



UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA DE COSTA RICA

INGENIERIA INDUSTRIAL

TRABAJO FINAL DE GRADUACION PARA OPTAR POR LA LICENCIATURA, EN INGENIERIA INDUSTRIAL

AUMENTO EN LA PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE HYDROX S EN INDUSTRIALES AUSTIN DE COSTA RICA PARA EL AÑO 2017.

**Sustentante:
Susan Aneth Méndez Cruz**

**Tutora:
Diana Francela Córdoba Pérez**

Setiembre, 2017

DECLARACIÓN JURADA

Yo Susan Aneth Méndez Cruz, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 604020329 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de licenciatura, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: AUMENTO EN LA PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE HYDROX S EN INDUSTRIALES AUSTIN DE COSTA RICA PARA EL AÑO 2017, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los veintiún días del mes de noviembre del año dos mil diecisiete

Susan Méndez C.

Susan Aneth Méndez Cruz
Cédula 604020329

CARTA DEL TUTOR

San José, 23 de septiembre de 2017

Señores Universidad Hispanoamericana
Carrera de Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

El estudiante **SUSAN ANETH MÉNDEZ CRUZ**, cédula de identidad número **6-0402-0329**, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **“AUMENTO EN LA PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE HYDROX S EN INDUSTRIALES AUSTIN DE COSTA RICA PARA EL AÑO 2017”**, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de **Licenciatura en Ingeniería Industrial**.

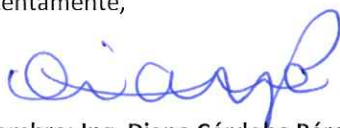
En mi calidad de tutora, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación, antecedentes, marco teórico, marco metodológico, análisis de datos, conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

	Criterio	Valor	Obtenido
a)	ORIGINALIDAD DEL TEMA	10%	10
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	20
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	28
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	20
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	20
	TOTAL	100%	98

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,



Nombre: Ing. Diana Córdoba Pérez, MSc. MEd.
Cédula identidad N° 1-1238-0122

CARTA DEL LECTOR

18 de noviembre del 2017

Universidad Hispanoamerica

Sede Heredia

Departamento de Registro

Estimados Señores;

He recibido el proyecto de la estudiante Susan Aneth Méndez Cruz, que presentó a la Universidad en su momento, con la finalidad de dar criterio como profesional como LECTOR. He procedido a realizar las revisiones respectivas del trabajo de investigación denominado "AUMENTO EN LA PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE HYDROX S EN INDUSTRIALES AUSTIN DE COSTA RICA PARA EL AÑO 2017" el cual la citada estudiante elaboró con el objetivo de obtener su grado Grado Académico de LICENCIATURA EN INGENIERIA INDUSTRIAL.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente, lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y el análisis de datos; la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre estos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atentamente,



Ing. Marco Cartín Gamboa

Cedula: 110610393

Universidad Hispanoamericana
Licenciatura en la Carrera de Ingeniería Industrial
Profesora tutora: Diana Francela Córdoba Pérez

Yo, Yindra Hernández Loría, cédula: 2 0543 0653 he revisado la tesis para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial, titulada: "Aumento en la producción del proceso de fabricación de Hidrox S en Industriales Autin de Costa Rica para el año 2017" de la sustentante Susan Aneth Méndez Cruz. Doy fe que he corregido ortografía, construcción de oraciones y párrafos, además de relación entre los mismos.



Licda. Yindra Hernández Loría
Cédula: 205430653
Código: 25256

iv. AGRADECIMIENTOS

Agradezco grandemente a Industriales Austin de Costa Rica por permitirme desarrollar mi proyecto de graduación, especialmente a Juan José Lara Meneses. Gracias a mis compañeros por su constante apoyo Ana Laura, Francini, Pablo y Aurelio, sin ustedes no lo habría logrado. Especialmente, quiero agradecer a mi tutora Diana Córdoba por su interés en colaborar conmigo hasta el último momento.

A todos infinitas gracias.

iii. DEDICATORIA

Dedicado al Dios Todopoderoso por su gran misericordia. A mis padres por su apoyo hasta el final de cada una de mis metas y a mi abuela Ana por sus constantes oraciones.

V. ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1:	1
PROBLEMA DEL PROYECTO	1
1.1 Planteamiento del problema	2
1.1.1 Introducción al tema del proyecto	3
1.1.2 Antecedentes del contexto de la empresa	4
Figura 1: Vista Aérea de ubicación de IACR.....	4
1.1.3 Justificación del problema	8
1.2 Definición del Problema.....	9
1.2.1 La idea del problema.....	9
1.2.2 La pregunta del problema	11
1.3 Objetivos de la investigación	11
1.3.1 Objetivo General.....	11
1.3.2 Objetivos Específicos.....	11
1.4 Alcance y limitaciones.....	12
1.4.1 Alcances.....	12
1.4.2 Limitaciones.....	12
CAPÍTULO 2:	14
MARCO TEÓRICO.....	14
2.1 Marco conceptual relativo al aspecto de la carrera, el cual sirve de fundamento al proyecto que se pretende desarrollar.....	15
2.2 Marco de la gestión de proyectos	27
2.3 Marco conceptual referente al impacto de un proyecto	35
2.4 Antecedentes de teorías o proyectos: resultados de experiencias anteriores, similares o diferentes	40
2.4.1 Autores consultados: coincidencias o discrepancias.....	40
CAPITULO 3:	47
MARCO METOLÓGICO.....	47
3.1 Metodología para la identificación del problema.....	48
3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto	49
Figura 6: Diagrama Gantt de metodología para medición	49

