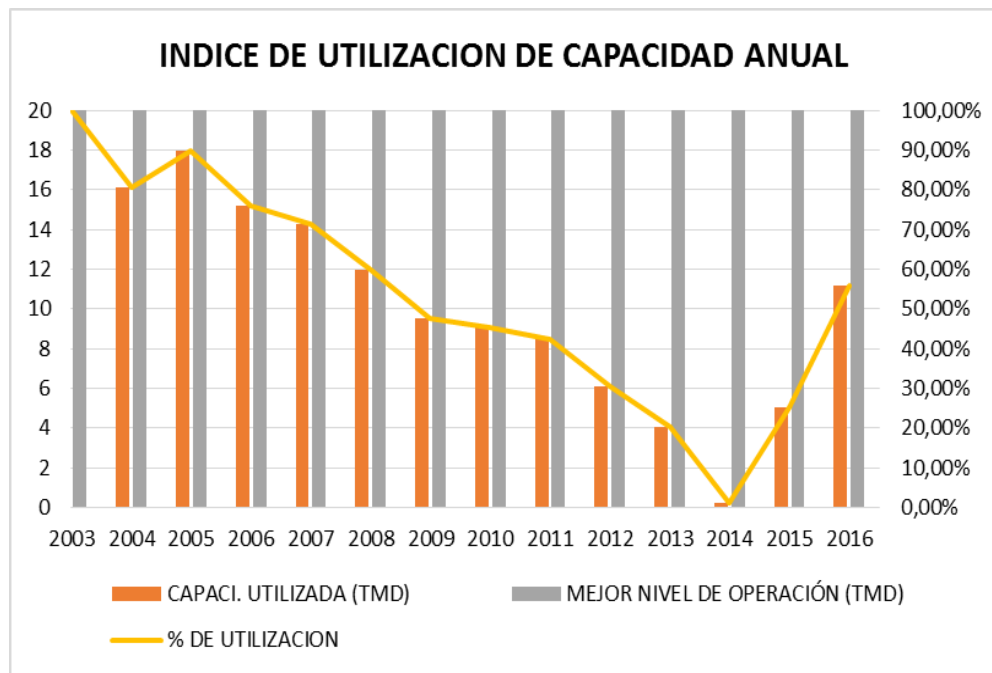


Figura 15. Índice de utilización anual de la Planta de Nitrato de Calcio

Tabla 15.

Índice de utilización de la capacidad año 2015

Mes	Capacidad Utilizada (TMD)	Mejor nivel producción (TMD)	Índice %
Enero	1,22	20	6,10%
Febrero	1,6	20	8,00%
Marzo	2	20	10,00%
Abril	2,35	20	11,75%
Mayo	3,20	20	16,00%
Junio	3,55	20	17,75%
Julio	4,5	20	22,50%
Agosto	5,5	20	27,50%
Septiembre	6,26	20	31,30%
Octubre	8,5	20	42,50%
Noviembre	10,5	20	52,50%
Diciembre	11	20	55,00%
% Utilización de capacidad año 2015			25,08%

Nota: Fertilizantes Colombianos S.A

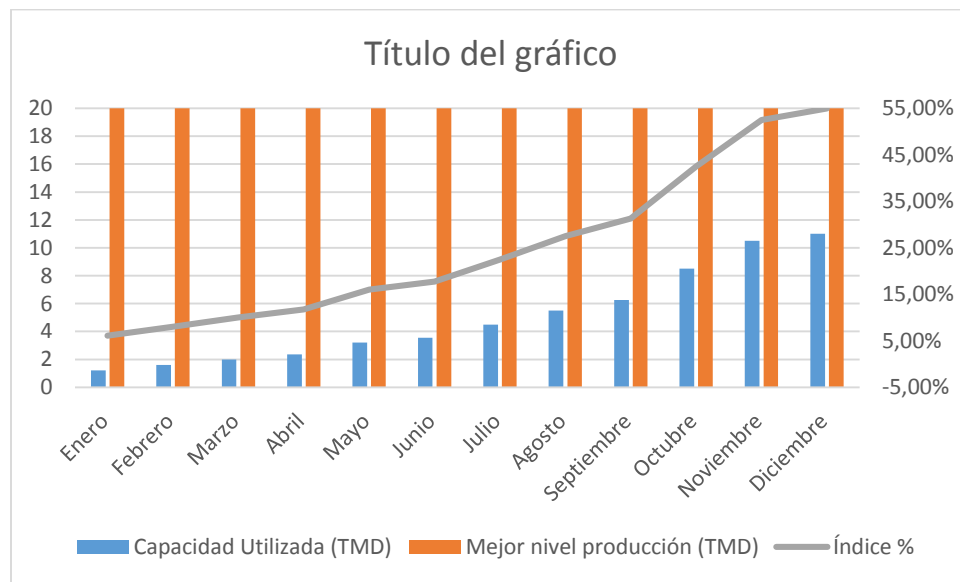


Figura 16. Índice de utilización año 2015 para la planta de Nitrato de Calcio. Adaptado de Fertilizantes Colombianos S.A

Tabla 16.

Índice de utilización de la capacidad año 2016

MES	Capacidad Utilizada (TMD)	Mejor Nivel De Producción (TMD)	Índice
Enero	11,3	20	56,50%
Febrero	11,5	20	57,50%
Marzo	12	20	60,00%
Abril	11	20	55,00%
Mayo	10,2	20	51,00%
Junio	11,5	20	57,50%
Julio	11	20	55,00%
Agosto	11,5	20	57,50%
Septiembre	11	20	55,00%
Octubre	11	20	55,00%
% Promedio utilización de capacidad año 2016			56,00%

Nota: Fertilizantes Colombianos S.A

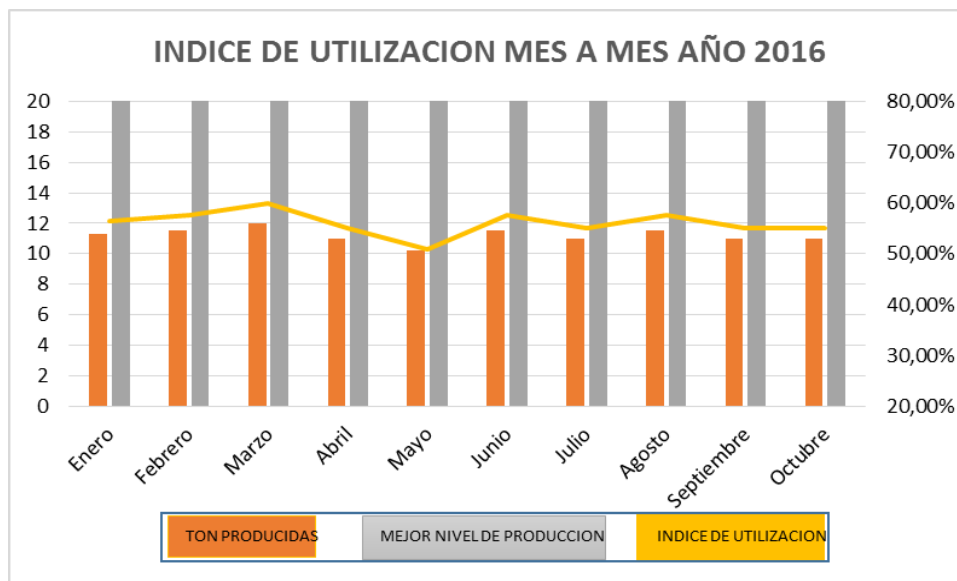


Figura 17. Índice de utilización año 2016 para la planta de Nitrato de Calcio. Adaptado de Fertilizantes Colombianos S.A

Tabla 17.

Análisis de Utilidad Anual.

COSTO DE OPORTUNIDAD ANUAL 2016						
Mes	Capacidad Utilizada (tmd)	Días Laborados	Toneladas mes	Utilidad mensual	Utilidad mejor Nivel de Operación	Costo de oportunidad
Enero	11,3	19	214,7	\$25.764.000	\$45.600.000	\$ 19.836.000
Febrero	11,5	21	241,5	\$28.980.000	\$50.400.000	\$ 21.420.000
Marzo	12	20	240	\$28.800.000	\$48.000.000	\$ 19.200.000
Abril	11	21	231	\$27.720.000	\$50.400.000	\$ 22.680.000
Mayo	10,2	20	204	\$24.480.000	\$48.000.000	\$ 23.520.000
Junio	11,5	21	241,5	\$28.980.000	\$50.400.000	\$ 21.420.000
Julio	11	19	209	\$25.080.000	\$45.600.000	\$ 20.520.000
Agosto	11,5	22	253	\$30.360.000	\$52.800.000	\$ 22.440.000
Septiembre	11	22	242	\$29.040.000	\$52.800.000	\$ 23.760.000
Octubre	11	20	220	26.400.000	\$48.000.000	\$ 21.600.000
Precio venta/tonelada				\$600.000		\$ 216.396.000
Porcentaje de utilidad/tonelada				20%		
Utilidad/tonelada				\$120.000		
Días laborados						20

3.2.2.5 Análisis de Resultados de Capacidad En la actualidad, la planta de producción de Nitrato de Calcio alcanza un promedio de producción de 11 TMD y un 56% de utilización de su capacidad. Se estima que las razones por las cuales el índice de utilización de la planta se encuentre en dicho porcentaje son variadas. A continuación, se describen los aspectos que determinen este bajo índice de utilización de la capacidad de la planta:

- En la actualidad solo se está trabajando un turno de operación por medio de una jornada de trabajo de ocho (8) horas.
- Despilfarro de tiempos durante las operaciones de reacción de la mezcla, decantación y llenado de tanque de almacenamiento de producto terminado.
- Las pérdidas de materia prima ocasionadas en la actividad de cargue de Carbonato de Calcio contribuyen con la reducción del producto terminado por lote de producción.
- La recolección de lodos generados en la fase de decantación secundaria y su recirculación en el proceso, provocan reprocesos y pérdida de eficiencia en la producción de Nitrato de Calcio con las características de calidad requeridas para su despacho final.

Dado lo anterior, es imprescindible, implementar un proceso de mejoramiento en el proceso de producción, a fin de aumentar el índice de utilización de la planta de manera gradual hasta alcanzar el mejor nivel de operación posible. Esta condición, originará a su vez, la obtención de utilidades adicionales por la venta de la producción de Nitrato de Calcio y la posibilidad de alcanzar la sostenibilidad en el tiempo del proceso de producción.

3.2.3 Análisis cualitativo

3.2.3.1 Diagrama de causas y efectos del proceso de producción de Nitrato de Calcio: La construcción sistemática de este diagrama ofreció una visión concentrada del análisis de las causas que contribuyen a una situación compleja. Este análisis permitió evaluar las distintas causas que implican los bajos porcentajes de producción de Nitrato de Calcio.

A continuación se describe el diagrama de causa y efecto desarrollado para la planta de producción de nitrato de calcio.

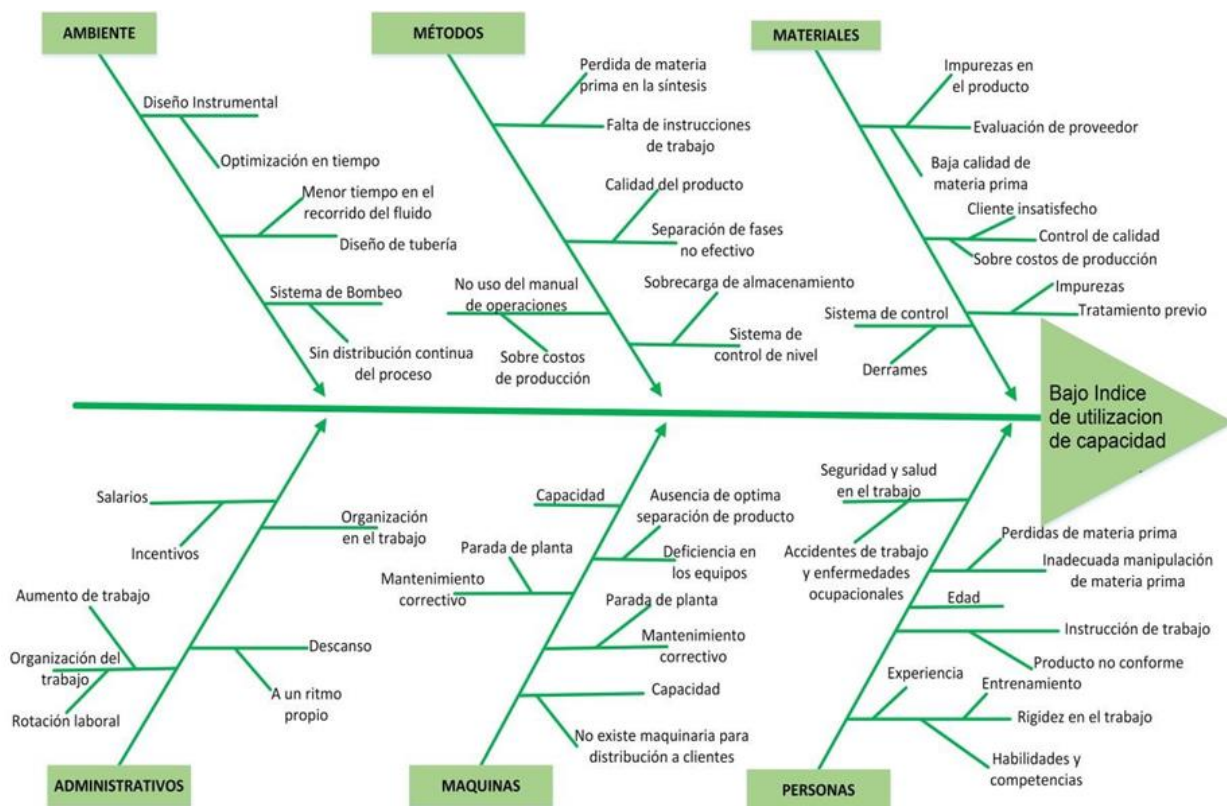


Figura 18. Diagrama de causa – efecto

A partir del diagrama de causa-efecto desarrollado, se establece lo siguiente:

- **Materiales.**

En lo que corresponde a las materias primas del proceso, se precisa que no se cuenta con controles de calidad ni análisis de laboratorio que indiquen la pureza o concentración necesaria para el proceso, ocasionando despilfarro de materia prima, productos no conformes e insatisfacción de cliente.

- **Métodos.**

Se evidencia que no se existe un procedimiento estandarizado para cada una de las operaciones desarrolladas en la planta. A menudo, el operador establece de manera subjetiva medidas para la operación y control del proceso de producción. Esta situación ocasiona sobrecostos en la producción, despilfarro de materia prima y retrocesos en las operaciones.

- **Ambiente.**

El entorno de la planta requiere de una optimización de espacios y/o diseño industrial más adecuado debido a que es evidente que el operador realiza recorridos repetitivos. Esta condición aumenta el riesgo de generación de accidentes de trabajo y retrasos en la operación.

- **Administrativo**

La causa principal identificada es el bajo salario establecido para el operador y no contar con el contrato colectivo vigente, generando la inexistencia de incentivos y metas de producción. Esta situación contribuye con el aumento del ausentismo, desmotivación profesional y aumento de trabajo debido a retrasos en la planta y desarrollo de labores a un ritmo establecido de manera subjetiva por el operador.

- **Maquinas.**

Las maquinas encontradas en el proceso en su totalidad no cuenta ninguna con hoja de vida donde se estipule el mantenimiento preventivo y/o correctivo realizado. Cabe resaltar que esta planta no ha tenido inversiones en modernización ni automatización desde que se construyó por ende en cualquier momento se pueden presentar fallas que desencadenan en paradas intempestivas y/o definitivas de la planta.

- **Personas**

Las causas establecidas en la baja producción de Nitrato de Calcio correspondiente a las personas, son la falta de habilidades, competencias y definición de perfiles ocupacionales, procedimientos de trabajo. Contar con la agilidad, la experiencia y el entrenamiento del personal, permite lograr el mejor comportamiento y compromiso en todo lo relacionado con seguridad y salud en el trabajo. En la actualidad, en la planta se evidencia excesos de confianza por parte del operador, lo cual puede originar accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.

3.2.3.2 Lista De Chequeo 5s's: Esta metodología permite evidenciar proporcionalmente las falencias que se presentan en las áreas de trabajo de la planta de producción de nitrato de calcio.

Para aplicar esta metodología se realizó una lista de chequeo en cada una de los puestos de trabajo de la planta, basada en una serie de preguntas de verificación en cuanto al compromiso a cada una de las S, con dicha lista se entrevistó al operario central y los auxiliares, al igual que al jefe de producción de la planta. También fue necesaria la identificación de problemas por medio de la inspección en cada una de las visitas realizadas. (Ver Apéndice E).