Fuente: La Autora, 2017.....	49
3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio.....	50
3.4 Metodología para la implementación del proyecto.....	51
3.5 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento, control y seguimiento del proyecto.	52
CAPÍTULO 4:	54
LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS	54
4.1 Diagnóstico de la situación actual.....	55
4.1.1 Situación actual de la fase oxidante: ANSOL	59
4.1.1.1 Mano de Obra	63
4.1.1.2 Método	65
4.1.1.3 Medio Ambiente	69
4.1.1.4 Medida.....	69
4.1.1.5 Maquinaria y Equipo	70
4.1.2 Situación actual de la fase aceitosa: RDT 8.2	71
4.1.2.1 Mano de Obra	74
4.1.2.2 Materia Prima	75
4.1.2.3 Método	76
4.1.2.4 Medida.....	78
4.1.2.5 Maquinaria y Equipo	79
4.1.3 Situación actual del mezclado de producto terminado: Hydrox S	79
4.1.3.1 Método	80
4.1.3.2 Medida.....	82
4.1.3.3 Maquinaria y equipo.....	82
5.1 Solución para la fase oxidante: ANSOL.....	88
5.1.1 Argumentación y despliegue de propuestas para la fase oxidante	88
5.1.1.1 Propuesta 1: Registro de Producción de ANSOL	88
5.1.1.2 Propuesta 2: Reordenamiento de funciones de operadores encargados de fabricar ANSOL.....	90
5.1.1.3 Propuesta 3: Aumento de la capacidad de almacenamiento de ANSOL..	91
5.1.1.4 Propuesta 4: Registro de Inspección de Lotes de ANSOL.....	92
5.1.1.5 Propuesta 5: Contador para fabricación de ANSOL	93
5.1.1.6 Propuesta 6: Programación de producción de ANSOL.....	94

5.2	Solución para fase aceitosa: RDT 8.2.....	95
5.2.1	Argumentación y despliegue de propuestas para la fase aceitosa	95
5.2.1.1	Propuesta 1: Registro de Producción de RDT 8.2	95
5.2.1.2	Propuesta 2: Reordenamiento de funciones de operadores encargados de fabricar RDT 8.2.....	96
5.2.1.3	Propuesta 3: Eliminación de dispensado de diésel a camiones	98
5.2.1.4	Propuesta 4: Cambio de tanques de almacenamiento de diésel.....	98
5.2.1.5	Propuesta 5: Registro de Inspección de Lotes de RDT 8.2.....	100
5.2.1.6	Propuesta 6: Contador para fabricación de RDT 8.2.....	101
5.3	Solución para fabricación de emulsión: Hydrox S.....	103
5.3.1	Argumentación y despliegue de propuestas para fabricación de Hydrox S....	103
5.3.1.1	Propuesta 1: Capacitación en trabajos en alturas.....	103
5.3.1.2	Propuesta 2: Contador para fabricación de Hydrox S	104
5.3.1.3	Creación de línea de producción de Hydrox S	105
5.4	Selección e implementación de las propuestas.....	107
5.4.1	Priorización de las propuestas aprobadas.	107
5.4.2	Implementación de las propuestas	113
5.4.2.1	Etapas 1 de Implementación de Proyectos.....	113
5.4.2.2	Etapas 2 de Implementación de Proyectos.....	118
5.4.2.3	Etapas 3 de Implementación de Proyectos.....	122
5.4.3	Resultados de implementación	126
CAPÍTULO 6:		129
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		129
6.1	Conclusiones.....	130
6.2	Recomendaciones.....	133
Bibliografía.....		134
Glosario.....		136
ANEXOS.....		137
Anexo 1. Registro de Fabricación de ANSOL antes de la mejora.....		138
Anexo 2. Registro de Fabricación de ANSOL posterior a la mejora		139
Anexo 3. Registro de Fabricación de RDT 8.2 antes de la mejora		140
Anexo 4. Registro de Fabricación de RDT 8.2 posterior a la mejora.....		141
Anexo 5. Registro de Capacitación: Uso de Registros y Manual de Puestos		142

Anexo 6. Registro de Capacitación: Procedimiento para preparación de ANSOL y RDT 8.2 para Operador 1.....	143
Anexo 7. Registro de Capacitación: Procedimiento para preparación de ANSOL y RDT 8.2 para Operador 2.....	145
Anexo 8. Descripción del puesto de trabajo: Operador de Tanques	147
Anexo 9. Registro de Control de Soluciones	149
Anexo 10. Registro de Capacitación: Análisis de Soluciones.....	150
Anexo 11. Registro de Capacitación: Instrucción de trabajo para carga de diésel en estaciones de servicio a camiones de IACR.....	151
Anexo 12. Instrucción de trabajo: Carga de Diésel a camiones	152
Anexo 13. Orden de Compra: Certificación para persona que realiza trabajos en alturas	
Anexo 14. Registro de Capacitación: Certificación para persona que realiza trabajos en alturas.....	154
Anexo 15. Orden de Compra: Contador para Módulo de Operación.....	155
Anexo 16. Órdenes de Compra: Tanque y Planos Civiles, Mecánicos y Eléctricos.....	156
Anexo 17. Diseño civil para área de tanque de diésel	158
Anexo 18. Diseño de Tanque de Diésel	159
Anexo 19. Viabilidad de proyecto: Propuesta 3 Aumento de capacidad de almacenamiento de ANSOL, fase oxidante	160
Anexo 20. Viabilidad de proyecto: Propuesta 4 Cambio de tanque de almacenamiento de diésel, fase aceitosa	161
Anexo 21. Viabilidad de proyecto: Propuesta 3 Creación de línea de producción de Hydrox S, fase Hydrox S.....	162
.....	162

vi. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1	59
Características a inspeccionar en el Nitrato de Amonio	
Tabla N°2.....	61
Parámetros de control para ANSOL	
Tabla N°3.....	66
Promedio de duración de preparación de ANSOL con respecto a la cantidad producida	
Tabla N°4.....	71
Parámetros de Control de Materias Primas para fabricación de RDT 8.2	
Tabla N°5.....	72
Parámetros de Control para fabricación de RDT 8.2	
Tabla N°6.....	76
Promedio de duración de preparación de RDT 8.2 con respecto a la cantidad producida	
Tabla N°7	80
Especificaciones de Producto Final	
Tabla N° 8.....	82
OEE de Módulo para fabricación de Hydrox S	
Tabla N°9.....	85
Lista de Equipos para producción de emulsión empacada y emulsión a granel	
Tabla N°10.....	¡Error! Marcador no definido.
Resumen de Oportunidades de Mejora	
Tabla N°11.....	91
Requerimientos para implementación de propuesta N°3	
Tabla N°12.....	99
Requerimiento para implementación de propuesta N° 4	
Tabla N°13.....	103
Requerimientos para implementación propuesta 1	

	10
Tabla N°14.....	105
Requerimientos para la implementación de la propuesta 3	
Tabla N°15.....	107
Selección de las propuestas	
Tabla N°16.....	108
Lista de Proyectos	
Tabla N°17.....	112
Priorización de Proyectos según Ponderación	
Tabla N°18.....	114
Matriz de Implementación de proyectos para Etapa N°1	
Tabla N°19.....	115
Promedio de duración de preparación de ANSOL con respecto a la cantidad producida, posterior a implementación de mejoras.	
Tabla N°20.....	118
Comparación de kg/hh producidos antes y después de la implementación de las mejoras.	
Tabla N°21.....	¡Error! Marcador no definido.
Matriz de Implementación de proyectos para Etapa N°2	
Tabla N°22.....	121
Promedio de duración de preparación de RDT 8.2 con respecto a la cantidad producida, posterior a implementación de mejoras.	
Tabla N°23.....	122
Comparación de kg/hh producidos antes y después de la implementación de las mejoras.	
Tabla N°24.....	123
Matriz de Implementación de proyectos para Etapa 3	
Tabla N°25.....	125
Comparación de tiempos de conexión y desconexión de manguera antes y después de la implementación de las mejoras.	
Tabla N°26.....	128
Situación inicial vrs situación actual del costo de la ruta crítica	

vii. ÍNDICE DE FIGURAS

4Figura N°1.....	4
Vista Aérea de ubicación de IACR	4
Figura N°2.....	7
Organigrama de IACR	7
Figura N°3.....	9
Histórico de Ventas de Hydrox S del 2014 al 2017.	9
Figura N°4.....	23
Diagrama de Ishikawa	23
Figura N°5.....	48
Diagrama Gantt de metodología de identificación	48
Figura N°6	49
Diagrama Gantt de metodología para medición	
Figura N°7.....	50
Diagrama de metodología de propuesta	50
Figura N°8.....	51
Diagrama de metodología de implementación	
Figura N°9.....	53
Diagrama de metodología de seguimiento.....	53
Figura N°10	55
Diagrama SIPOC de proceso de fabricación de Hydrox S	55
Figura N°11	57
Diagrama PERT de proceso de fabricación de Hydrox S.....	57
Figura N°12	62
Diagrama de flujo de proceso de fabricación de ANSOL.....	62
Figura N°13	63
Diagrama de Ishikawa para proceso de fabricación de ANSOL.....	63
Figura N°14	64
Organigrama de departamento de Producción.....	64
Figura N°15	67
Tiempo de producción de ANSOL vs cantidad producida	67
Figura N°16	68

Comportamiento de temperatura durante la fabricación de ANSOL.....	
Figura N°17	73
Diagrama de Flujo de Proceso de Fabricación de RDT 8.2	73
Figura N°18	74
Diagrama de Ishikawa de Ineficiencia en Fabricación de RDT 8.2.....	74
Figura N°19	75
Gráfico de Consumo de Diésel vs Kilometraje recorrido del mes de mayo	75
Figura N°20	78
Tiempo de producción de RDT 8.2 vs cantidad producida.....	78
Figura N°21	80
Diagrama de Ishikawa de Ineficiencia en Fabricación de Hydrox S	80
Figura N°22	83
Flujo de proceso para fabricación de emulsión empacada.	83
Figura N°23	84
Flujo de proceso para fabricación de emulsión a granel.....	84
Figura N°24	89
Diagrama Gantt de implementación de Propuesta N°1 para ANSOL.....	89
Figura N°25	90
Diagrama Gantt de implementación de Propuesta N°2 para ANSOL.....	90
Figura N°26	92
Diagrama Gantt de implementación de Propuesta N°3 para ANSOL.....	92
Figura N°27	93
Diagrama Gantt de implementación de Propuesta N°4 para ANSOL.....	93
Figura N°28	96
Diagrama Gantt de implementación de Propuesta N°1 para RDT 8.2	96
Figura N°29	97
Diagrama Gantt de implementación de Propuesta N°2 para RDT 8.2	97
Figura N°30	100
Diagrama Gantt de implementación de Propuesta N°4 para RDT 8.2	100
Figura N°31	101
Diagrama Gantt de implementación de Propuesta N°5 para RDT 8.2	101
Figura N°32	104
Diagrama Gantt de implementación de Propuesta N°1 para Hydrox S.....	104

Figura N°33	
Diagrama Gantt de implementación de Propuesta N°3 para Hydrox S.....	106
Figura N°34	109
Matriz de priorización de proyectos según los recursos a implementar	109
Figura N°35	110
Matriz de priorización de proyectos según el periodo de obtención de beneficios.....	110
Figura N°36	111
Matriz de priorización de proyectos con respecto a factibilidad de implementación	111
Figura N°37	112
Priorización de los proyectos según ponderación de variables	112
Figura N°38	113
Diagrama de implementación general de proyectos.....	113
Figura N°39	117
Comparación de Fabricación de ANSOL, Situación Inicial VS Situación Actual.....	117
Figura N°40	122
Comparación de Fabricación de RDT 8.2, Situación Inicial VS Situación Actual	122
Figura N°41	126
Diagrama PERT de proceso de fabricación de Hydrox S posterior a la implementación de mejoras.	126
Figura N°42	127
Comparación de productividad del proceso de Hydrox S.....	127
Figura N°43	128
Costo de Implementación vs Ahorro Esperado.	128

viii. ACRÓNIMOS Y SIGLAS

ANSOL: *Ammonium Nitrate Solution* (Solución de Nitrato de Amonio)

API: Austin Powder Internacional

DMAIC: *Define, measure, analyze, improve and control* (Definir, medir, analizar, innovar y controlar)

HS: *Hazard Study* (Estudios de Riesgo)

IACR: Industriales Austin de Costa Rica

ICE: Instituto Costarricense de Electricidad

KPM: *Kartridge Packing Machine* (Máquina Empacadora de Cartuchos)

MINAE: Ministerio de Ambiente y Energía

RECOPE: Refinería Costarricense de Petróleo

SAP: *Systems, Applications, Products in Data Processing* (Sistema para planificación de recursos)

CAPÍTULO 1:
PROBLEMA DEL PROYECTO

1.1 Planteamiento del problema

En la era actual, la obtención de recursos necesarios para procesos industriales debe realizarse de manera óptima para procurar costos aceptables de producción, por lo tanto, la extracción de recursos utilizando explosivos no es la excepción.