A continuación se presentan los resultados del análisis de las 5's en las áreas de trabajo

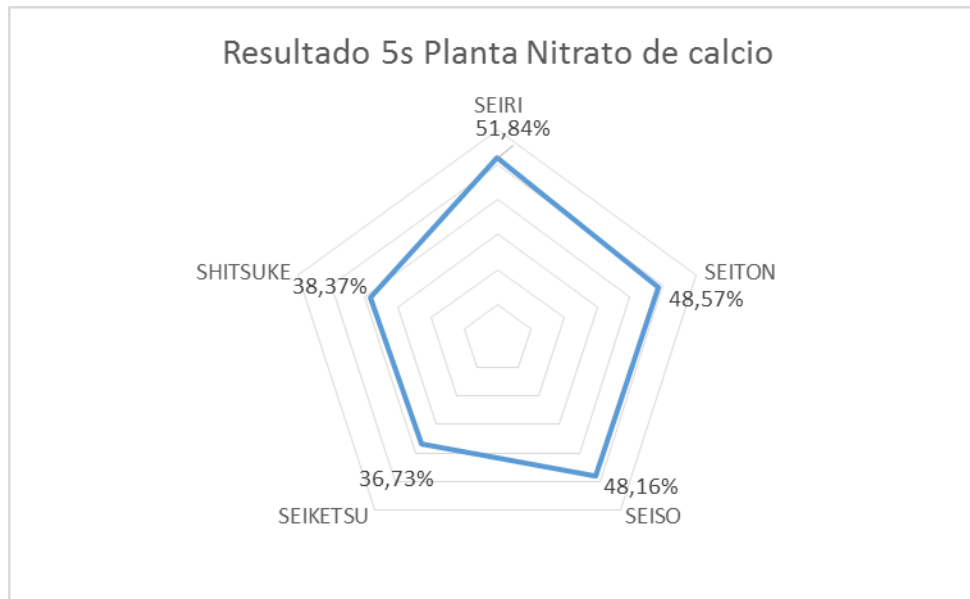


Figura 19. Diagrama de redes, Resultados 5s

Tabla 18.

Nivel de cumplimiento en las operaciones




Área de trabajo	Seiri (Clasificación)	Seiton (Orden)	Seiso (Limpieza)	Seiketsu (Estandarizar)	Shitsuke (Disciplina)
Cargue materia prima	62,86%	54,29%	51,43%	48,57%	48,57%
Reacción mezcla	57,14%	51,43%	62,86%	34,29%	42,86%
Filtrado	54,29%	51,43%	54,29%	42,86%	45,71%
Enfriamiento	51,43%	57,14%	54,29%	48,57%	42,86%
Decantación	68,57%	62,86%	57,14%	40,00%	42,86%
Llenado de tanque de Almacenamiento	68,57%	62,86%	57,14%	42,86%	45,71%
Promedio	51,84%	48,57%	48,16%	36,73%	38,37%


Luego de analizar los resultados de la metodología 5s y por medio de todas las visitas y las observaciones realizadas, se identificaron problemas en la estandarización con un cumplimiento de 36,73% y en disciplina con un cumplimiento de 38,37%, lo que indica que la planta de nitrato de calcio no cuenta con procedimientos establecidos para la ejecución de sus operaciones, entre

esas el manejo de las máquinas, uso de herramientas, procedimientos para orden y limpieza de las áreas de producción de la planta, que se Clasificaron en cada una de las S:

Tabla 19.

Identificación de Problemas con herramienta 5S

5S	Problema identificado	Registro
SEIRI	<p>En las áreas de trabajo se encuentran elementos pertenecientes a otras plantas de la compañía, como tanques vacíos. Dando lugar a problemáticas como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ocupar espacios que pueden ser aprovechados para ubicar los implementos necesarios para desarrollar las tareas en las áreas de trabajo. • Generación de actos inseguros en la planta que pueden conllevar a incidentes en los trabajadores y obstaculizar el recorrido habitual del operador. 	
SEITTON	<p>Las áreas de trabajo carecen de demarcación, adicionalmente no hay señalización que permita ubicar y regresar las herramientas al lugar de trabajo correspondiente, lo cual genera demoras en la ejecución de las operaciones.</p>	
SEISO	<p>Algunas áreas de trabajo carecen de periódicas jornadas de limpieza, lo que provoca la presencia constante de residuos en el piso y de desperdicios de materiales. A su vez no existen los contenedores necesarios en las áreas de trabajo, para el depósito de basuras.</p>	

5S	Problema identificado	Registro
SEIKETSU	<p>No existen procedimientos fijos para la clasificación, orden y limpieza. Esto origina problemas en la producción, ya que no cuentan con planes de limpieza en las maquinas lo que a su vez provoca impurezas en el producto.</p> <p>Además, los trabajadores omiten medidas reglamentarias de seguridad para operar. No utilizan la dotación de seguridad para ejecutar las operaciones lo que aumenta el índice de probabilidad de un accidente laboral.</p> <p>Los operarios no son responsables con la limpieza de su área de trabajo, esto genera un mal aspecto de dicha área.</p>	
SHITSUKE	<p>La gerencia de la empresa no motiva la disciplina de orden y limpieza en sus trabajadores.</p>	

4. Propuestas de mejora

Tabla 20.

Propuestas de mejora

	Causas	Propuestas
Materia prima	No existe un sistema de contención de fugas y derrames asociado al tanque de ácido Nítrico	Diseñar un sistema de contención para el tanque de ácido Nítrico
	Despilfarros de materia prima (Cal) en sistema de cargue al reactor	Definir un sistema confiable de cargue de materia prima en el reactor
	Ineficiente control de calidad de la materia prima (cal)	Definir un procedimiento para asegurar el control de calidad de la materia prima

	Causas	Propuestas
Método	Falta estandarizar los procedimientos para la operación de la planta de producción de Nitrato de Calcio	Establecer mediante el área administrativa y/o el área de las compras una política de selección y evaluación de proveedores Diseñar un plan para estandarizar el proceso productivo en la planta de Nitrato de Calcio
	Distribución inadecuada de equipos, maquinaria y estructura que conforman la planta de producción.	Actualización del manual de operación y mantenimiento de la planta de producción Redistribución de equipos, maquinaria y estructura de la planta, alineadas con la metodología layout.
	Inexistencia de un programa de mantenimiento de herramientas, equipos y maquinaria	Realizar una planeación para el mantenimiento preventivo y correctivo de las herramientas, equipos y maquinaria
Maquinas	Baja productividad y utilización de la capacidad instalada de la planta	Establecer un plan de acción para el mejoramiento de la productividad basado en la capacidad instalada.
	Baja competencia por desactualización del personal operativo de la planta	Diseñar un plan de capacitación y entrenamiento para el personal operativo de la planta
Personas	Cultura inadecuada en el uso de elementos de protección personal	Desarrollar un programa de sensibilización y motivación para promover el autocuidado y el uso adecuado de los elementos de protección personal
Administrativo	Bajo rendimiento operacional por causa de ritmos de trabajo propio del operador	Diseñar un plan en compañía de la gerencia que otorgue incentivos para cumplimiento de metas de producción, cumplimiento de normas de seguridad e iniciativas de mejora continua para la planta.

4.1 Propuestas para el mejoramiento del proceso productivo en la planta de Nitrato de Calcio

A partir de lo encontrado en la etapa de diagnóstico y considerando los problemas principales identificados en el análisis de causa y efecto, se presentan las propuestas tendientes al mejoramiento del proceso en la planta de Nitrato de Calcio mediante estrategias que buscan aumentar la producción y garantizar calidad del Nitrato de Calcio a partir del cumplimiento de criterios técnicos, económico, ambientales y de seguridad.

4.1.1 Propuesta para el mejoramiento de la productividad basado en la capacidad instalada en la planta de Nitrato de Calcio

Objetivo general

Establecer una propuesta para el mejoramiento de la productividad basado en la capacidad instalada en la planta de Nitrato de Calcio.

Objetivos específicos

- Definir una alternativa estratégica para el aumento de producción en la planta de Nitrato de Calcio.
- Seleccionar infraestructura y/o equipos requerido para el aumento de producción en la planta de Nitrato de Calcio

4.1.1.1 Descripción de la propuesta: La propuesta para el mejoramiento de la productividad basado en la capacidad instalada en la planta de Nitrato de Calcio presenta una estrategia alternativa para mejorar algunos componentes relacionados con la seguridad en el almacenamiento

del Ácido Nítrico, la disminución de despilfarros de Carbonato de Calcio, el control de variables del proceso y el cambio en el procedimiento de producción en un turno de 8 horas.

Dado lo anterior, se plantea, las siguientes mejoras:

- Implantación de un sistema de control de variables en el proceso (Nivel, presión, temperatura, operación de bombas centrifugas) por medio de sensores monitoreados desde un cuarto de control, que permita desarrollar los distintos procesos con una mayor rigurosidad técnica
- Construcción de un dique de contención para el tanque de almacenamiento de Ácido Nítrico
- Instalación de un transportador mecánico (tornillo sinfín) y un sistema de control de nivel para los tanques de la sección de mezcla o síntesis.
- Cambio de procedimiento operacional a fin de aumentar la producción en la planta por medio del desarrollo de un lote de producción adicional diario, es decir, pasar de 2 a 3 lotes de producción por turno de 8 horas de operación.

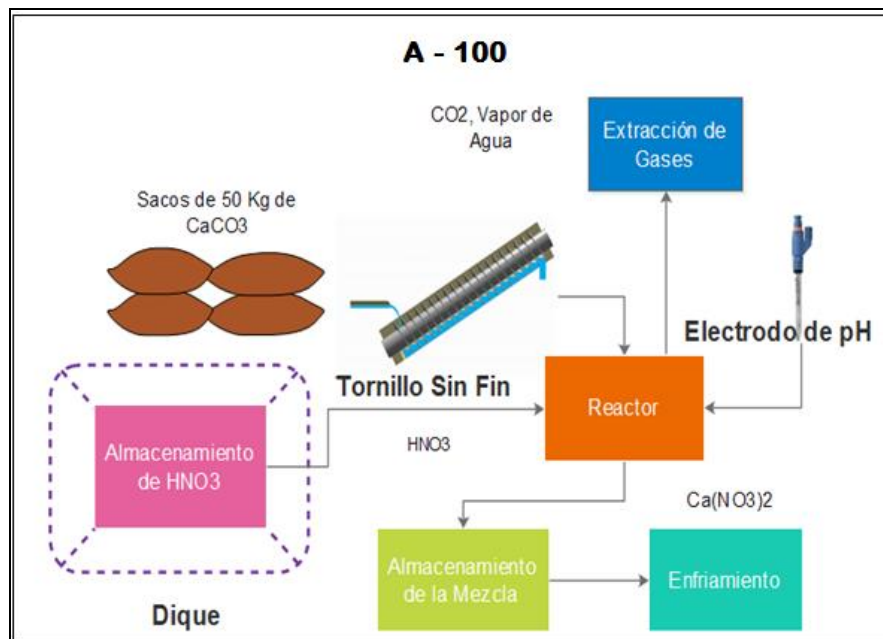


Figura 20. Estrategia para el mejoramiento de la productividad basado en la capacidad instalada en la planta de Nitrato de Calcio

Tabla 21.

Descripción de la estrategia para el mejoramiento de la productividad basado en la capacidad instalada en la planta de Nitrato de.

Estrategia operacional	
Implementación para un proceso seguro	Construcción de un Dique para el Tk-101 de Ácido Nítrico, para evitar derrames o que se extienda el Ácido Nítrico hacia otras áreas y tener la oportunidad de recuperarlo, los tanques de almacenamiento deben estar limitados por diques de contención.
Servicio de continuidad de la materia prima	Reemplazar el sistema Tolva-Banda Transportadora, por un Transportador de tornillo sinfín para disminuir las pérdidas el cual consiste en un eje de acero, sobre el cual se desarrolla una espiral, que gira dentro de un canal y que el proceso de carga sea continuo.
Aumentar las cantidades de materias primas en la operación de producción	Balance de masa, que nos refiera la cantidad utilizada en el reactor.
Prácticas efectivas de control y medición	Medición del pH agregándole al proceso en proporciones iguales, para luego por medio de un electrodo medir el grado de acidez del producto. que acondicione la mezcla del producto final en sus propiedades físico-químicas El control del nivel máximo mediante un sensor de nivel conectado en alguna forma, ya sea mecánica o electrónica con la operación de una válvula a la entrada del tanque

Esta estrategia es la que mejor equilibrio demuestra entre los criterios técnicos, económicos, ambientales y de seguridad, ya que aunque presenta unos costos de inversión, operación y mantenimiento, estos son asequibles a la capacidad de producción de la empresa.

- **Instalación del Dique de Contención.** La capacidad volumétrica de los diques de contención que en su interior alberguen un solo tanque de almacenamiento debe ser mayor a la capacidad del tanque (SEGUROS BOLÍVAR) y la altura con respecto al piso, no debe ser mayor a 1,80 m ni menor de 1,20 m. Teniendo en cuenta que para este caso particular el volumen del tanque de Ácido Nítrico es de $13,8 \text{ m}^3$, se tomó con la asesoría del tutor del proyecto, un factor de 1.3 veces la capacidad del Tk-101 de Ácido Nítrico y una altura de 1,50 m.

$V = 13,8 \text{ m}^3$ lo multiplicamos por el coeficiente de 1,3

$$V_{\text{parcial}} = 17,94 \text{ m}^3$$

Con el volumen parcial y la altura del dique de contención podemos determinar el área cuadrada (L^2) del dique.

$$V = h * L^2$$

$$L^2 = \frac{V_{\text{parcial}}}{h} \rightarrow L = \sqrt{\frac{V_{\text{parcial}}}{h}}$$

$$L = \sqrt{\frac{17,94 \text{ m}^3}{1,5 \text{ m}}} \rightarrow L = 3,458 \text{ m}$$

El material para la construcción del dique es en concreto liviano

• **Adquisición e Instalación del Transportador de Tornillo Sinfín.** Las variables importantes son: la capacidad y la potencia del transportador mecánico.

$$\text{Capacidad } Q \left(\frac{\text{Ton}}{\text{h}} \right) = \frac{d^2 * \pi * S * n * \gamma * \varphi * 60}{4} \text{ y Potencia } N \text{ (H.P)} = K * L * Q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) * \gamma$$

Donde:

d: es el diámetro del tornillo, que es de: 0,334 m

S: paso del tornillo (generalmente S: 0,7* d)

n: velocidad del tornillo (rpm). Toma valores según los distintos materiales transportados y el diámetro del tornillo. Para los materiales livianos, entre 100 y 200 rpm

γ : Peso específico aparente del material a transportar (Ton/m^3)

φ : Rendimiento volumétrico. El canal no se llena completamente con el material, el suele ser 0,5

K: constante que varía con el peso y abrasividad del material a transportar, tomando los siguientes valores:

Para materiales livianos y no abrasivos, (Ej. Cereales) K: 0,018

Para materiales pesados y no abrasivos, (Ej. carbón) K: 0,020

Para materiales pesados y abrasivos, (Ej. clinker) K: 0,024

L: longitud del tornillo, m.

Para el transportador de tornillo sinfín en la planta de Nitrato de Calcio:

$n=110$ rpm, $\gamma=2,711$ Ton/ m^3 , $\varphi=0,5$, $K=0,018$, $L=24,5$ y $Q=3,83$ m^3/h

Se aplicó la fórmula de capacidad y potencia

$$Q \left(\frac{\text{Ton}}{\text{h}} \right) = \frac{(0,334 \text{ m})^2 * \pi * 0,7 * 0,334 \text{ m} * 110 \text{ rpm} * 2,711 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^3} * 0,5 * 60}{4}$$

$$Q \left(\frac{\text{Ton}}{\text{h}} \right) = 183,261$$

$$N (H.P) = 0,018 * 24,5 \text{ m} * 3,83 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) * 2,711 \rightarrow N (H.P) = 4,579$$

- **Capacidad de Producción del Reactor.** La producción de 6 TNM de Nitrato de Calcio que en promedio elaboran por lote de producción, está ocupando el 60,06% de la capacidad neta del reactor, es por ello que usando un criterio de almacenamiento de líquido al 85% y realizando los cálculos de balance aumentaremos la producción de Nitrato de Calcio. Con el criterio del volumen del líquido al 85% del volumen total estimamos la producción ideal.

$$5,55 \text{ m}^3 \rightarrow 100\% \text{ el } 85\% \rightarrow 4,7175 \text{ m}^3$$

Esta relación de volumen se hace con el Ácido Nítrico que es la materia prima que se encuentra almacenada en el reactor antes de agregar el Carbonato de Calcio, usando la densidad del Ácido y el volumen al 85% obtendremos la cantidad de masa de Ácido contenido en el reactor.

$$\rho = 1330 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho * V$$

$$m = 1330 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 4,7175 \text{ m}^3 \rightarrow m = 6274,275 \frac{\text{kg}}{\text{Lote de Producción}}$$

Realizando con el apoyo del tutor del proyecto, las conversiones pertinentes y el balance estequiométrico con la reacción principal, se tiene que:

$$6274,275 \frac{\text{kg}}{\text{Lote de Producción}} * \frac{1000\text{g}}{1 \text{ kg}} * \frac{1 \text{ mol HNO}_3}{63,01 \text{ g HNO}_3} = 99575,86 \text{ mol de HNO}_3$$

$$99575,86 \text{ mol de HNO}_3 * \frac{1 \text{ mol de Ca}(\text{NO}_3)_2}{2 \text{ mol de HNO}_3} * \frac{164.088\text{g}}{1 \text{ mol de Ca}(\text{NO}_3)_2} = 8169601,94 \text{ g}$$

$$8169601,94 \text{ g} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} * \frac{1\text{TM}}{1000\text{kg}} = 8,169 \text{ TM}$$

Con la producción ideal de 8,169 TNM, la mezcla tendrá un porcentaje en volumen del 81,77% del volumen total del reactor, aumentando significativamente la producción de Nitrato de Calcio al 36% aproximadamente. Otro aspecto son los turnos que se trabajen, es decir en un (1) turno de ocho (8) horas, un operador realiza dos (2) lotes de producción, para lo cual se propone ampliar a tres (3) lotes de producción por turno. A partir de esto, se estará complementando la estrategia de capacidad de producción del reactor, permitiéndole al operador aprovechar la capacidad de cada equipo teniendo en cuenta su tiempo de residencia, para tener una mayor efectividad en su proceso productivo.

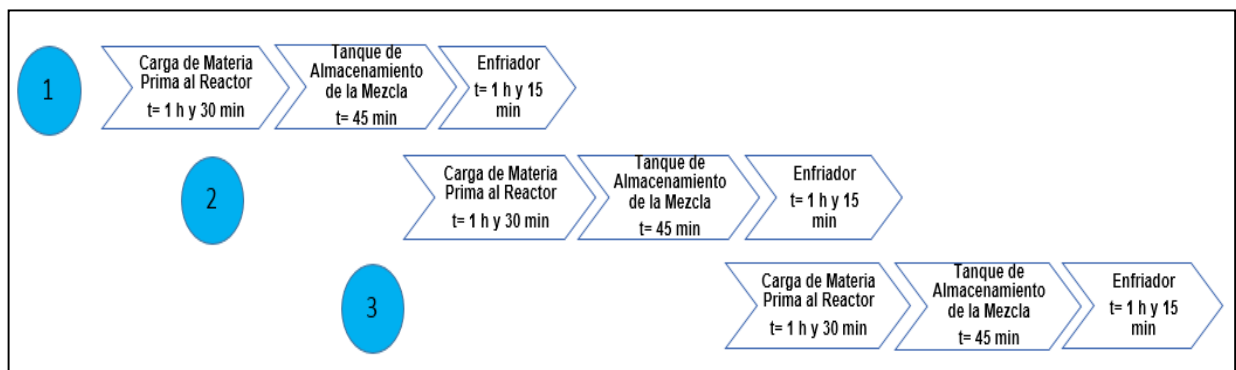


Figura 21. Tiempos por Lote de Producción de Nitrato de Calcio

Cada lote de producción, lo integran los tiempos de residencia en el reactor R-101, en el tanque de almacenamiento de la mezcla Tk-102 y el enfriador E-101, dicho tiempo equivale a 3 horas y 30 minutos. Pero en continuo pudiese cargarse nuevamente el reactor cuando la mezcla de Nitrato de Calcio entre al E-101 (1 h y 15 min), es decir que durante el mismo tiempo se enfriaría el primer lote y el segundo lote saliendo del reactor. Si este procedimiento se repitiera para un tercer lote de producción el tiempo total de trabajo sería de 8 horas, las cuales representan un turno de trabajo para el operador encargado.

4.1.1.2 Inversión para la implementación de la propuesta

Ítem	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Transportador de Tornillo espiral inclinado flexible	Und.	1	\$15.000.000,00	\$ 15.000.000
Electrodo digital pH/Temp	Und.	1	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
Implantación de un sistema de control de variables del proceso	Global	1	\$ 80.000.000	\$ 80.000.000
Construcción de dique de contención Tanque de Ácido Nítrico	Global	1	\$ 20.000.000	\$ 20.000.000
Mantenimiento y reposición de equipos	Global	1	\$ 50.000.000	\$ 50.000.000
Total				\$ 167.000.000

4.1.2 Propuesta para la implementación de un procedimiento para asegurar el control de calidad de la materia prima (Carbonato de Calcio y Ácido Nítrico), control del proceso de mezcla y producto terminado.

Objetivo General

Establecer un procedimiento para el aseguramiento del control de calidad de la materia prima

Objetivos específicos

- Asegurar que se cumpla con el nivel de calidad y reglamentación aplicada por la empresa
- Receptar productos que cumplan las condiciones para la elaboración del producto final

4.1.2.1 Descripción de la propuesta

- **Especificaciones técnicas del Carbonato de Calcio y Ácido Nítrico.** Las especificaciones técnicas de calidad del carbonato de calcio y Ácido Nítrico se describen en las tablas 4 y 5 y esas condiciones son las que se deben mantener para asegurar la calidad de la materia prima.

- **Pasos para asegurar la calidad de la materia prima, control del proceso de mezcla y producto terminado.** Los pasos para asegurar la calidad de la materia prima, control del proceso de mezcla y producto terminado en la planta de Nitrato de Calcio son los siguientes:

El operador de la planta debe tomar muestras de Carbonato de Calcio, Ácido Nítrico, mezcla de productos en el reactor y producto terminado a fin de entregarlas en el laboratorio industrial de inspección de Calidad. Normalmente se deben tomar dos (2) muestras de Carbonato de Calcio cada vez que se recibe este producto en la empresa. Para el caso del Ácido Nítrico, se deben tomar dos muestras en el tanque cada vez que este sea aprovisionado por los procesos al interior de la

empresa FERTICOL S.A. De igual forma, el producto terminado es muestreado para validar su almacenamiento en los tanques hasta donde llegan los camiones para el respectivo cargue y entrega a clientes. El control del proceso de mezcla se realiza por medio de la medición de pH de La mezcla en el reactor para cada cochada de producción. En caso de presentarse producto no conforme, el técnico solicitará a criterio una nueva muestra para verificar el resultado, excepto para el caso del control sobre el proceso, ya que la corrección debe realizarse de manera inmediata.

El técnico de laboratorio realizará el análisis de las muestras, e informará al ingeniero encargado de la planta los resultados obtenidos.

Si las condiciones de operación en la planta y los resultados de laboratorio son normales (Producto Conforme), se mantiene la alineación del Carbonato de Calcio para Transferir la carga recibida al área de almacenamiento temporal, cuya área es utilizada para acopiar el producto que queda listo para emplear en el proceso productivo. De igual forma, una vez se valida el cumplimiento de las especificaciones técnicas del Ácido Nítrico, el producto queda a disposición del operador de la planta para ser empleado en el proceso de producción de Nitrato de Calcio.

Por su parte, si el análisis de calidad del producto terminado almacenado cumple con las especificaciones, se procede con la autorización para el cargue a los sistemas de transporte de los clientes.

Si se determina la *No Conformidad* en el Carbonato de Calcio, es decir que no cumple con las especificaciones técnicas establecidas, este producto debe ser ubicado en un lugar demarcado en el patio de descarga de la empresa y debidamente señalizado para posteriormente ser devuelto al proveedor encargado de suministrarlo.

- **Normas de Seguridad.** Las normas de seguridad aplicables son:
 - Realice siempre una verificación de los riesgos antes de iniciar la labor.

- Verifique el estado de su radio de comunicaciones antes de iniciar las tareas.
- Use adecuadamente los elementos de protección personal.
- Informe cualquier anomalía, condición o acto sub-estándar encontrado en su trabajo.
- **Equipo de Protección Personal.** Los equipos y elementos de protección personal son indispensables para el desarrollo de la actividad. A continuación las condiciones de seguridad mínimas para desarrollar la actividad:

- Casco de Seguridad
- Protección visual (Gafas de seguridad industrial)
- Guantes de vaqueta o de carnaza.
- Calzado de seguridad
- Ropa de trabajo adecuada (Camisa manga larga y pantalón en algodón u overol)
- Protección auditiva

4.1.2.2 Inversión para la implementación de la propuesta

Tabla 22.

Inversión para la implementación de la propuesta

Ítem	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Diseño del procedimiento para aseguramiento del control de calidad de la materia prima (Carbonato de Calcio y Ácido Nítrico), control del proceso de mezcla y producto terminado.	Global		\$300.000	\$300.000
Total				\$ 300.000

4.1.3 Propuesta para la actualización del manual de operación de la planta de producción de Nitrato de Calcio

Objetivo General

Asegurar el cumplimiento del programa de producción en la planta de Nitrato de Calcio, operando de manera segura y bajo estándares de Ferticol S.A., con el fin de garantizar la seguridad de las personas, la conservación del medio ambiente, la integridad mecánica de la infraestructura asociada y la estandarización de las actividades durante la operación.

Objetivos específicos

- Describir las características operacionales del proceso de producción en la planta de Nitrato de Calcio
- Establecer los parámetros de cada una de las secciones y componentes que integran el proceso de producción en la planta de Nitrato de Calcio

4.1.3.1 Descripción de la propuesta: El manual de Operaciones del proceso de producción en la planta de Nitrato de Calcio operada por FERTICOL S.A., es una guía práctica, cuyos parámetros más importantes están basados en la experiencia y conocimiento de los funcionarios de operación y mantenimiento.

Dicho manual describe los procesos y la infraestructura de la Planta de Nitrato de Calcio y se basa en la normatividad de nacional e internacional.

Aplica para los funcionarios de FERTICOL S.A., especialmente el personal involucrado en la operación general de la Planta de Nitrato de Calcio.

En el Apéndice F, se muestra el Manual de operaciones actualizado del proceso de producción en la planta de Nitrato de Calcio.

4.1.3.2 Inversión para la implementación de la propuesta

Tabla 23.

Inversión Actualización manual de operaciones

Ítem	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Actualización del manual de operaciones de la planta de Nitrato de Calcio	Global		\$ 500.000	\$ 500.000
Total				\$ 500.000

4.1.4 Propuesta para la definición de un plan para el mantenimiento preventivo y correctivo de las herramientas, equipos y maquinaria en la planta de Nitrato de Calcio

Objetivo General

Establecer la metodología para desarrollar las actividades necesarias para la planeación del mantenimiento preventivo y correctivo de las herramientas, equipos y maquinaria para garantizar la confiabilidad requerida por el proceso productivo en la Planta de Nitrato de Calcio, sin afectar la seguridad de las personas, el medio ambiente o la infraestructura de la Planta, garantizando la integridad y la confiabilidad de los equipos de acuerdo con la experiencia de personal y las recomendaciones del fabricante.

Objetivos específicos

- Definir frecuencias de revisión y ciclos de trabajo
- Identificar aspectos, impactos y controles ambientales asociados al mantenimiento

- Describir las acciones para realizar el mantenimiento preventivo

4.1.4.1 Descripción de la propuesta: En el Apéndice G, se describe el plan para el mantenimiento preventivo y correctivo de las herramientas, equipos y maquinaria en la planta de Nitrato de Calcio.

4.1.4.2 Inversión para la implementación de la propuesta

Tabla 24.

Inversión para el diseño del plan de mantenimiento

Ítem	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Diseño de un plan para el mantenimiento preventivo y correctivo de las herramientas, equipos y maquinaria en la planta de Nitrato de Calcio	Global		\$ 500.000	\$ 500.000
Total				\$ 500.000

4.1.5 Propuesta de redistribución de equipos, maquinaria y estructura de la planta de Nitrato de Calcio, alineada con la metodología layout

Objetivo General

Proponer una redistribución de equipos, maquinaria y estructura de la planta de Nitrato de Calcio, alineada con la metodología Layout.

Objetivos específicos

- Analizar la distribución actual de la planta de Nitrato de Calcio
- Proponer una nueva distribución de la planta de Nitrato de Calcio

4.1.5.1 Descripción de la propuesta: Antes de presentar una propuesta para redistribuir la planta de Nitrato de Calcio de la empresa FERTICOL S.A., se deben tener en cuenta algunos aspectos de la distribución actual, la cual se presenta a continuación.

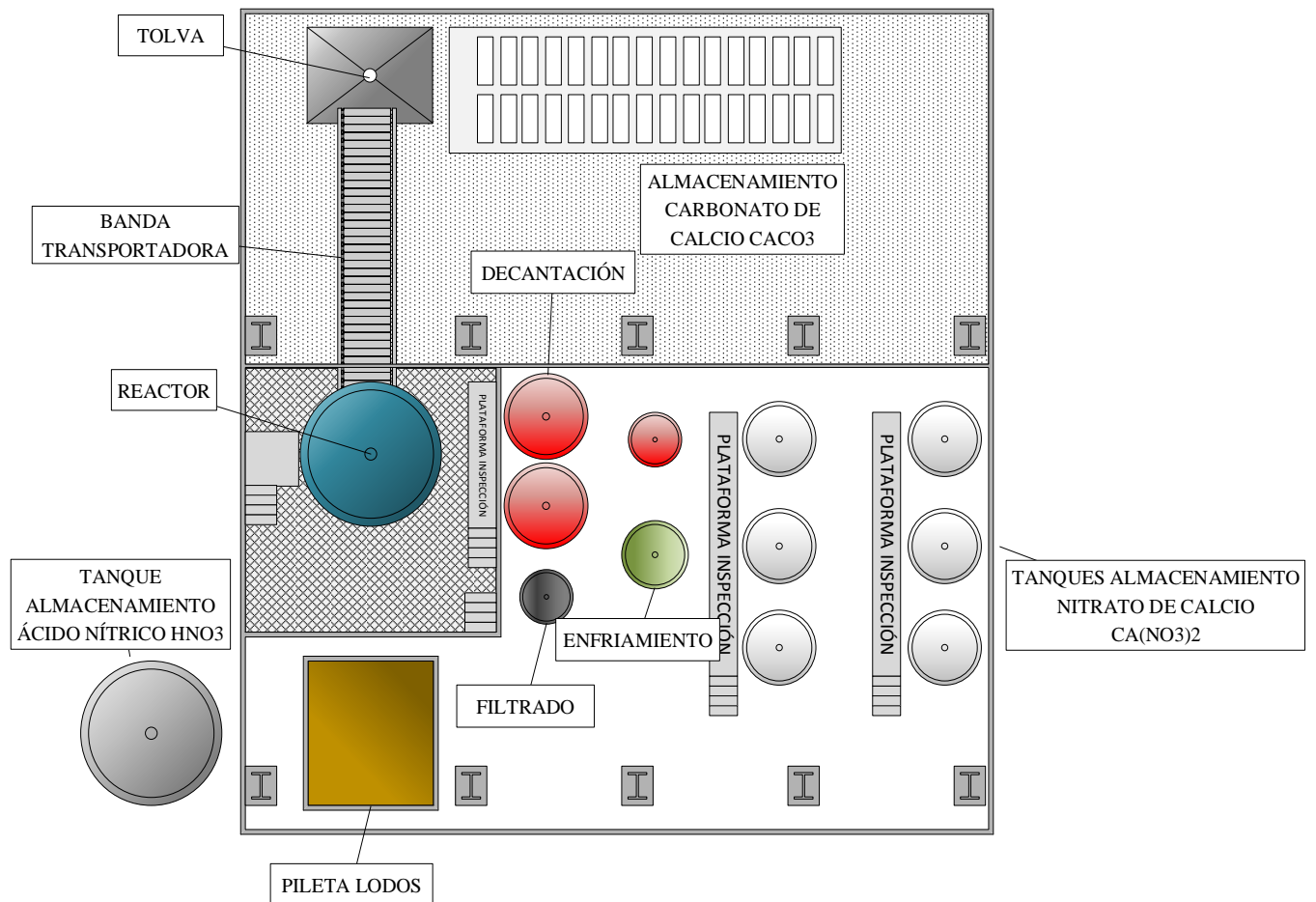


Figura 22. Distribución actual de la planta de Nitrato de Calcio

- En el esquema no se presenta ningún tipo de cota para no sobrecargar la imagen, las dimensiones se pueden consultar en el diagrama de procesos previamente presentado.