El uso de explosivos en cantería, minería a cielo abierto y construcción, debe garantizar la mayor eficiencia en la voladura aplicada para obtener el menor costo de operación. En el caso de la cantería y minería a cielo abierto, una de las opciones más rentables en el proceso de extracción es utilizar emulsión a granel, la cual es sensibilizada y aplicada en cada agujero perforado en la zona donde se planea extraer material según el diseño de la voladura.

Uno de los factores más importantes de este tipo de industrias es realizar los trabajos de la manera más segura posible. La seguridad que brinda la compra de emulsión a granel no es solo desde el punto de vista de su aplicación, sino también que este producto no puede ser contrabandeadado, lo que reduce la probabilidad del robo de la carga, pues es común el hurto de explosivo encartuchado para revender en el mercado negro para fines de terrorismo.

1.1.1 Introducción al tema del proyecto

Dado que las emulsiones a granel son bien vistas en el sector de la minería a cielo abierto, se toma como objeto de estudio la fabricación de Hydrox S en Industriales Austin de Costa Rica, emulsión no sensible que es gasificada y catalizada en sitio, por lo cual se obtienen muy buenos rendimientos económicos, ya que desprenden el material a extraer de manera eficiente y además es un explosivo seguro, pues no emite gases nitrosos durante su detonación.

De este modo, se pronostica un incremento en las ventas de Hydrox S durante el año 2017 y para IACR es imperativo cumplir con la demanda. Actualmente, se exporta esta emulsión a Panamá, donde es utilizada para la extracción de cobre y a Nicaragua, para la extracción de oro. La explotación de cobre y oro es de suma importancia para los mercados internacionales, la compañía desea aumentar su capacidad de producción del explosivo para poder satisfacer las necesidades de ambas compañías mineras.

En el presente documento se encuentra la elaboración de un proyecto que pretende generar un incremento en la productividad de la fabricación de este producto, también se explicará el proceso actual de preparación de Hydrox S y las limitantes por las cuales Industriales Austin no puede hacerle frente al aumento pronosticado en la demanda. Una vez analizada la información, se idearán las propuestas de mejora al proceso de fabricación de la emulsión y se pondrán en marcha con miras a cumplir el objetivo de elevar los niveles de producción para cubrir la demanda de dicho producto.

1.1.2 Antecedentes del contexto de la empresa

Industriales Austin de Costa Rica es la única empresa que se dedica a la fabricación de explosivos tipo E. Se encuentra ubicada en el kilómetro 101 de la Interamericana Norte en Esparza, Puntarenas. En la figura 1 se puede observar la propiedad de la compañía, la cual está exactamente $10^{\circ}01'14.08''$ latitud norte y $84^{\circ}36'05.81''$ longitud oeste.

Figura 1: Vista Aérea de ubicación de IACR



Fuente: IACR, 2017

A continuación se detalla su reseña historia:

En 1833, se funda Austin Powder Company, quién hoy en día es la empresa más antigua en la fabricación de explosivos. Fabrica una línea completa de explosivos industriales y accesorios. Además, ofrece servicios de voladura a clientes de América del Norte y el resto del mundo.

En 1985 inicia sus operaciones Austin Powder International, compañía que ha realizado grandes aportes a proyectos como:

- Proyecto del Canal de Panamá.
- Construcción de carreteras y túneles en México.
- Extracción de oro en Argentina y Ecuador.
- Extracción de sal en Alemania.
- Localización de gas en Bolivia y Arabia Saudita.
- Construcción de túneles en Austria.

En el año 1982 en Esparza, Puntarenas se funda LODINSA (Lodos Industriales S.A.) con el propósito de atender las necesidades de explosivos en el mercado local. La planta se dedicaba a la fabricación de explosivos sensibles y no sensibles de tipo gel acuoso (hidrogeles).

En 1996 se crea Austin de Centroamérica para fabricar emulsiones a granel y atender las necesidades de la ampliación del Canal de Panamá. En 1999 Austin Powder International adquiere LODINSA y lo bautiza como Industriales Austin de Costa Rica.

Entre los proyectos más importantes, en los cuales los productos han sido utilizados en Costa Rica están:

- Extracción a cielo abierto de oro en Mina Bellavista en Miramar Puntarenas.
- Proyecto Hidroeléctrico Reventazón.
- Proyecto Hidroeléctrico Pirrís.

En el año 2007 se cierra la planta de hidrogeles y se instala una nueva planta de producción de emulsiones cuyo tipo de explosivo es más seguro y de igual nivel de rendimiento que sus antecesores. (Industriales Austin de Costa Rica [IACR], 2016, p. 1-2)

IACR continúa extendiendo sus productos y servicios a empresas tanto nacionales como internacionales, los cuales son:

- Emulsión empacada sensible para minería, cantería y construcción como Emulex 1, Emulex 2, Emulex C e Hydromite 3.
- Emulsión subacuática para obra civil marítima como Emulex 6.
- Emulsión no sensible a granel Hydrox S para acondicionar en sitio.

Hydrox S es una mezcla que proporciona excelente resistencia al agua y rendimiento para cumplir con muchos requisitos de aplicación y tiene las siguientes ventajas:

- Puede reducir el tiempo necesario para cargar los barrenos y de esta forma aumentar la eficiencia.
- En pozos húmedos, el producto se bombea al fondo del pozo, desplazando el agua hasta obtener un acoplamiento de pozo de 100%.
- Los productos sensibilizados químicamente tienen un gradiente de densidad natural que da como resultado una densidad más alta en el fondo del pozo donde la energía es más necesaria.