- El transporte del producto a lo largo del proceso productivo, exceptuando el que se hace por medio de la banda transportadora, se lleva a cabo mediante tuberías. También se hace omisión del esquema hidráulico para tener más claridad sobre la imagen y porque se asume que al redistribuir los centros de trabajo se hará el respectivo rediseño de las redes hidráulicas en la planta.

- Al llevar la nueva distribución de la planta a la realidad es seguro que se encontrarán muchos inconvenientes de carácter técnico, esto es porque los centros de trabajo, en su mayoría compuestos por tanques, no son de fácil traslado por sus propias características físicas y por las respectivas modificaciones que se deben hacer en la estructura del edificio para la nueva instalación, incluyendo las nuevas consideraciones en las conexiones hidráulicas. Para efectos de esta propuesta se asume que, en el momento en el que la empresa FERTICOL S.A, decida implementar la nueva distribución, se destinarán los recursos necesarios para las modificaciones que deban ser realizadas para el correcto funcionamiento de la planta, esto incluye la desmantelación de la pileta de lodos y su respectiva construcción en el nuevo sitio propuesto, además de la adecuación de la banda transportadora.

- En el diagrama de procesos de la empresa se detallan dos procesos de inspección de calidad, el primero se da después del proceso de reacción de la mezcla y el segundo se da después del proceso de decantación. Hay que tener en cuenta que para llevar a cabo estos procesos no se tiene un sitio en específico de la planta, y si se considera necesario realizar una prueba más exhaustiva se debe hacer uso de un laboratorio externo. Por esta razón también se aconseja llevar a cabo estas pruebas en el mismo centro de trabajo, esto con el fin de evitar traslados innecesarios.

- Como la nueva distribución se está proponiendo a partir del hecho de que en la planta se produce un único producto (Nitrato de Calcio), se tendrán en cuenta únicamente dos parámetros de mejora, los cuales son la distancia (en metros) que hay entre los centroides de cada centro de

trabajo y el área (en metros cuadrados) utilizada para llevar a cabo todo el proceso productivo, considerando como mejora la disminución de las dos variables.

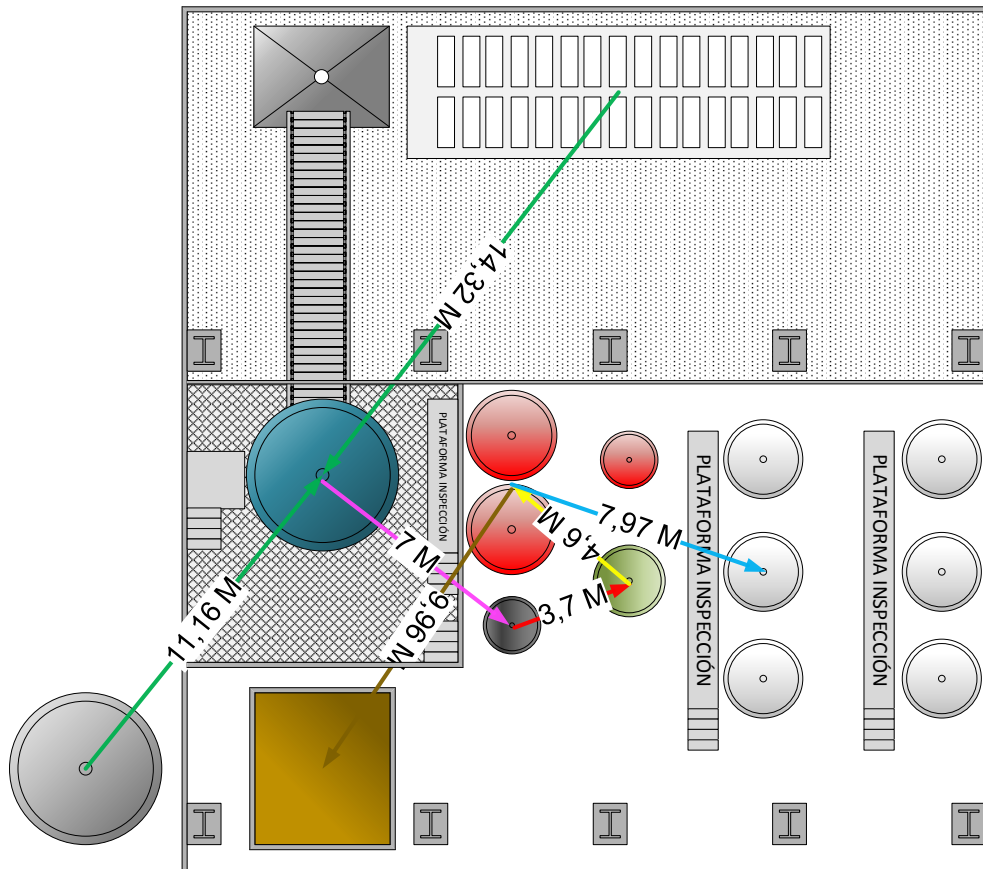


Figura 23. Distancias entre centroides en la distribución actual de la planta

Tabla 25.

Resumen de distancias entre centroides actuales

ORIGEN	DESTINO	COLOR	DISTANCIA
Almacenamiento CaCO_3	Reactor	—	14,32 metros
Almacenamiento HNO_3	Reactor	—	11,16 metros
Reactor	Filtrado	—	7 metros
Filtrado	Enfriamiento	—	3,7 metros
Enfriamiento	Decantación	—	4,6 metros
Decantación	Almacenamiento $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	—	7,97 metros
Decantación	Pileta de Lodos	—	9,96 metros

La nueva distribución propuesta para la planta de Nitrato de Calcio se presenta a continuación:

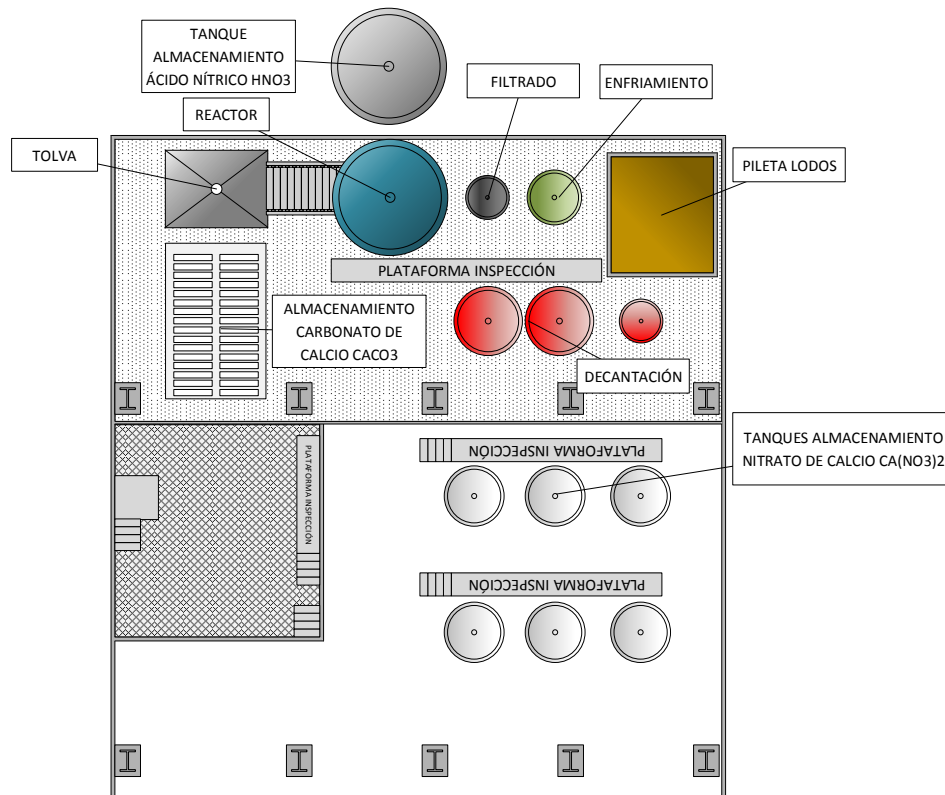


Figura 24. Nueva distribución de la planta de Nitrato de Calcio

Lo que se intenta con esta nueva distribución de la planta de Nitrato de Calcio es evitar los retrocesos en el flujo de producción, es decir, que el flujo sea continuo a lo largo de la planta. Además, se hace un uso más óptimo de la parte posterior de la planta, dejando libre el segundo nivel y la parte inferior izquierda de la misma.

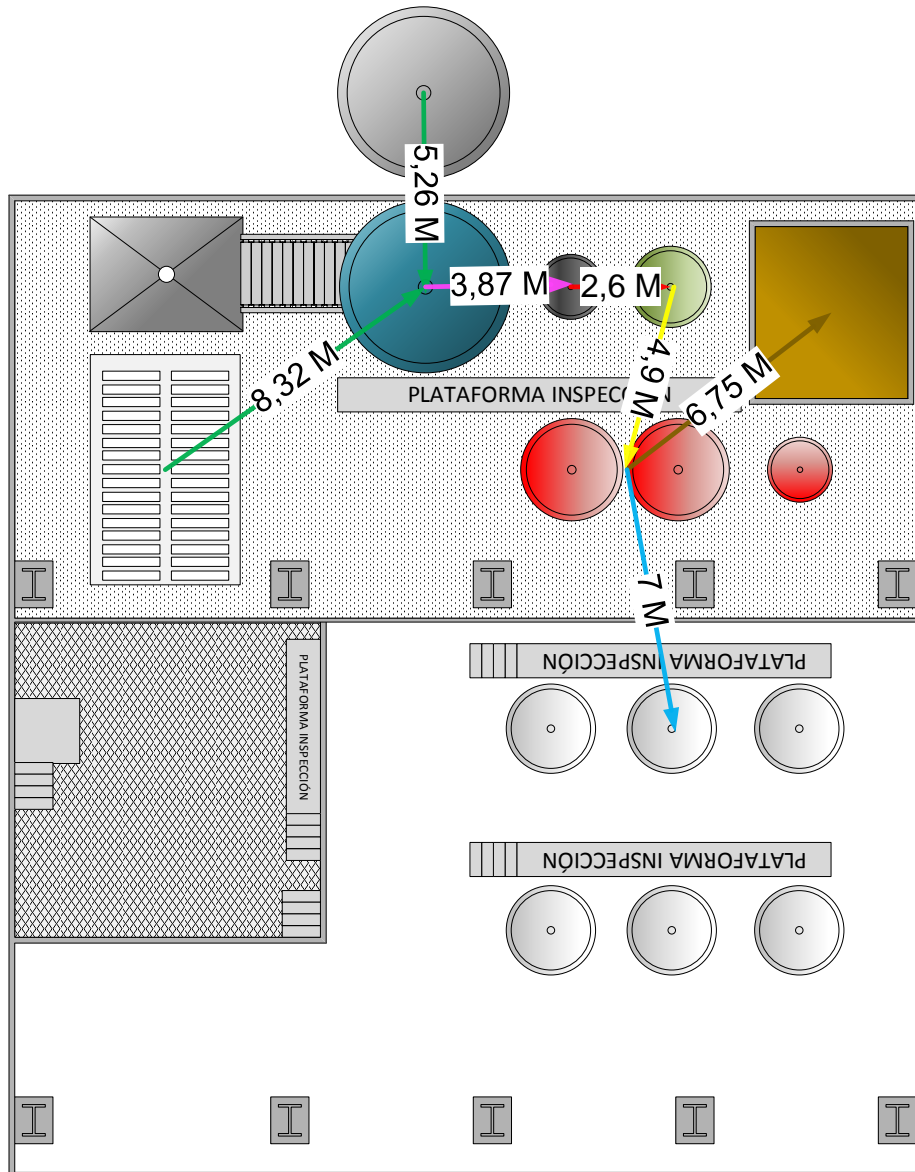


Figura 25. Cálculo gráfico de las nuevas distancias entre centroides

Tabla 26.

Resumen de las nuevas distancias entre centroides

ORIGEN	DESTINO	COLOR	DISTANCIA
Almacenamiento CaCO_3	Reactor		8,32 metros
Almacenamiento HNO_3	Reactor		5,26 metros
Reactor	Filtrado		3,87 metros
Filtrado	Enfriamiento		2,6 metros
Enfriamiento	Decantación		4,9 metros
Decantación	Almacenamiento $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$		7 metros
Decantación	Pileta de Lodos		6,75 metros

Análisis y conclusiones

- La distancia total entre centroides en la distribución actual es de 58,71 metros y en la distribución propuesta es de 38,7 metros. Esto implica que la distribución propuesta mejora este indicador en 34%.

- Si bien el área ocupada por los centros de trabajo es la misma en ambas distribuciones, con la actual es difícil hacer uso de los espacios que quedan libres, lo cual implica que actualmente se hace uso del área total de la planta, que es de 554,71 metros cuadrados. Con la nueva distribución es claro que al despejar el segundo nivel y el dejar libre la parte inferior izquierda de la planta se estaría utilizando un total de 383,48 metros cuadrados. Esto implica que la distribución propuesta mejora este indicador en 30,8%.

4.1.5.1 Inversión para la implementación de la propuesta

Tabla 27.

Inversión para propuesta de redistribución de planta

Ítem	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Desmantelamiento de Infraestructura (tanques, líneas, equipos, accesorios)	Global	1	\$ 70.000.000	\$ 70.000.000
Adecuación de terreno	Global	1	\$ 30.000.000	\$ 30.000.000
Mantenimiento y pintura de tanques, líneas y accesorios	Global	1	\$ 50.000.000	\$ 50.000.000
Montaje de infraestructura en área nueva y reposición de elementos averiados	Global	1	\$ 90.000.000	\$ 90.000.000
Ajuste de proceso con nueva distribución de planta	Global	1	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000
	Total			\$ 250.000.000

4.1.6 Propuesta para la implementación de orden y aseo 5'S

Objetivo General:

Disminuir la tasa de accidentalidad laboral a causada por peligros, presentes en la planta de Nitrato de Calcio.

Objetivos específicos:

Con la aplicación de la Metodología de las 5S bajo el programa de orden y limpieza se pretende:

- Establecer una cultura de orden y limpieza en los trabajadores al interior de la empresa.
- Brindar áreas seguras en el ambiente de trabajo y en las diferentes áreas de la empresa

- **Descripción de la propuesta**

La metodología de las 5S, es una metodología de calidad, originaria de Japón y que se enmarca dentro de las herramientas que se utilizan para obtener más calidad en el trabajo; hace referencia al mantenimiento integral no solo de maquinaria y equipos sino del mantenimiento del entorno donde se llevan a cabo las actividades laborales. Se llama así porque representa acciones que son principios expresados con cinco palabras japonesas que fonéticamente comienza con la letra S, y que tienen un significado importante para la creación de un lugar adecuado y seguro donde trabajar. Estas cinco palabras son Seiri (clasificación y descarte), Seiton (organización), Seiso (limpieza), Sieketsu (higiene y visualización), y Shitsuke disciplina y compromiso.

Diagnóstico Inicial

Es la identificación de las condiciones actuales de todas las áreas, en cuanto a orden y limpieza, a través de inspecciones que permitan tomar las medidas de seguimiento que se les dará. Este se realiza anualmente, utilizando formato lista de verificación, de orden y limpieza de este programa. Se debe asignar una calificación de 1 a 3 en la columna “INI” (Inicial).

Área Piloto

Para lograr un buen desempeño en la implementación es necesario identificar un área piloto, basados en el diagnóstico establecido o priorizando áreas. Se recomienda seleccionar un área que se considere de fácil implementación, para así poder tener resultados positivos en un corto plazo, generando positivismo frente al programa para poder intervenir, en el futuro, áreas con situaciones de compleja solución.

Conformación del Equipo Líder

Conformar en el área un equipo que apoye la implementación y seguimiento del programa, con el fin de dar continuidad y sostenimiento al mismo. Solo cuando se cuenta con el compromiso y

existe una cabeza visible se obtendrán resultados y cumplimiento de metas. Para esto se selecciona un equipo de personas del área, con poder de decisión (entre 3 a 4 personas), conformado por miembros del COPASST (según disponibilidad del área), jefes de áreas, y trabajadores y se establece metas de mejora teniendo en cuenta la estandarización definida para la planta.

El equipo tiene que reunirse al menos una vez cada dos meses, e identificar y establecer medidas de mejora, evaluar el cumplimiento de las metas, promover e incentivar y analizar los aspectos concernientes al desarrollo del programa de orden y limpieza.

Formación y Entrenamiento

Es importante para obtener buenos resultados en la identificación y solución de problemas, capacitar y brindar herramientas al Equipo Líder de Orden y Limpieza, jefes y trabajadores, en el desarrollo de la metodología del programa. El grupo de seguridad y salud en el trabajo HSEQ, capacita al equipo líder en la metodología 5'S. Esta capacitación tiene que ser liderada por personal idóneo y conocedor de la metodología 5S.

Herramientas de Comunicación

Identifique los mecanismos para la publicación o comunicación de los resultados obtenidos durante el diagnóstico situacional y avances de la implementación del programa de Orden y Limpieza, como pancartas, carteles, correos electrónicos, intranet, etc.

Intervención en Área Piloto

Para dar inicio a la intervención en el área piloto, se definen los principales problemas del área, luego implementar las soluciones por parte del Equipo Líder de Orden y Limpieza junto con los jefes. Esto se desarrollará a través de los siguientes pasos:

- Implementar el programa 5'S, con el personal del área seleccionado.

- Verificar y evaluar la comprensión de la metodología por parte del personal del área.
- Establecer un responsable para cada una de las acciones que se requieren para mejorar las condiciones.

- Definir el plan de acción identificando los problemas y las soluciones.
- Evaluación del plan de acción revisando los resultados obtenidos en el *formato lista*.
- Establecer un responsable para cada una de las acciones que se requieren para mejorar las condiciones.

- Definir el plan de acción identificando los problemas y las soluciones.
- Evaluación del plan de acción revisando los resultados

Informe de Resultados y Comunicación

Aplicar el proceso de intervención en el área: se deberá realizar nuevamente una inspección con el fin de identificar el estado actual una vez aplicada la metodología de orden y limpieza.

Es importante tener en cuenta que este proceso se deberá realizar al menos una vez cada dos meses. Inspecciones adicionales son deseables, más no obligatorias.

- Realizar registro de estado de avance y acciones realizadas.
- Elaborar informe y comunicación de resultados del área.
- Recopilar acciones aprendidas que puedan servir a otras áreas.
- Elaboración de estándares o procedimientos que permitan mantener el programa.

Con el fin de mantener activo el programa y garantizar un mejoramiento continuo, se recomienda hacer visitas al área intervenida para revisar informalmente el avance del programa y socializar las observaciones con el equipo líder.

Selección de la Nueva Área a Intervenir

Alcanzados los objetivos y metas planteados en el área intervenida, se deberá empezar a repetir el ciclo desde el paso de elección del área e ir replicando la metodología hasta lograr una cobertura total de la sede de acuerdo con el alcance del programa.

Mantenimiento y Seguimiento

El grupo de HSEQ, realizará continuo seguimiento a las áreas intervenidas hasta establecer el hábito y la cultura, la divulgación es un proceso clave para valorar el trabajo realizado, en este paso deberá tener en cuenta:

- Ser persistente en el seguimiento y exigencia en el cumplimiento de las actividades.
- Pregunte y registre de forma periódica por los resultados.
- Con el apoyo de Directivos, promueva la autogestión y el autoaprendizaje del personal de la empresa.
- Realice reconocimientos cuando se han logrado avances positivos.

Norma de Puesto de Trabajo Limpio

Todas las áreas de la empresa deben quedar en perfecto orden y limpieza al finalizar la jornada diaria. Cada área debe quedar:

- Todos los materiales tienen que quedar guardados en los sitios asignados.
- Todas las herramientas de trabajo e insumos de oficina tienen que quedar guardadas en los sitios asignados.
- Todas las mesas o escritorios deben quedar totalmente limpias.

Inversión para la implementación de la propuesta

Tabla 28.

Inversión para propuesta de 5s.

Ítem	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Papelería	Global	12	\$ 25.000	\$ 300.000
Señalización preventiva e informativa	Und	30	\$ 35.000	\$1.050.000
Demarcación de área: Cinta de peligro	Rollo	1	\$ 30.000	\$ 2.000.000
Implementos de aseo	Global	1	\$ 200.000	\$ 200.000
	Total			\$ 3.550.000

4.1.7 Propuesta para el establecimiento de un plan de capacitación y entrenamiento para el personal operativo de la planta

Objetivo General: Establecer los lineamientos y las actividades para la inducción, capacitación y entrenamiento del personal que están involucrado en la ingeniería, producción, operatividad y comercialización del Nitrato de Calcio.

Objetivos específicos:

- Aplicar de manera organizada y sistémica conocimientos y habilidades específicas relativas al trabajo.
- Proporcionar orientación e información relativa a los objetivos de la Empresa, su organización, funcionamiento, normas y políticas.
- Proveer conocimientos y desarrollar habilidades que cubran la totalidad de requerimientos de las funciones asignadas.
- Actualizar y ampliar los conocimientos requeridos en áreas especializadas de actividad.

- Contribuir a elevar y mantener un buen nivel de eficiencia individual y rendimiento colectivo.
- Apoyar la continuidad y desarrollo institucional

4.1.7.1 Descripción de la propuesta: Esta propuesta está plasmada mediante un procedimiento de inducción, capacitación y entrenamiento (ver Apéndice H) el cual ha sido formulado para proporcionar a las personas responsables de la planta de Nitrato de calcio como una herramienta que les permita preparar al personal para la ejecución eficiente de sus responsabilidades que asumen en sus puestos y brindar oportunidades de desarrollo personal en los cargos actuales y para otros puestos para los que el trabajador puede ser considerado, teniendo en cuenta los cargos que influyen en la planta se elabora una matriz de capacitación y entrenamiento donde se puede observar que le aplica a cada una de las personas involucradas en la planta ver Apéndice I. Todo esto en aporte a la productividad de la planta y mejorar los tiempos establecidos en cada una de sus labores.

Dado a lo anterior, el procedimiento contiene las siguientes actividades:

- a. Inducción y re inducción
- b. Identificación de capacitación y entrenamiento
- c. Programación
- d. Divulgación
- e. Registro
- f. Evaluación

4.1.7.2 Inversión para la implementación de la propuesta: La inversión requerida para la propuesta es el siguiente:

Tabla 29.

Inversión para propuesta de plan de capacitación y entrenamiento

Ítem	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Inducción	Global	4	\$ 50.000=	\$ 200.000=
Capacitación	Global	30	\$ 100.000=	\$ 3.000.000=
Entrenamiento	Global	12	\$ 200.000	\$ 2.400.000=
	Total			\$ 5.600.000=

4.1.8 Propuesta para el establecimiento de un programa de sensibilización y motivación para promover el autocuidado y el uso adecuado de los elementos de protección personal

Objetivo General:

Establecer los requisitos mínimos para la selección, suministro, inspección, reposición e inspección final que los trabajadores, contratistas y visitantes deben cumplir en el uso de Elementos de Protección Personal

Objetivos específicos:

- Asegurar la adaptación individual al uso de EPP e Inspección de los mismos en condiciones y uso adecuado.
- Controlar mediante las fichas técnicas que los EPP sean fabricados de acuerdo a regulaciones o normas nacionales o internacionales.
- Obtener asesoría documentada para una adecuada selección, uso, mantenimiento y disposición final de elementos de protección personal.
- Aumentar el autocuidado como regla fundamental de seguridad industrial.

Descripción de la propuesta

La propuesta se encuentra documentada mediante el programa de autocuidado y uso adecuado de EPP'. Ver Apéndice J. Las actividades a realizar son:

Selección: En cada área de trabajo de Fertilizantes Colombianos. y en cada contrato que ésta suscriba se debe establecer y homologar formalmente el tipo, la clase y demás características de los EPP's requeridos para los trabajadores, según la actividad que desempeñen y de acuerdo con lo establecido a las actividades a desarrollar y riesgos que este expuesto.

Registro y Entrega: Una vez identificadas las necesidades en cada área y para garantizar que todos los trabajadores cuenten con los EPP requeridos y apropiados para la labor, los jefes inmediatos de los trabajadores deben hacer su requisición oportuna, de acuerdo con las cantidades para la entrega a sus trabajadores, bien sea como suministro (entrega por primera vez) y/o como reposición (cambio por inservible).

Frecuencia de Entrega: Los criterios sugeridos para la frecuencia de entrega son tiempos establecidos de acuerdo a la modalidad de contratación, _trabajadores directos y para los trabajadores contratistas.

Uso y Entrenamiento en el Uso: Para que la protección personal ofrecida por el diseño del EPP sea efectiva en su uso, se requiere que previamente el trabajador conozca, se familiarice y aplique los fundamentos sobre: protección ofrecida, limitaciones, funcionamiento, ajuste, uso, manejo, limpieza, mantenimiento, almacenamiento, criterios para dar de baja, disposición final y demás aspectos relevantes de los EPP que se le entregue, información que se le debe ofrecer.

Inspección: Los EPP deben ser revisados por sus usuarios, antes, durante y después de su utilización, para verificar que cumplan con las condiciones mínimas que garanticen la protección ofrecida por su diseño.

Mantenimiento: Para que los EPP de uso individual o personal se mantengan en perfecto estado, sus usuarios deben seguir las indicaciones dadas por los fabricantes, de manera que se conserve la vida útil de los mismos.

Almacenamiento: En cada área de trabajo se debe asignar lugares exclusivos y apropiados para el óptimo almacenamiento de los diferentes EPP, protegidos contra el polvo, la lluvia, la contaminación y demás condiciones adversas, asegurando los requisitos dados por el fabricante para su preservación.

Disposición Final: Si se cuenta con mecanismos de logística inversa, los EPP inservibles deben ser devueltos a los proveedores respectivos o, si no se tiene dicho esquema, se debe dar una disposición final de acuerdo con las indicaciones dadas por los fabricantes, teniendo en cuenta además que por sus características y/o contaminantes incorporados durante su uso y manejo, podrían requerir ser dispuestos como residuos peligrosos y deben ser gestionados como tal.

Inversión para la implementación de la propuesta

Tabla 30.

Inversión propuesta del programa de sensibilización y autocuidado

Ítem	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Epps (Camisa, overol, gafas, casco, protección auditiva, calzado)	• Dotación Global	16	\$ 500.000	\$ 8.000.000
Nota: El personal que aplica para la planta : Ingeniero de planta, Operador, auxiliar de operador y visitante				
Total				\$ 8.000.000

4.1.9 Propuesta para el establecimiento de un plan de incentivos para cumplimiento de metas de producción, cumplimiento de normas de seguridad e iniciativas de mejora continua para la planta.

Objetivo General:

Implementar un Plan de incentivos, a fin de generar y promover en los trabajadores comportamientos seguros, donde se motive a los trabajadores a crear, elaborar y participar en actividades de HSEQ, calidad y medio ambiente, y donde se puedan lograr un grado óptimo de eficacia y cumplimiento y desarrollar hábitos seguros de trabajo, protección del individuo, minimizar el impacto negativo a los equipos, herramientas y el medio ambiente, y mejorar continuamente en los procesos.

Objetivos específicos:

- Reforzar la motivación a los funcionarios para obtener resultados satisfactorios en beneficio de la empresa Fertilizantes Colombianos S. sus trabajadores y el ambiente.
- Crear una participación activa en la cultura de identificar, evaluar y controlar factores de riesgos inherentes a las actividades normales de trabajo y temas de seguridad y salud en el trabajo, calidad y medio ambiente.
- Generar un ambiente de trabajo seguro que permita una buena interrelación entre los diferentes Funcionarios.
- Promover a través del incentivo, la práctica continua de los mejores comportamientos individuales y grupales de las personas que laboran en las diferentes áreas hasta llegar a ser ejemplo para los nuevos trabajadores teniendo como meta el cumplimiento de las políticas establecidas.

4.1.9.1 Descripción de la propuesta: Esta propuesta consiste en es crear un sistema de recompensas equitativas para la organización y los trabajadores, basada en actividades ejecutadas en el área de seguridad y salud en el trabajo, calidad y medio ambiente que promueven el éxito de la imagen de la empresa y conducta de los trabajadores.

Este plan de incentivos está documentado ver Apéndice K, en cual se puede evidenciar todos los requisitos a cumplir y los premios a obtener, y fue desarrollado de forma que se pueda involucrar todos los niveles operativos y administrativos de la empresa FERTICOL S.A.

4.1.9.2 Inversión para la implementación de la propuesta

Tabla 31.

Inversión propuesta de plan de incentivos para cumplimiento de metas

Ítem	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Papelería	Global	12	\$ 25.000=	\$ 300.000=
Bono 6- 5	Global	20	\$ 60.000=	\$ 1.200.000=
Bono 4-3	Global	20	\$ 140.000	\$ 2.800.000=
Bono 2 – 1	Global	20	\$ 250.000	\$ 5.000.000=
Bono Elite	Global	4	\$ 700.000	\$ 2.800.000=
Bono Gold	Viaje	2	\$ 1. 200.000	\$2.400.000=
Total				\$ 14.500.000=

4.1.10 Propuesta para la implementación de un procedimiento de selección y evaluación de proveedores

Objetivo General:

Asegurar la compra de materiales, equipos y componentes que soporten la correcta ejecución de los contratos y los procesos administrativos buscando productos de excelente calidad con el

propósito de garantizar el beneficio económico de la empresa y la sostenibilidad de la organización, asegurando la correcta entrega de las compras al usuario final y establecer la metodología para la evaluación y re-evaluación de desempeño de los proveedores

Objetivos específicos:

- Diseñar una guía que permita establecer una metodología de evaluación mediante criterios establecidos de la evaluación sistemática de proveedores de servicios internos de Fertilizantes Colombianos S.A.
- Evaluar por medio de indicadores estratégicos los criterios establecidos para los proveedores de bienes y servicios.
- Implementar mejoras al de contratación al momento de seleccionar proveedores de servicios internos y externos
- Establecer modelos de negociación con proveedores de bienes y servicios.

Descripción de la propuesta

La propuesta de un procedimiento que establezca las condiciones de una adquisición de bienes y servicio surge por la necesidad de mantener la calidad de materia prima para la planta de Nitrato de Calcio, lo que se busca es estandarizar que cada vez que inicie un proyecto, se inicie programación de producción o se requiera un bien o un servicio para la planta se deben programar las necesidades de adquisición previa al arranque, teniendo como base las listas de equipos, materias primas, insumos definidos en los términos de referencia y especificaciones de la solicitud, finalmente, gestionar la adquisición según las actividades definidas en el procedimiento ver Apéndice L y seguir con las actividades establecidas en la guía de evaluación y reevaluación de proveedores según el Apéndice M que aplica para todos los proveedores que afectan la calidad del servicio prestado por la planta de Nitrato de Calcio.

Inversión para la implementación de la propuesta

Tabla 32.

Inversión propuesta de programa de evaluación de proveedores

Ítem	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Papelería	Mes	12	\$ 25.000=	\$ 300.000=
Servicio de Internet	Mes	12	\$ 60.000	\$720.000=
Servicio de mensajería	Mes	12	\$ 200.000=	\$ 2.400.000=
Total				\$ 3.420.000=

Nota: Para esta propuesta se realiza la siguiente descripción de inversión, asumiendo que se le asignen las funciones y recursos a la planta, ya que para implementar esta propuesta lo que se requiere hace parte de los gastos de funcionamiento de la compañía.

5. Análisis Costo-Beneficio de la propuesta de mejoramiento del proceso de producción en la planta de Nitrato de Calcio

5.1 Costos de inversión total

Tabla 33.

Costo de inversión total Estrategia de mejoramiento

Mejora	Descripción	Precio
Optimización del proceso productivo de la planta de Nitrato de Calcio		
Adquisición de un (1)Transportador de Tornillo espiral inclinado flexible	Material: Acero inoxidable Características: Resistente al calor	\$15.000.000

Mejora	Descripción	Precio
Adquisición de un (1)Electrodo digital pH/Temp	EDGE, cuerpo de vidrio	\$2.000.000
Implantación de un sistema de control de variables del proceso productivo	Construcción de un cuarto de control, que permita desarrollar los distintos procesos en los equipos designados en esta sección con un sistema de control de nivel mínimo y máximo, presión, temperatura y un control de manipulación de las bombas centrifugas	\$80.000.000
Construcción de un Dique para el Tk-101 de Ácido Nítrico y equipos para sistema de control	El dique es para evitar derrames o que se extienda el Ácido Nítrico hacia otras áreas y tener la oportunidad de recuperarlo, los tanques de almacenamiento deben estar limitados por diques de contención por seguridad	\$20.000.000
Diseño del procedimiento para aseguramiento del control de calidad de la materia prima (Carbonato de Calcio y Ácido Nítrico), control del proceso de mezcla y producto terminado		
Diseño del procedimiento de control de calidad	Formulación del procedimiento de control de calidad	\$300.000
Actualización del manual de operaciones de la planta de Nitrato de Calcio		
Actualización del manual de operaciones	Ajuste del manual de operaciones	\$500.000
Plan para el mantenimiento preventivo y correctivo de las herramientas, equipos y maquinaria en la planta de Nitrato de Calcio		
Diseño del plan de mantenimiento	Formulación del plan de mantenimiento	\$ 500.000
REDISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA DE NITRATO DE CALCIO		
Redistribución de la planta	Nueva distribución de la planta de Nitrato de Calcio	\$200.000.000
PROGRAMA 5S's		
PROGRAMA 5S's	Implementación del programa 5S's	\$3.550.000
PROGRAMA DE SENSIBILIZACIÓN Y MOTIVACIÓN PARA PROMOVER EL AUTOCUIDADO Y EL USO ADECUADO DE EPP'S		

Mejora	Descripción	Precio
Sensibilización y motivación	Implementación del programa	\$8.000.000
PLAN DE INCENTIVOS		
Incentivos de cumplimiento	Implementación plan de incentivos	\$14.500.000
PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN DE PROVEEDORES		
Selección de proveedores	Implementación de procedimiento	\$3.420.000
	Total	\$ 397.770.000

5.1.1 Costos de Operación

- **Costo de mano de obra.** Para la ejecución de la Estrategia se necesita, personal con experiencia en obras civiles para la construcción del dique de contención del tanque de almacenamiento y en instalaciones de equipos y sistemas de control. Los costos de mano de obra se calculan con base al salario mínimo mensual legal vigente en el año 2017. Dentro de los costos pagados a cada trabajador se incluyen prestaciones sociales, descanso remunerado y aportes sociales.