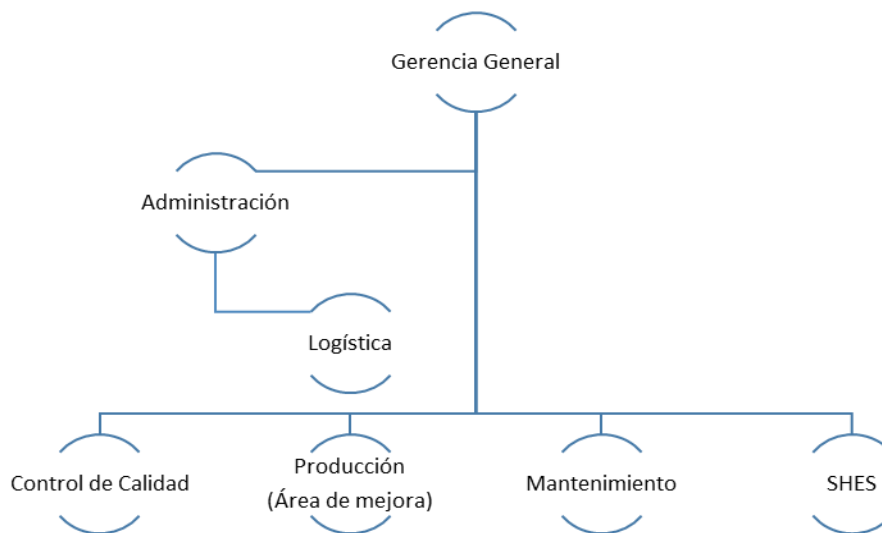
Por sus ventajas y precio accesible, Hydrox S es muy cotizado en el mercado, lo que lo convierte en uno de los productos que genera mayores utilidades a la

compañía. Es comercializado a grane, por esta razón los despachos de Hydrox S de 20 500 kg son transportados en camiones cisternas hasta el sitio de detonación, ahí el producto es descargado en tanques de almacenamiento y, posteriormente, bombeado al camión mezclador.

Una vez en el camión, el producto debe ser mezclado con un ácido y una solución catalizadora e inmediatamente inyectado al barreno, luego se deja reposar por un par de minutos para que la reacción química se dé y el producto final se densifique.

En la figura 2 se puede observar el organigrama de la compañía, lo cual indica que el presente proyecto tiene competencia en el Departamento de Producción.

Figura 2: Organigrama de IACR



Fuente: IACR, 2017

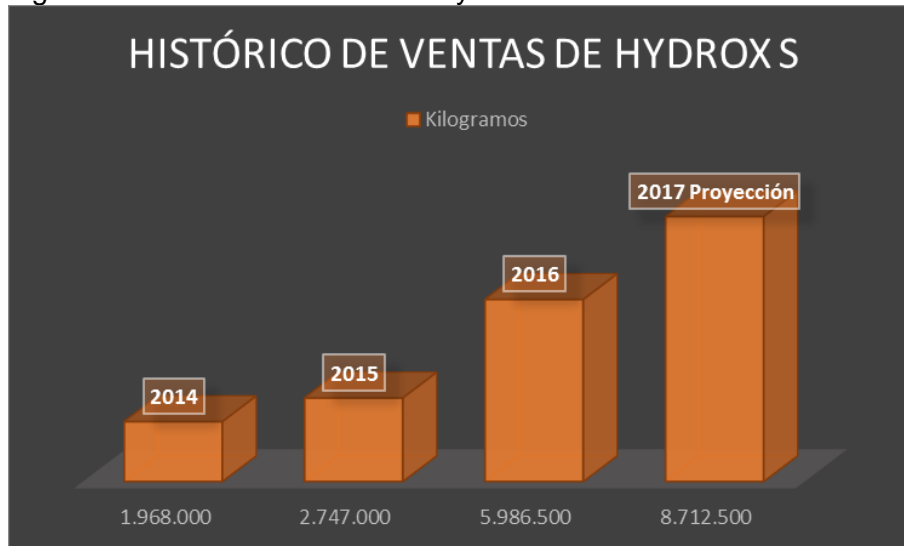
1.1.3 Justificación del problema

La industria minera panameña y nicaragüense ha tenido un aumento en sus necesidades de explotación de sus campos y dado los resultados que les proporciona Hydrox S en sus voladuras, se estima un incremento del 45% en las ventas de dicho producto. Es decir, de 5 896 toneladas de Hydrox S producidas en el año 2016, se espera para el 2017 enfrentar una demanda de 8 700 toneladas del producto.

Actualmente, Industriales Austin de Costa Rica no está capacitada para hacerle frente a esta demanda, por lo que no realizar mejoras al sistema productivo generaría pérdidas millonarias, al no poder proveer a los países vecinos, pues los mismos podría buscar otra opción para abastecerse del producto.

Por consiguiente, este proyecto contribuiría con mejoras al sistema de producción en cuanto a las deficiencias que se encuentren durante la etapa de análisis de la situación actual. Cabe mencionar que el proceso productivo de Hydrox S no ha sido modificado desde el 2007 cuando fue construido, por lo que el crecimiento de en las ventas que se observa en la figura 3, se ha enfrentado con la misma capacidad instalada.

Figura 3: Histórico de Ventas de Hydrox S del 2014 al 2017.



Fuente: IACR, 2017

La República de Nicaragua decreta en la Ley N°387 Especial sobre Exploración y Explotación de Minas (2001) “El lote minero tendrá un área máxima de 50 mil hectáreas y se otorga por un período de veinticinco años prorrogables por otro período igual” (p.4) y la República de Panamá en su Ley N°3 del Código de Recursos Mineros indica la misma cantidad. Esto advierte que al realizar las mejoras, puede existir abundante tiempo para la obtención de utilidades de las ventas de Hydrox S, pues los periodos de explotación de las minas son bastante amplios y renovables.