Tabla 34.

Salario mínimo legal vigente

Salario mensual básico	
Salario mínimo mensual legal vigente (básico)	\$ 654.577
Auxilio de transporte	\$ 83.140
Salario mensual (básico)	\$ 737.717

Nota: MINISTERIO DE TRABAJO. [Consultado el 20 de junio de 2015] Disponible en: <<http://www.mintrabajo.gov.co/>>.

Tabla 35.

Prestaciones y Vacaciones.

Prestaciones Sociales	Valor
Prima de servicios	\$ 59,86
Cesantías	\$ 59,86
Intereses de cesantías	\$ 7,18
Total prestaciones	\$ 126,91
Descanso remunerado	Valor
Vacaciones	\$ 26,85

Nota: MINISTERIO DE TRABAJO. [Consultado el 20 de junio de 2015] Disponible en: <<http://www.mintrabajo.gov.co/>>.

Tabla 36.

Aportes sociales.

Aportes sociales		
Aportes sociales	Porcentaje (%)	Valor
Salud	8.5%	\$ 54,77
Pensión	12%	\$ 77,32
Riesgos laborales	1%	\$ 15,70
Total aportes sociales		\$ 147,79

Nota: MINISTERIO DE TRABAJO. [Consultado el 20 de junio de 2015] Disponible en: <<http://www.mintrabajo.gov.co/>>.

Tabla 37.

Costo por empleado

Costo por empleado	
Salario mensual (básico)	\$ 644,35
Total prestaciones	\$ 126,91
Descanso remunerado	\$ 26,85
Total aportes sociales	\$ 147,79
Dotación	\$ 100,00
Costo por empleado	\$1'045,896

Nota: MINISTERIO DE TRABAJO. [Consultado el 20 de junio de 2015] Disponible en: <<http://www.mintrabajo.gov.co/>>.

El salario de un operador por mes: \$1'045,896.

- **Costos de materias primas.** En la estrategia se asigna la construcción de un dique de contención del tanque de almacenamiento de Ácido Nítrico, el material del dique será en concreto. Para un volumen de $17,94 \text{ m}^3$, se necesita la resistencia y tipo de concreto para grandes volúmenes.

Tabla 38.

Resistencia de concretos/Proporción por metro cubico

Resistencia y Tipo de Concreto	Cantidad de cemento (bultos de 50 kg)	Cantidad de arena (botes de 19 L)	Cantidad de grava (bote de 19 L)	Cantidad de agua (botes de 19 L)
F ³⁰⁰ c300	8,5	27,3	33	10,5

Nota: Teoría por metro cubico (Grandes Volúmenes). Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/93960430/54531211-Proporcion-de-Concreto-Por-Metro-Cubico-1#scribd>.

Tabla 39.

Costos de materia prima.

Material	Cantidad	Valor unitario	Valor Total
Cantidad de cemento (bultos de 50 kg)	8,5	\$ 29.000	\$ 246.000
Cantidad de arena (botes de 19 lts)	27,3	\$ 3.800	\$ 103.740
Cantidad de grava (bote de 19 lts)	33	\$ 3.500	\$ 115.500

El costo de la materia prima es \$465.240 por metro cubico, el volumen total que debe contener el dique es de $17,94 \text{ m}^3$, donde el área cuadrada del dique es $4,236 \text{ m}^2$, el ancho del dique será de 0,4 m, y con la altura de 1,5 m determinamos el volumen de dique construido, que equivale a $10,16 \text{ m}^3$.

$465.240 \text{ \$/m}^3 * 10,16 \text{ m}^3 = \$4.729.328,8$ Solo el costo de materia prima, considerando la maquinaria para levantar el dique de contención y la mano de obra (3 empleados con experiencia en obra civiles) se costea en $1.000.000\text{\$/m}^3$.

$$1.000.000\text{\$/m}^3 * 10,16 \text{ m}^3 = \$10.160.000$$

El costo total de la construcción del dique se estima en: $\$14.889.328,8$

Incluyendo el sistema de control y seguridad, el costo total asciende a 20.000.000 millones de pesos.

5.1.2 Beneficios

- Aumento del 38% de la producción de Nitrato de Calcio
- Mejoramiento en la seguridad y en el control de las materias primas en la producción de Nitrato de Calcio.

Cada tonelada de Nitrato de Calcio comercializada arroja una utilidad de 120.000. La alternativa de mejoramiento prevé alcanzar una producción de 18 TMD, es decir el 90% de la capacidad instalada.

El camión de transporte deberá recoger la producción de Nitrato de Calcio a diario.

5.1.3 Relación de tiempo Beneficio-Costo. Para la relación de tiempo Beneficio-Costo, uno de los factores importante es el aumento anual de los costos por el mantenimiento preventivo de los equipos que se instalen y el mantenimiento a la estructura. Otro factor es la consideración de alternativa de solución asumiendo cambios en el diseño, es decir que todo el producto que sale del reactor se almacena para su posterior comercialización.

Los beneficios se calcularon, estimando que la implementación del mejoramiento productivo permita alcanzar una producción promedio diaria de 18 TNM de Ácido Nítrico durante 350 días al año.

Los costos del primer año, equivalen a los recursos utilizados en la implementación de las mejoras propuestas en este proyecto y a partir del segundo, solo equivalen a los gastos por mantenimiento de equipos e instrumentos de medición.

Calculo beneficio año 1:

$18 \text{ TNM/día} \times 350 \text{ días/año} \times 120.000 \text{ pesos TNM} = \$756.000.000$

Calculo costo año 1:

Corresponde al Costo de inversión total Estrategia de mejoramiento. A partir del año 2, el valor corresponde al 10% de la inversión y en los años siguientes el mismo porcentaje más el IPC que para este caso se tomó el del año 2016.

Tabla 40.

Relación en tiempo Beneficio-Costo

Año	1	2	3	4	5	Total
Costo	\$ 397.770.000	\$ 39.777.000	\$ 42.064.178	\$ 44.482.868	\$ 47.040.633	\$ 571.134.678
Beneficio	\$ 756.000.000	\$ 799.470.000	\$ 845.439.525	\$ 894.052.298	\$ 945.460.305	\$4.240.422.127

El punto de equilibrio de la inversión se alcanzaría en el primer año, si la adquisición de la estrategia se hace efectiva y se mantienen las suposiciones mencionadas anteriormente en la descripción de la relación.

6. Socialización del plan de mejoramiento

De acuerdo con las propuestas diseñadas en el proyecto, se realizaron dos (2) jornadas de socialización con los funcionarios implicados en la productividad de la planta, dando a conocer la información de las propuestas de mejora con objetivos general, específicos y descripción de la misma.



Figura 26. Jornadas de socialización de propuestas de mejora



Figura 27. Recurso Humano de planta de Nitrato de Calcio

Propuesta de Optimización

Implementación para un proceso seguro	Construcción de un Dique para el tanque de ácido nítrico, con la capacidad adecuada según establecida por la normatividad para evitar derrames o que se extienda el ácido nítrico hacia otras áreas y tener la oportunidad de recuperarlo, los tanques de almacenamiento deben estar limitados por diques de contención por seguridad
Servicio de continuidad de la materia prima	Reemplazar el sistema Tolva-Banda Transportadora, por un transportador de tornillo sinfín para disminuir las pérdidas el cual consiste en un eje de acero, sobre el cual se desarrolla una espiral, que gira dentro de un canal y que el proceso de carga sea continuo.
Aumentar las cantidades de materias primas en la operación de producción	Balace de masa, que nos refiera la cantidad utilizada en el reactor. Manual de operaciones para maximizar la producción.
Prácticas efectivas de control y medición	Medición del pH agregándole al proceso en proporciones iguales, para luego por medio de un electrodo medir el grado de acidez del producto, que acondicione la mezcla del producto final en sus propiedades físico-químicas. El control del nivel máximo se hace mediante un sensor de nivel conectado en alguna forma, ya sea mecánica o electrónica con la operación de una válvula a la entrada del tanque.

PROPUESTAS ADICIONALES

Realizar una planeación para el mantenimiento preventivo y correctivo de las herramientas, equipos y maquinaria

Desarrollar un programa de sensibilización y motivación para promover el autocuidado y el uso adecuado de los elementos de protección personal

Actualización del manual de operación y mantenimiento de la planta de producción

Redistribución de equipos, maquinaria y estructura de la planta, alineadas con la metodología layout

Diseñar un plan de capacitación y entrenamiento para el personal operativo de la planta

Figura 28. Material utilizado en socialización de propuestas

En el Apéndice N se evidencia el material lúdico pedagógico utilizado en cada una de las socializaciones.

Adicionalmente, en el Apéndice Ñ se muestra el material del programa 5Ss socializado con los trabajadores.

5S

- Seiri: Clasificar o Seleccionar
- Seiton: Orden
- Seiso: Limpieza
- Seiketsu: Estandarización
- Shitsuke: Autodisciplina

Seiri: Clasificar o Seleccionar (Distinguir entre lo que es necesario y lo que no lo es)

Seiton: Orden (Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar).

Seiso: Limpieza (No limpiar más sino evitar que se ensucie).

Seiketsu: Estandarización (Todo siempre igual).

Shitsuke: Autodisciplina.

RESUMEN

S	O	L	E	S
SELECCIONAR	ORDENAR	LIMPIAR	ESTANDARIZAR	SOSTENER
Separa los materiales innecesarios y deséchalos	Define el lugar, posición y distribución	Deja impecable tu lugar de trabajo y verifica la operatividad de los equipos	Conserva impecable el lugar de trabajo e instalaciones de la empresa	Alcanza la capacidad autónoma de aplicar constantemente las técnicas.
Lo que rara vez se usa al almacén	Un lugar para cada cosa, cada cosa en su lugar		Mantén el estado obtenido	Respeta estándares y normas

Mejora

Figura 29. Material utilizado en socialización de programa 5S

7. Establecimiento e implementación de un sistema de indicadores de gestión

7.1 Propuesta para el diseño de un cuadro de indicadores de gestión para el proceso productivo en la planta de Nitrato de Calcio

Objetivo General

Diseñar un cuadro de indicadores de gestión que permitan medir, controlar y evaluar el desarrollo del proceso productivo en la planta de Nitrato de Calcio por parte la empresa FERTICOL S.A.

Objetivos Específicos

- Apoyar el proceso de toma de decisiones, basado en hechos medidos y cuantificados.
- Aumentar la efectividad del proceso productivo mediante altos niveles de eficiencia y eficacia.
- Generar una conciencia de mejoramiento basado en la autogestión y una retroalimentación periódica.

En la actualidad la empresa no cuenta con mediciones formales que indiquen el nivel de cumplimiento en las actividades llevadas a cabo para el desarrollo del proceso de producción en la planta de Nitrato de Calcio. Esto se debe principalmente a la ausencia de una cultura de mejora enfocada hacia el cumplimiento de objetivos con horizontes a mediano y largo plazo, preocupándose solo por las decisiones de tipo operativo que resuelven problemas que se presentan durante la operación.

En la tabla 40, se muestran los indicadores propuestos para el proceso productivo en la planta de Nitrato de Calcio.

Tabla 41.

Indicadores de gestión propuestos

Proceso/área	Indicador
Orden y aseo	Evolución de la implementación del programa 5S's
Carga de Carbonato de Calcio en el proceso productivo	Disminución en el desperdicio de Carbonato de Calcio
Optimización de la producción de Nitrato de Calcio	Aumento en la producción de Nitrato de Calcio
Distribución de la planta de Nitrato de Calcio	Mejora en la distancia recorrida en la planta
Desempeño Global	Costos de producción sobre ventas totales

En la tabla 41 se presenta la ficha técnica utilizada para el diseño de los indicadores de gestión establecidos para el proceso productivo en la planta de Nitrato de Calcio.

Tabla 42.

Ficha técnica de los indicadores

Indicadores de gestión		
Nombre del indicador		
Objetivo		
Estado	Umbral	Rango
Fórmula		
Unidad de medida	Periodicidad	Análisis y control
Fuente de Información		
Área de toma de datos	Responsable	toma de datos
Responsable		

A continuación se describen los indicadores propuestos para el proceso productivo en la planta de Nitrato de Calcio de la empresa FERTICOL S.A.

7.1.1 Indicadores Programa de Orden y Aseo

7.1.1.1 Evolución de la implementación del programa 5S's: Este indicador hace referencia a la evolución en el cumplimiento del programa 5S's por su implementación en la planta de Nitrato de Calcio.

La evolución de la implementación del programa 5S's se realiza por medio de la evaluación periódica al cumplimiento de los estándares establecidos en la metodología del programa en mención:

Tabla 43.

Ficha Técnica de Evolución de la implementación del programa 5S's

Indicadores de gestión						
Evolución de la implementación del programa 5S's						
Objetivo	Determinar las condiciones en la evolución de la implementación del programa 5S's en la planta de Nitrato de Calcio					
Estado	No aplica	Umbral	90%	Rango	Min 100%	80%/Max
Fórmula	(Porcentaje de implementación programa 5S's/Porcentaje máximo de implementación programa 5S's)*100					
Unidad de medida	de Porcentaje (%)	Periodicidad	bimensual	Análisis y control	Bimensual	
Fuente de Información	Sistema de información de la empresa					
Área de toma de datos	de Departamento de Producción		Responsable	de Ingeniero de la planta		
Responsable	Director departamento de Producción					

7.1.2 Indicador de Carga de Carbonato de Calcio en el Proceso Productivo

7.1.2.1 Disminución en el desperdicio de Carbonato de Calcio: Este indicador está enfocado en medir la eficiencia del sistema de cargue de Carbonato de Calcio en el Reactor a fin de lograr la mezcla requerida en el proceso productivo de la planta. De esta forma, la cantidad de Carbonato de Calcio almacenado en la tolva de carga y la cantidad de Carbonato de Calcio que ingresa al Reactor, determinará el porcentaje de disminución de desperdicio con relación al sistema que actualmente se tiene en la planta.

Tabla 44.

Ficha Técnica de Disminución en el desperdicio de Carbonato de Calcio

Indicadores de gestión					
Disminución en el desperdicio de Carbonato de Calcio					
Objetivo	Calcular la eficiencia del sistema de cargue de Carbonato de Calcio a fin de determinar la disminución en el desperdicio de material con relación al sistema que actualmente se tiene en la planta				
Estado	No aplica	Umbral	90%	Rango	Min 80%/Max 100%
Fórmula	$(\text{Cantidad de Carbonato de Calcio que es cargado en el reactor} / \text{Cantidad de Carbonato de Calcio transportado por el sistema de cargue}) * 100$				
Unidad de medida	de	Porcentaje (%)	Periodicidad	Semanal	Análisis y control Semanal
Fuente de Información	de Sistema de información de la empresa				
Área de toma de datos	Departamento de Producción	Responsible toma de datos	de Ingeniero de la planta		
Responsible	Director departamento de Producción				

7.1.3 Optimización De La Producción De Nitrato De Calcio

7.1.3.1 Aumento en la producción de Nitrato de Calcio: Este indicador está orientado a medir el aumento en la producción de Nitrato de Calcio considerando la implementación de las acciones de mejora en el proceso productivo.

Tabla 45.

Ficha Técnica de Aumento en la producción de Nitrato de Calcio

Indicadores de gestión						
Aumento en la producción de Nitrato de Calcio						
Objetivo	Calcular el aumento en la producción en la planta de Nitrato de Calcio por cochada de operación					
Estado	No aplica	Umbral	90%	Rango	Min 80%/Max 100%	
Fórmula	$\frac{\text{Cantidad de Nitrato de Calcio producido por turno de 8 horas}}{\text{Cantidad máxima límite de Nitrato de Calcio a producir por turno de 8 horas}}$					
Unidad de medida	de Porcentaje (%)	Periodicidad	Semanal	Análisis control	y	Semanal
Fuente de Información	Sistema de información de la empresa					
Área de toma de datos	de Departamento de Producción		Responsable toma de datos	Ingeniero de la planta		
Responsable	Director Departamento de Producción					

7.1.4 Distribución de la planta de nitrato de calcio

7.1.4.1 Mejora en la distancia recorrida en la planta. Este indicador permite realizar la medición del porcentaje de mejora en la distancia recorrida durante el proceso productivo en la planta de Nitrato de Calcio considerando la redistribución propuesta.

Tabla 46.

Ficha Técnica de Mejora en la distancia recorrida en la planta

Indicadores de gestión logística						
Mejora en la distancia recorrida en la planta						
Objetivo	Calcular la distancia recorrida durante el desarrollo del proceso productivo en la planta de Nitrato de Calcio					
Estado	No aplica	Umbral	90%	Rango	Min	80%/Max 100%
Fórmula	(Distancia (m) ideal a recorrer en la planta durante el proceso productivo/Distancia (m) recorrida en la planta durante el proceso productivo) *100					
Unidad de medida	de Porcentaje (%)	Periodicidad	Semanal	Análisis control	y	Semanal
Fuente de Información	de Sistema de información de la empresa					
Área de toma de datos	Departamento de Producción		Responsable toma de datos	Ingeniero de la planta		
Responsable	Director departamento de Producción					

7.1.5 Desempeño global

7.1.5.1 Costos Logísticos Sobre ventas: Este indicador permite conocer la incidencia de los costos de la producción en la planta de Nitrato de Calcio, así mismo, facilita la toma de acciones con el ánimo de controlar y establecer medidas que contribuyan a la disminución de estos costos a fin de aumentar el margen de utilidad de la empresa.

Tabla 47.

Ficha Técnica de Costos Logísticos Sobre Ventas

Indicadores de gestión logística						
Costos logísticos sobre ventas						
Objetivo	Calcular la rentabilidad de la empresa a través de las ventas realizadas y los gastos de producción de Nitrato de Calcio implicados					
Estado	No aplica	Umbral	15%	Rango	Min 30%	0%/Max
Fórmula	$(\text{Total costos logísticos} / \text{Total ventas de la empresa}) * 100$					
Unidad de medida	de	Porcentaje (%)	Periodicidad	Mensual	Análisis y control	Mensual
Fuente de Información	de Sistema de información de la empresa					
Área de toma de datos	Departamento de Producción	de	Responsable toma de datos	de	Ingeniero de planta/Director Departamento de Producción	de la
Responsable	Gerente/ Junta Directiva					

El Apéndice O, presenta el documento realizado para la empresa, en el cual se encuentran cada uno de los indicadores con su descripción y su respectiva ficha técnica.

Para el caso del programa de orden y aseo, se presenta la evolución de la implementación del programa en la planta de Nitrato de Calcio, durante el periodo comprendido entre los meses de Enero a Mayo de 2017. De igual forma, se evidencia los resultados del mejoramiento de la productividad basado en la capacidad instalada en la planta de Nitrato de Calcio alcanzados durante el desarrollo de dos (2) pilotos de producción con cambios operacionales.

7.2 Evaluación de indicadores de gestión a programas implementados

El impacto de las mejoras implementadas durante el desarrollo del proyecto fue determinado por medio del cálculo de indicadores que permitieron a la empresa FERTICOL S.A., evidenciar el comportamiento de forma cuantitativa y gráfica. A continuación se observa el desempeño antes y después de la implementación en el programa 5S's y la optimización del proceso de producción en la planta de Nitrato de Calcio.

7.2.1 Programa 5S's. Producto de la implementación del programa 5S's en la planta de Nitrato de Calcio, se pudo evidenciar mediante un seguimiento con frecuencia bimensual, un aumento moderado en el porcentaje de mejora en el cumplimiento de dicho programa en la planta.

A continuación, se muestra en tablas, los resultados y porcentajes del seguimiento, luego del programa de implementación en el periodo comprendido entre el mes de Diciembre y Mayo de 2017.

Tabla 48.

Seguimiento a la implementación del programa 5S's. Diagnóstico Inicial

Área de trabajo	Seiri (Clasificación)	Seiton (Orden)	Seiso (Limpieza)	Seiketsu (Estandarizar)	Shitsuke (Disciplina)
Cargue materia prima	62,86%	54,29%	51,43%	48,57%	48,57%
Reacción mezcla	57,14%	51,43%	62,86%	34,29%	42,86%
Filtrado	54,29%	51,43%	54,29%	42,86%	45,71%
Enfriamiento	51,43%	57,14%	54,29%	48,57%	42,86%
Decantación	68,57%	62,86%	57,14%	40,00%	42,86%
Llenado de tanque de Almacenamiento	68,57%	62,86%	57,14%	42,86%	45,71%
Promedio	60,48%	56,67%	56,19%	42,86%	44,76%

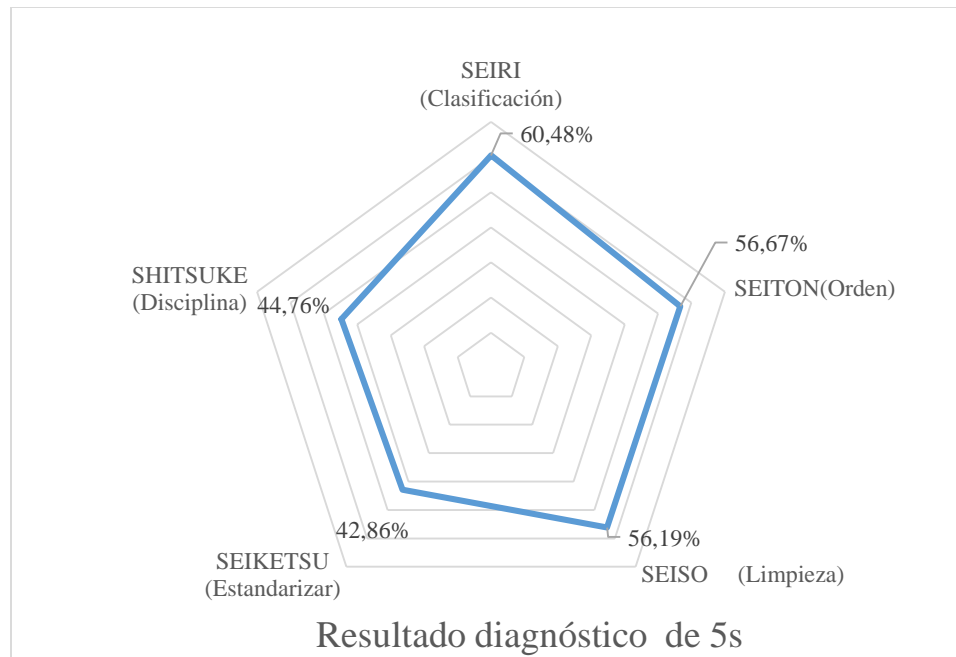


Figura 30. Resultado del seguimiento a la implementación del programa 5S's. Diagnóstico Inicial

Tabla 49.

Seguimiento a la implementación del programa 5S's. Primera medición bimestral

Área de trabajo	Seiri (Clasificación)	Seiton (Orden)	Seiso (Limpieza)	Seiketsu (Estandarizar)	Shitsuke (Disciplina)
Cargue materia prima	63,98%	55,24%	52,60%	49,50%	48,67%
Reacción mezcla	58,70%	53,00%	63,68%	43,60%	46,76%
Filtrado	59,20%	52,50%	55,68%	46,70%	45,80%
Enfriamiento	55,70%	58,60%	58,87%	50,65%	43,60%
Decantación	62,50%	62,98%	58,98%	48,60%	46,63%
Llenado de tanque de Almacenamiento	68,50%	62,98%	58,76%	43,70%	45,70%
Promedio	61,43%	57,55%	58,10%	47,13%	46,19%
% De mejora	0,95%	0,88%	1,90%	4,27%	1,43%

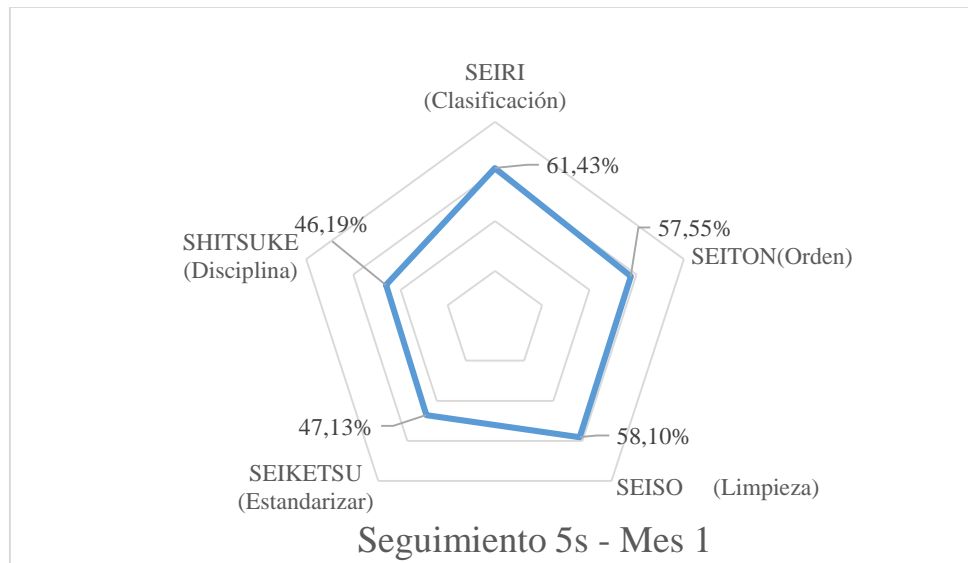


Figura 31. Resultados seguimiento a la implementación del programa 5S's. Primera medición bimestral

Tabla 50.

Implementación de programa 5S de la primera medición bimestral

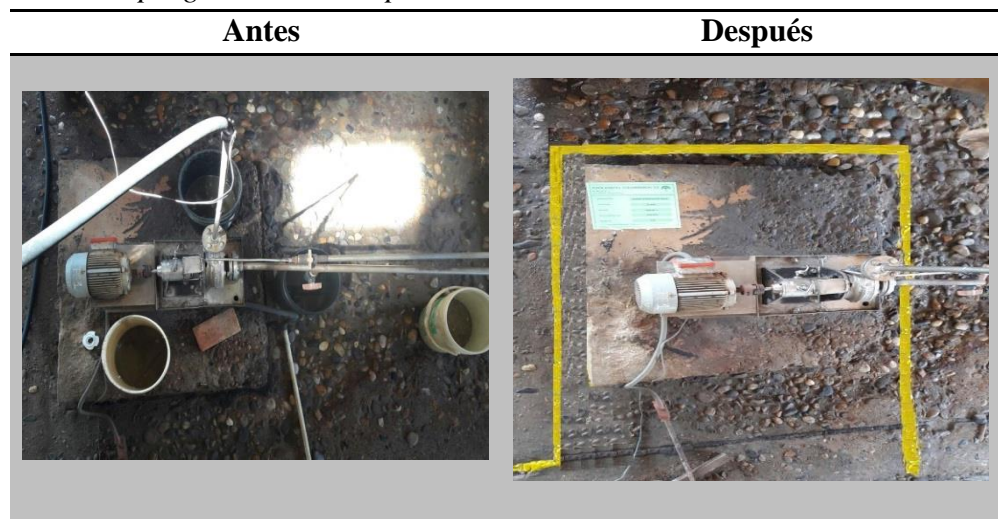




Tabla 51.

Seguimiento a la implementación del programa 5S's. Segunda medición bimestral

Área de trabajo	Seiri (Clasificación)	Seiton (Orden)	Seiso (Limpieza)	Seiketsu (Estandarizar)	Shitsuke (Disciplina)
Cargue materia prima	65,98%	55,89%	53,70%	51,50%	49,67%
Reacción mezcla	59,70%	53,95%	63,98%	48,60%	48,76%
Filtrado	59,90%	52,78%	57,89%	48,70%	47,80%
Enfriamiento	56,70%	59,90%	59,03%	53,65%	45,60%
Decantación	62,50%	63,01%	59,12%	51,60%	47,63%
Llenado de tanque de Almacenamiento	68,91%	63,04%	60,25%	48,70%	46,70%
Promedio	62,28%	58,10%	59,00%	50,46%	47,69%
% De mejora	0,85%	0,54%	0,90%	3,33%	1,50%

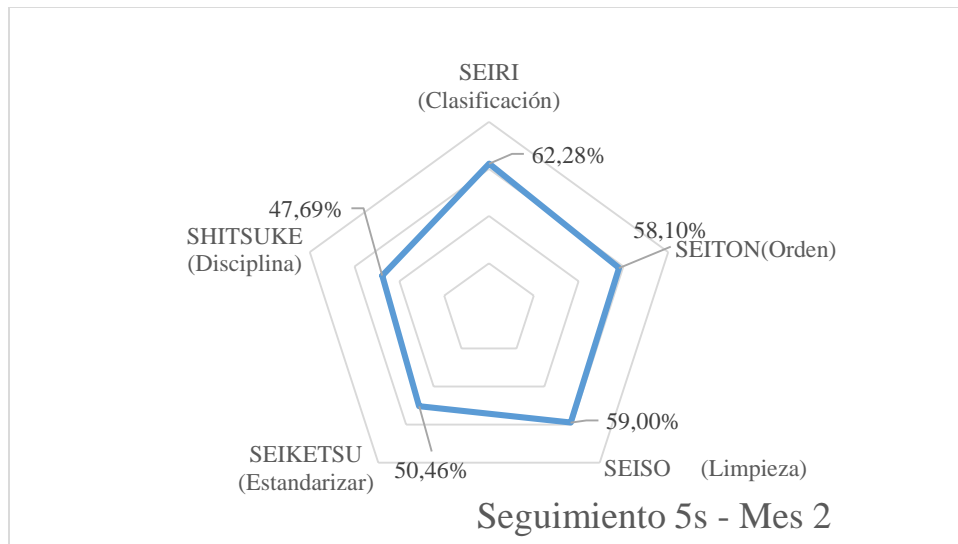


Figura 32. Resultados seguimiento a la implementación del programa 5S´s. Segunda medición bimestral



Figura 33. Implementación de programa 5S en segunda medición bimestral



Figura 34. Implementación de programa 5S en área de materia prima

Tabla 52.

Seguimiento a la implementación del programa 5S's. Tercera medición bimestral

Área de trabajo	Seiri (Clasificación)	Seiton (Orden)	Seiso (Limpieza)	Seiketsu (Estandarizar)	Shitsuke (Disciplina)
Cargue materia prima	67,98%	56,89%	54,50%	52,50%	50,44%
Reacción mezcla	60,70%	54,59%	64,28%	53,60%	49,76%
Filtrado	60,90%	53,87%	58,45%	48,70%	48,34%
Enfriamiento	58,70%	60,12%	59,93%	54,02%	45,99%
Decantación	61,50%	63,89%	59,91%	52,50%	48,03%
Llenado de tanque de Almacenamiento	69,91%	63,95%	60,89%	49,60%	47,50%
Promedio	63,28%	58,89%	59,66%	51,82%	48,34%
% De mejora	1,00%	0,79%	0,67%	1,36%	0,65%

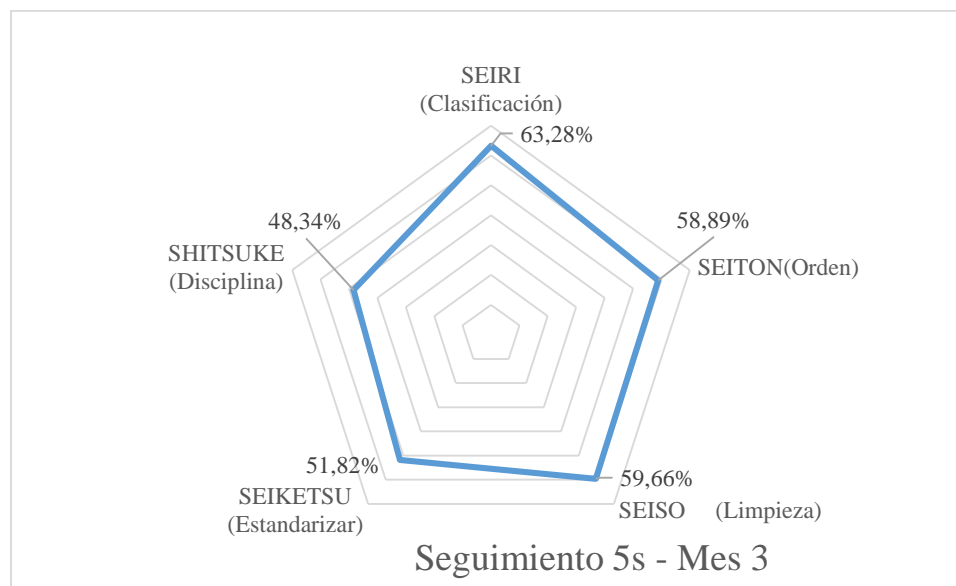


Figura 35. Resultados seguimiento a la implementación del programa 5S's. Tercera medición bimestral



Figura 36. Implementación del programa 5S's. Tercera medición bimestral



Figura 37. Implementación programa de 5s en área de reacción

Tabla 53.