1.2 Definición del Problema

1.2.1 La idea del problema

La productividad del proceso de fabricación de Hydrox S, según reporta el Departamento de Producción de IACR, es de 0.15, la cual es derivada de la

utilización de las horas necesarias para fabricar una unidad de Hydrox S. Esto establece el indicador que expone la carente capacidad de producción del proceso, y la no realización de mejoras al proceso productivo, generaría ventas perdidas por \$ 1 605 908,5 tomando en cuenta el aumento en las ventas estimado que se indica en la Figura 3.

Por otro lado, entre los procesos que afectan directamente la productividad de la fabricación del Hydrox S está la preparación de la solución de nitrato de amonio, la cual es lenta, pues debe calentarse grandes cantidades de agua hasta temperaturas de 80° C, además no se cuenta con suficiente capacidad de almacenamiento para la solución, es decir, la compañía solo tiene capacidad para guardar 38 000 kg de solución de nitrato de amonio y esta cantidad solo es suficiente para fabricar 41 000 kg de Hydrox S, lo cual equivale a la cantidad de solución requerida para fabricar dos unidades de Hydrox S. Según el departamento de contabilidad, el promedio de horas extras por mes para la fabricación de soluciones necesarias para producir Hydrox S es de 23.75 horas.

En la actualidad, la ruta crítica del proceso de Hydrox S posee una duración de 6.78 horas, lo cual genera un costo de \$3 945,26 en mano de obra y cargas indirectas de fabricación, según el Departamento de Contabilidad de empresa. De esta manera, la duración de la ruta crítica limita la producción de la emulsión a una unidad de Hydrox S por día y considerando esta como la capacidad máxima del proceso, no es posible cumplir con las proyecciones de ventas. En caso de necesitar fabricar una segunda unidad del producto, se debe invertir tiempo extra,

pues son necesarias 4.83 horas. Dicho esto, IACR desea aumentar su productividad al menos en un 20%.

1.2.2 La pregunta del problema

¿Cómo se puede generar un aumento en la productividad del proceso de fabricación de Hydrox S, en Industriales Austin de Costa Rica, para el año 2017?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo General

Optimizar la productividad del proceso de fabricación de Hydrox S mediante herramientas ingenieriles para la satisfacción de la demanda creciente del producto.

1.3.2 Objetivos Específicos

Diagnosticar el proceso actual de la fabricación de Hydrox S.

Identificar oportunidades de mejora en el proceso de fabricación de Hydrox S.

Proponer acciones concretas que generen un aumento en la productividad de dicho proceso.

Evaluar, mediante un estudio de costo-beneficio, la puesta en marcha de las acciones seleccionadas.

1.4 Alcance y limitaciones

1.4.1 Alcances

El desarrollo de este proyecto será específicamente en el área de producción de la planta de emulsiones de Industriales Austin de Costa Rica, abarca únicamente la preparación de Hydrox S.

Comprende un diagnóstico de las etapas que conlleva preparar Hydrox S, la identificación de las oportunidades de mejora, así como la propuesta e implementación de las mejoras seleccionadas y el impacto obtenido gracias a la puesta en marcha de dichas mejoras.

1.4.2 Limitaciones

El presente proyecto solamente abarca al Departamento de Producción y solo aplica para el proceso de fabricación de emulsión a granel.

Por razones de seguridad, la gerencia no permite modificaciones al proceso de mezcla de producto final.

La aplicación de las mejoras propuestas está sujeta a la aprobación de presupuesto por parte de la Gerencia.

Las mejoras propuestas que requieran de permisos gubernamentales, estarán sujetas al periodo de aprobación de la institución correspondiente.

En cuanto a las mejoras propuestas que requieran intervención del Departamento de Mantenimiento, deberán esperar a ser atendidas, según la prioridad que se les asigne en el programa de mantenimiento correctivo.

Dada la naturaleza del negocio, la Gerencia Financiera se limita a externar montos económicos sin desglose, para garantizar la confidencialidad de su operación.

CAPÍTULO 2:
MARCO TEÓRICO

2. 1 Marco conceptual relativo al aspecto de la carrera, el cual sirve de fundamento al proyecto que se pretende desarrollar

La industria se reinventa cada día, según el área comercial se hace necesario mejorar los procesos para poder mantenerse en un mundo altamente competitivo. La productividad de las industrias va directamente ligada a la calidad de vida de los que de ella dependen. Según indican Lora y Pagés (2010) “El desafío de la productividad no puede esperar. Millones de personas padecen limitaciones que podrían resolverse si se emplearan mejor los recursos que existen en la región. Millones de trabajadores están condenados a empleos de baja productividad que no pagan lo suficiente para sacarlos, a ellos y a sus familias, de la pobreza” (p.03). Pensar que la productividad es directamente proporcional al desarrollo de una región, es una idea que se debe tener como real para entender la verdadera importancia de la productividad; no solo dentro de las paredes de la industria actual.

Para la presente propuesta se abordarán varias ramas de la ingeniería industrial como lo son: productividad, administración de operaciones y logística. Por lo tanto, se especificará una serie de conceptos que llevarán a aclarar el panorama hacia el problema en estudio, obteniendo mediante la teoría, medios para generar aportes que permitan sustentar el tema de estudio.

Ahora bien, para definir el gran concepto de la productividad, primeramente, debemos definir otros conceptos que están inmersos en el mundo de la producción industrial. Se comenzará por definir el concepto de producción como indican Ibarra y Sarache (2008) “aquella parte de la organización encargada de

transformar una serie de inputs iniciales (materias primas, energía, información, recursos humanos, entre otros) en un conjunto de outputs (bienes y servicios), a través de un proceso de conversión (transformación) que añade valor para el cliente final.” (p.16). Una vez comprendido este concepto básico, se inicia el cuestionamiento de buscar alternativas que permitan un proceso de transformación lo más eficiente posible, esto para generar mayores oportunidades de ganancias.

Asimismo, una producción eficiente es resultado de una buena administración de la misma, dependiendo del tipo de industria, se buscará administrar, de la manera más correcta, las entradas al proceso, así como el proceso de transformación.