Resultados consolidado implementación programa 5S's

Diagnostico/ Seguimiento	Seiri	Seiton	Seiso	Seiketsu	Shitsuke
Diagnostico	60,48%	56,67%	56,19%	42,86%	44,76%
Medición bimestral 1	61,43%	57,55%	58,10%	47,13%	46,19%
Medición bimestral 2	62,28%	58,10%	59,00%	50,46%	47,69%
Medición bimestral 3	63,28%	58,89%	59,66%	51,82%	48,34%

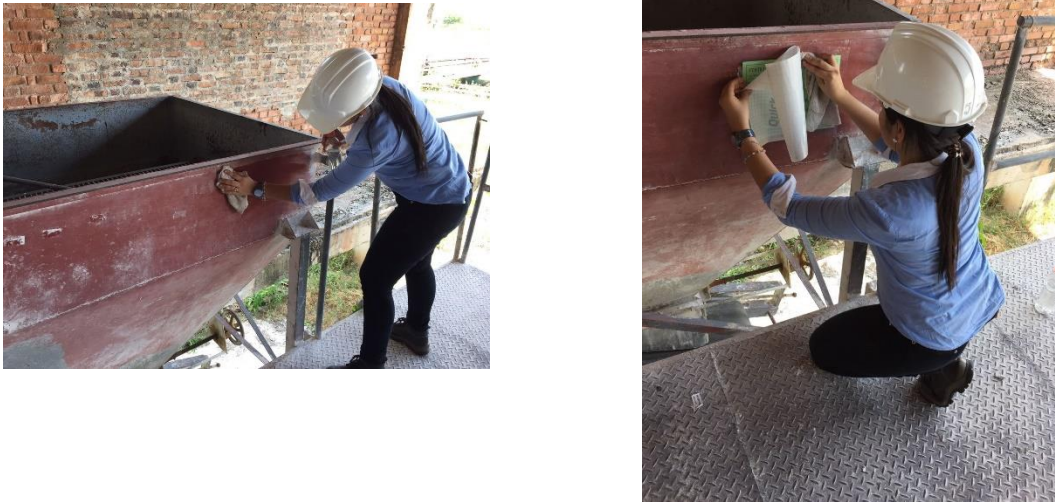


Figura 38. Implementación de programa 5S en el área de cargue de materia prima



Figura 39. Implementación de programa de 5S Señalización y demarcación.

7.2.2 Mejoramiento de la productividad basado en la capacidad instalada en la producción de Nitrato de Calcio. A partir de la propuesta de mejoramiento de la productividad basado en la capacidad instalada en la planta planteada a la empresa FERTICOL S.A., se lograron desarrollar

dos (2) pilotos de producción considerando solo cambios en los procedimientos operacionales, en especial, lo relacionado con la implementación de un lote de producción adicional durante un turno de 8 horas del operador de la planta.

A continuación, se muestra en tabla los resultados obtenidos producto de la implementación de dicha estrategia operacional, frente a las 11 TNM de Nitrato de Calcio producidos en promedio durante dos (2) lotes de producción en un turno de 8 horas.

Tabla 54.

Descripción resultados obtenidos en pilotos de producción de Nitrato de Calcio

Piloto de producción	Lotes de producción	Cantidad de nitrato de calcio producido (TNM)
1	3	15
2	3	15,5

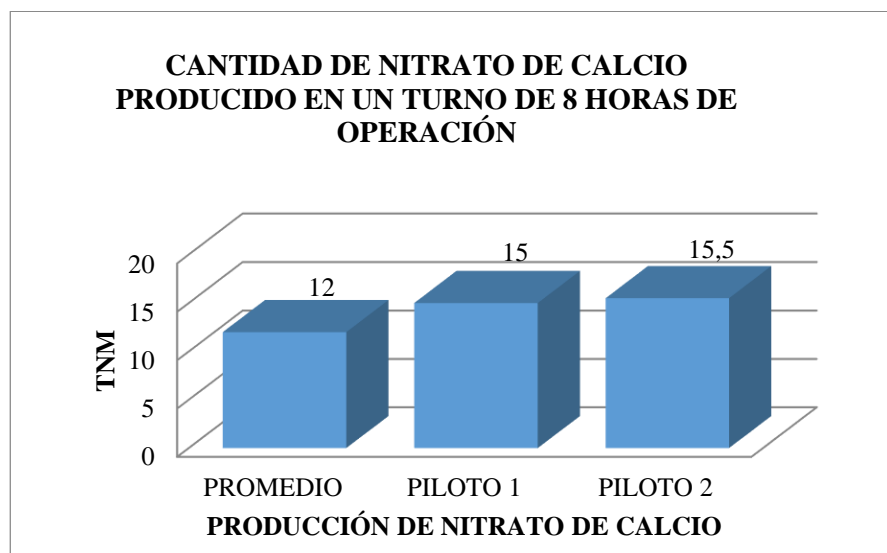


Figura 40. Comparación de la cantidad de Nitrato de Calcio producido con implementación de cambio operacional de un turno de 8 horas.

Aplicando la fórmula establecida en el indicador denominado Aumento en la producción de Nitrato de Calcio, La figura 40 permite evidenciar una producción de 15 TNM correspondiente a un aumento en la producción de Nitrato de Calcio del 20% en el piloto 1 y de 15,5 TNM correspondiente a un aumento del 22,58% en el piloto 2, con respecto a la producción promedio de 11 TNM alcanzada durante la operación normal de la planta en un turno de 8 horas.

8. Conclusiones

- El estudio de métodos y tiempos determinó que el despilfarro de tiempo identificado durante un lote de producción es de 5558,99 segundos, correspondiente al 39,49% del tiempo total requerido para la producción de un lote, lo cual incurre en despilfarros de tiempo que ascienden a \$1.042.536 por cada lote de producción.
- El ejercicio del estudio de tiempos, permitió identificar en la planta oportunidades de mejora frente a la ubicación de las estructuras (tanques y equipos), ya que el operador realiza recorridos repetidos o improductivos para ejecutar una misma operación, distancias considerables que impactan en el tiempo total de la operación.
- La distribución actual de la planta genera dificultades de movilidad, ya que existen equipos y accesorios mal ubicados dentro del área de producción que obstaculizan el recorrido habitual del operador.
- La ubicación inadecuada de estructuras y equipos, restringe la posibilidad de optimizar los tiempos empleados por cada elemento de la operación, disminuyendo las posibilidades de

optimizar tiempos empleados en el desarrollo de elementos propios y que han sido identificados como despilfarros.

- Las cifras de índices de utilización arrojadas por la planta de Nitrato de Calcio a través de los años ha venido decreciendo con un comportamiento preocupante. En la actualidad, el índice de utilización es de 56%.

- La implementación del programa de las 5S's permitió evidenciar una variación mensual con respecto al diagnóstico en 1,82% de la primera medición bimestral, 1,42% de la segunda medición bimestral y 0,89% de la tercera medición bimestral, respecto a su estado inicial, lo cual ayuda a mejorar el orden y limpieza dentro de las áreas de trabajo y mejorar la seguridad, contribuyendo a la identificación de riesgos por falta de señalización.

- Dentro de las propuestas para el mejoramiento del proceso productivo en la planta de Nitrato de Calcio, se resalta la propuesta de optimización del proceso productivo por medio de la automatización del proceso, la construcción de infraestructura de contención del tanque de Ácido Nítrico, la instalación de un transportador de Carbonato de Calcio mecánico y el cambio de procedimientos operacionales para aumentar de dos (2) a tres (3) los lotes de producción durante un turno de ocho (8) horas.

- La propuesta de redistribución de la planta, permitió identificar que la distancia total entre centroides en la distribución actual es de 58,71 metros y en la distribución propuesta es de 38,7 metros, lo cual implica que la distribución propuesta mejora este indicador en 34%.

- Con la nueva distribución es claro que al despejar el segundo nivel y el dejar libre la parte inferior izquierda de la planta se estaría utilizando un total de 383,48 metros cuadrados. Esto implica que la distribución propuesta mejora este indicador en 30,8%.

- El desarrollo de dos (2) pilotos con la implementación de un nuevo procedimiento operacional por el aumento de dos (2) a tres (3) lotes de producción, permitió evidenciar una producción de 15 TNM correspondiente a un aumento en la producción de Nitrato de Calcio del 20% en el piloto 1 y de 15,5 TNM correspondiente a un aumento del 22,58% en el piloto 2, con respecto a la producción promedio de 11 TNM alcanzada durante la operación normal de la planta en un turno de 8 horas.
- El análisis Costo-Beneficio estableció que el punto de equilibrio de la inversión para la implementación del mejoramiento en la planta se alcanzaría en el primer año. La inversión total requerida para el mejoramiento del proceso productivo propuesto en este proyecto asciende a \$ 397.770.000.

9. Recomendaciones

- Continuar con la implementación del programa 5S's a fin de aumentar gradualmente el porcentaje de cumplimiento y con esto mejorar los aspectos relacionados con el orden y limpieza, condiciones de seguridad de los trabajadores y mayor productividad.
- Seguir con el desarrollo programado de pilotos para aumento de producción por medio de la implementación del cambio de procedimiento operacional mediante el aumento de dos (2) a tres (3) lotes de producción por turno de 8 horas.
- Aplicar el plan de mantenimiento preventivo y correctivo para garantizar el funcionamiento correcto de equipos y de esta forma aumentar la eficiencia en el proceso productivo.

- Evaluar los indicadores de gestión de las propuestas implementadas en los periodos establecidos y analizar las causas y oportunidades de mejora para apoyar decisiones orientadas al fortalecimiento del proceso productivo en la planta.
- Desarrollar las capacitaciones previstas en el programa de autocuidado y uso de elementos de protección personal (EPP's) y el plan de incentivos, con el fin de motivar a los trabajadores en el cumplimiento del mejoramiento del proceso de producción en la planta.

Referencias Bibliográficas

Adam, E., & Eberet, R. (s.f.). Administración de la producción. 4 ed. Prentice Hall.

Angeles, C. (Diciembre de 2010). Gestión de procesos y productividad con tecnologías de la información. Obtenido de http://www.ongei.gob.pe/estudios/publica/estudios/t02_opt_negtic_dic2010.pdf

Arata, Andrew A. . (s.f.). Perspectivas del uso de plaguicidas: Historia, situación actual y necesidades futuras. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/eco/003106/03106-02.pdf>

Bautista Cala, S. M., & Manzano Hoyos, C. J. (2011). Mejoramiento del proceso productivo de la línea de muebles modulares de Maximuebles. . Buc. Bucaramanga: Trabajo de grado: Universidad Industrial de Santander. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (s.f.). Código Industrial Internacional Uniforme. Rev 4. A.C. Recuperado el 6 de Noviembre de 2016, de <http://www.icbf.gov.co/portal/page/portal/IntranetICBF/organigrama/SecretariaGeneral/Contratacion/Documentaci%C3%B3n/Instructivos/CIIU%20Rev%204%200%20AC%20ULTIMO%20VERSION%20Clasificaci%C3%B3n%20Industrial%20Internacional%20Uniforme%20de%20todas%20la>

Dirección de Ingeniería, Fertilizantes Colombianos S.A. (2007). Manual de Operación de Planta de Nitrato de Calcio, Noviembre.

E-ducativa. (s.f). El proceso productivo y sus elementos. Obtenido de http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1036/html/1_el_proceso_productivo_y_sus_elementos.html

Facultad de Arquitectura Universidad Nacional de Ingeniería Managua Nicaragua. (7 de Abril de 2010). Proceso de producción. Obtenido de <http://es.slideshare.net/ROMBICO/proceso-de-produccion>

Fertilizantes Colombianos S.A. (s.f.). Objetivos estratégicos. Obtenido de <http://www.ferticol.com/Paginas/ObjetivosEstrategicos.html>

Fertilizantes Colombianos S.A. (s.f.). Control Interno Disciplinario. Obtenido de <http://www.ferticol.com/Paginas/ControlInternoDisciplinario.html>

Fertilizantes Colombianos S.A. (s.f.). Historia. Obtenido de <http://www.ferticol.com/Paginas/Historia.htm>

Fertilizantes Colombianos S.A. (s.f.). Misión y Visión. Obtenido de <http://www.ferticol.com/Paginas/MisionVision.html>

Fertilizantes Colombianos S.A. (s.f.). Política Integral de la organización. Obtenido de <http://www.ferticol.com/Paginas/PoliticaIntegral.html>

Fertilizantes S.A. (s.f.). Principios éticos. Obtenido de http://www.ferticol.com/pdf/organigrama_ferticol.pdf

Finck, A. (1988). “Fertilizantes y Fertilización”, Primera Edición. Reverté.

Fundibeq. (s.f.). Diagrama de procesos. Obtenido de www.fundibeq.org/opencms/methodology/tools/diagrama_de_proceso.pdf

Gacharná Sánchez, V. P., & González Negrete, D. C. (2013). Propuesta de mejoramiento del sistema productivo en la empresa de confecciones Mercy empleando herramientas de lean manufacturing. Bogotá D. C.: Trabajo de grado: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería, Ingeniería Industrial.

ICONTEC. (s.f.). Indicadores de gestión. Obtenido de <http://www.pascualbravo.edu.co/pdf/calidad/indicadores.pdf>

Instituto Colombiano Agropecuario ICA. (v2016). Fertilizantes y bioinsumos agrícolas. Recuperado el 2 de Febrero de 2016, de <http://www.ica.gov.co/getdoc/a5c149c5-8ec8-4fed-9c22-62f31a68ae49/Fertilizantes-y-Bioin>

Jacobs, F. R., & B., C. R. (s.f.). Administración de operaciones Producción y cadena de suministros. 13 ed. Mcgraw-Hill.

Jara Verdugo, M. A. (Cuenca, Ecuador). Propuesta de estudio para mejorar de los procesos productivos de la sección metalmecánica, fábrica Induglob. . 2012: Tesis de grado: Universidad Politécnica Salesiana. Carrera de Ingeniería Industrial.

Kardauni 08. (s.f.). Tipos de diagramas de proceso. Obtenido de https://kardauni08.files.wordpress.com/2010/09/diagrama_de_flujo.pdf

Katz, M. (s.f.). Relatos sobre químicos, sus circunstancias y contextos. La química y sus contextos: el caso Fritz Haber. P. 78.75-92pp. Obtenido de <https://www.mrecic.gov.ar/userfiles/Quimica%20y%20Civilizaci%C3%B3n%20El%20caso%20Fritz%20Haber%20cap%209.pdf>

Kirk, R. (1998). “Enciclopedia de Tecnología Química”, Primera Edición, Tomo III. Hispanoamericana.

Levenspiel, O. (1987). “Ingeniería de las Reacciones Químicas”, Primera Edición. Reverté.

Ley 9. (24 de Enero de 1979). Por la cual se dictan Medidas Sanitarias. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1177>

Medina, J. A. (7 de Enero de 2008). La mezcla: ideas fundamentales. Obtenido de <https://www.hispasonic.com/tutoriales/mezcla-ideas-fundamentales/2419>

Portal Planeta Sedna. (s.f.). Inventos del siglo XX fertilizantes y agroquímicos. Obtenido de <http://www.portalplanetasedna.com.ar/inventos5.htm>

Sierra Ayala, J. C. (16 hora: 8:35am. de Marzo de 2016). Gerente General.

Tecnología e Informática Normal Superior del Quindío. (s.f.). Proceso productivo. Obtenido de <https://tecnologiassq.wordpress.com/procesos-productivos-2/>

Tecnología e Informática NSQ. (s.f.). Procesos productivos. Obtenido de <https://tecnologiassq.wordpress.com/procesos-productivos-2/>

Thomson, L., & Troeh, F. (1982). Los Suelos y su Fertilidad. Cuarta Edición. . Reverté.