Detallan Chase, Jacobs y Aquilano (2009) que:

La administración de operaciones y suministro (AOS) se entiende como el diseño, la operación y la mejora de los sistemas que crean y entregan los productos y los servicios primarios de una empresa. La AOS, al igual que el marketing y las finanzas, es un campo funcional de la empresa que tiene una clara línea de responsabilidades administrativas. Este punto es importante porque la administración de operaciones y suministro muchas veces se confunde con la investigación de operaciones y la ciencia de la administración (IO/CA) y la ingeniería industrial (II). La diferencia esencial es que la AOS es un campo de la administración, mientras que la IO/CA representa la aplicación de métodos cuantitativos para la toma de decisiones en todos los campos y la II es una disciplina de la ingeniería. Por lo tanto, si bien los administradores de operaciones y suministro utilizan los

instrumentos de la IO/CA para la toma de decisiones (como la programación de una ruta crítica) y se ocupan de muchos de los mismos temas que la II (como la automatización de la fábrica), la función administrativa de la AOS aclara la diferencia de otras disciplinas. (p. 7-8)

Igualmente, este campo funcional pretende utilizar análisis para la resolución de problemas de manera, tanto interna como externa. La administración de operaciones sugiere analizar cada problema dentro de la organización para buscar la manera más eficiente de efectuar las tareas e implica también a la cadena de suministros y al aseguramiento de la calidad.

No obstante, se debe detallar el concepto de cadena de suministros para comprender como afectan, tanto a las entradas al proceso productivo como las salidas. Según Chopra y Meindl (2008):

Una cadena de suministro está formada por todas aquellas partes involucradas de manera directa o indirecta en la satisfacción de una solicitud de un cliente. La cadena de suministro incluye no solamente al fabricante y al proveedor, sino también a los transportistas, almacenistas, vendedores al detalle (o menudeo) e incluso a los mismos clientes. Dentro de cada organización, como la del fabricante, abarca todas las funciones que participan en la recepción y el cumplimiento de una petición del cliente. Estas funciones incluyen, pero no están limitadas al desarrollo de nuevos productos, la mercadotecnia, las operaciones, la distribución, las finanzas y el servicio al cliente. (p.3)

De esta manera, extendida la importancia de la cadena de suministros para la transformación de bienes, es relevante conocer sobre el papel que protagoniza la planeación agregada en la cadena de suministros. Explican Chopra y Meindl (2008) que:

La planeación agregada es un proceso por medio del cual la compañía determina los niveles ideales de capacidad, producción, subcontratación, inventario, desabasto e incluso precio en un horizonte específico de tiempo. La meta de la planeación agregada es satisfacer la demanda y al mismo tiempo maximizar las utilidades. La planeación agregada, como su nombre lo indica, resuelve los problemas que se relacionan con decisiones agregadas en lugar de decisiones a nivel de unidades (stock-keeping units, SKU). (p.218)

Al mismo tiempo, la planeación agregada puede encaminar a una compañía a cumplir la anhelada productividad en sus operaciones. Existen muchos conceptos sobre productividad, pero indica Prokopenko (1989) que productividad es:

(...) la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción o servicios y los recursos utilizados para obtenerla. Así pues, la productividad se define como el uso eficiente de recursos— trabajo, capital, tierra, materiales, energía, información — en la producción de diversos bienes y servicios. Una productividad mayor significa la obtención de más con la misma cantidad de recursos, o el logro de una mayor producción en

volumen y calidad con el mismo insumo. Esto se suele representar con la fórmula:

$$\frac{\textit{Producto}}{\textit{Insumo}} = \textit{Productividad}$$

La productividad también puede definirse como la relación entre los resultados y el tiempo que llevan conseguirlos. El tiempo es a menudo un buen denominador, puesto que es una medida universal y está fuera del control humano. Cuanto menor tiempo lleve lograr el resultado deseado, más productivo es el sistema. (p.3)

Entonces, se deben conocer los factores que pueden alterar la productividad de una compañía, esto permitirá crear planes de mejora para aumentar la productividad.

Al respecto, Prokopenko (1989) explica que:

El mejoramiento de la productividad depende de la medida en que se pueden identificar y utilizar los factores principales del sistema de producción social. En relación con este aspecto, conviene hacer una distinción entre tres grupos principales de factores de productividad, según se relacionen con:

- el puesto de trabajo;
- los recursos;
- el medio ambiente.

Como el principal interés aquí es el análisis económico de los factores de gestión más que los factores de productividad como tales, se sugiere una clasificación que ayudará a los directores y gerentes a distinguir los factores que pueden controlar. De esta manera, el número de factores que se han de analizar y en los que se ha de influir disminuye considerablemente. La clasificación sugerida se basa en un trabajo de Mukherjee y Singh'.

Existen dos categorías principales de factores de productividad:

- Externos (no controlables).
- Internos (controlables).

Los factores externos son los que quedan fuera del control de una empresa determinada, y los factores internos son los que están sujetos a su control. (p.09).

Por ende, los factores internos pueden ser su gama de productos, la propia cadena de suministros, la mano de obra y los métodos de trabajo que emplean así como equipos y tecnología, entre otros. Factores externos lo son: legislación, suministro eléctrico, los proveedores, clima y geografía y muchos otros aspectos que no sean propios de la compañía. Mantener bajo control estos factores, permite obtener un buen índice de productividad, para esto se debe medir la situación actual de acuerdo con el factor que esté afectando la productividad.

De esta forma, Prokopenko (1989) detalla una serie de métodos para analizar la situación de la compañía:

Algunos métodos sencillos y prácticos de analizar la productividad son los siguientes:

- medida de la productividad de los trabajadores;
- sistemas de medición para planificar y analizar las necesidades de mano de obra en las unidades de producción;
- sistemas de medición de la productividad del trabajo orientados a la estructura del uso de los recursos de mano de obra;
- productividad del valor añadido en la empresa.

Normalmente el método de medición está determinado por la finalidad del análisis de la productividad. Tres de los fines más comunes son:

- la comparación de una empresa con sus competidores;
- la determinación del rendimiento relativo de los departamentos y trabajadores;
- la comparación de los beneficios relativos de los diversos tipos de insumo con respecto a la negociación colectiva y a la distribución de las ganancias. (p.34)

Ahora bien, estos métodos pueden ser puestos en práctica según el tipo de industria, siempre y cuando se conozca la fuente del problema, para rastrear las causas del problema debemos utilizar herramientas ingenieriles. Igualmente, Krajewski, Ritzman y Malhotra (2008) señalan que el diagrama de red es una de ellas:

Los métodos de planificación de la red ayudan a los gerentes a supervisar y controlar los proyectos. Dichos métodos consideran el proyecto como un conjunto de actividades relacionadas entre sí, que pueden representarse en forma visual mediante un diagrama de red, el cual está formado por nodos (círculos) y arcos (flechas) que describen las relaciones entre las actividades. En la década de los 1950 se desarrollaron dos métodos de planificación de red. La técnica de evaluación y revisión de programas (PERT) (del inglés *program evaluation and review technique*) fue creada para el proyecto del misil Polaris de la Marina de los Estados Unidos, en el que participaron 3000 contratistas y proveedores diferentes. El método de ruta crítica (CPM) (del inglés *critical path method*) fue desarrollado como procedimiento para programar los periodos de suspensión de actividades a fin de realizar operaciones de mantenimiento en plantas procesadoras de productos químicos. Aunque las primeras versiones de PERT y CPM diferían en sus estimaciones del tiempo de actividad, en la actualidad las diferencias entre ambas técnicas son mínimas. (p.76)

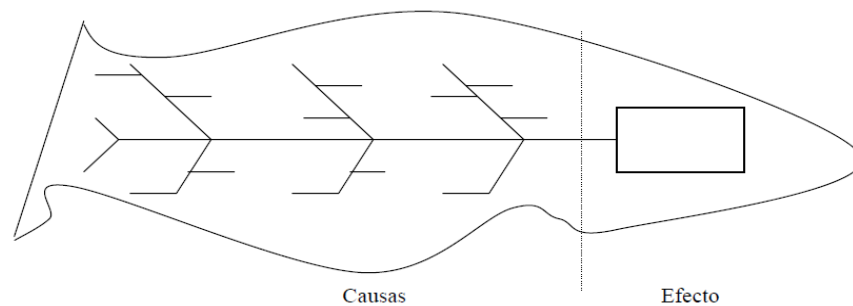
Otra herramienta es el diagrama de espina de pescado o Ishikawa. Al respecto, Arnoletto (2007) lo define como:

Este diagrama se utiliza para representar la relación entre algún efecto y todas las causas posibles que lo pueden originar.

Todo tipo de problema, como el funcionamiento de un motor o una lámpara que no enciende, puede ser sometido a éste tipo de análisis.

Generalmente, se lo presenta con la forma del espinazo de un pez, de donde toma el nombre alternativo de Diagrama de espina de pescado. También se lo llama de Diagrama de Ishikawa que es quién lo impulsó.

Figura 4: Diagrama de Ishikawa



Fuente: Arnoletto, 2007

Los diagramas de causa efecto se construyen para ilustrar con claridad cuáles son las posibles causas que producen el problema. Un eje central se dirige al efecto. Sobre el eje se disponen las posibles causas. (p.70)

Por esta razón, para la ejecución del presente proyecto será necesaria una herramienta que permita ver el posible consumo de tiempo para la implementación de acciones. Según Chase et al. (2009) el diagrama de Gantt es "...una gráfica de Gantt, a veces llamada gráfica de barras, que muestra tanto la cantidad de tiempo involucrada, como la secuencia en que se desempeñarían las actividades." (p.63)

Por último, un método de mucha antigüedad y también de fácil aplicación es la famosa lluvia de ideas. "Este método Brainstorming que traducido a nuestro idioma significa "Tormenta de Ideas" consiste básicamente en que todos los participantes expongan sus ideas, que las mismas sean anotadas, luego comentadas, para

finalmente llegar a conclusiones.” (Arnoletto, 2007, p.72). Esta práctica es comúnmente aplicada en reuniones ejecutivas y lideradas por la gerencia para buscar solución a problemas de diversas índoles.

La mayoría de problemas que surgen en el entorno industrial, son relacionados a la calidad del producto. De esta manera, es necesario definir qué es calidad en la fuente. Según Chase et al. (2009) significa:

(...) hacer bien las cosas desde la primera vez y, cuando algo sale mal, detener de inmediato el proceso o la línea de ensamblado. Los obreros de las fábricas se convierten en sus propios inspectores y son responsables de la calidad de su producción. Los trabajadores se concentran en una parte del trabajo a la vez, de modo que descubren los problemas de calidad. Si el ritmo es demasiado rápido, si el obrero descubre un problema de calidad o si encuentra algún problema de seguridad, el trabajador está obligado a presionar un botón para detener la línea y encender una señal visual. La gente de otras áreas responde a la señal de alarma y al problema. Los trabajadores tienen la autoridad para realizar el mantenimiento hasta que el problema se corrija. (p.407)

Por consiguiente, este nuevo concepto que permite delegar la responsabilidad de la calidad del proceso a los operadores, se deriva de otro gran término llamado administración de calidad total.

Al respecto, Carro y González (2015) afirman que:

(...) es la prevención, de manera de eliminar los problemas antes de que estos aparezcan. Se trata de crear un medio ambiente en la empresa que responda rápidamente a las necesidades y requerimientos del cliente. Por eso es que todos los integrantes de la organización deben conocer la manera de crear valor y cuál es su rol en este proceso. Esto incluye a todos con quien interactúa la empresa dentro y fuera de la organización, ampliando los límites de análisis. (p.02)

Asimismo, analizar los problemas que se generan dentro de la organización termina siendo una búsqueda de mejoras para elevar la productividad nuevamente.

Prokopenko (1989) indica que:

Por tanto, para mejorar la productividad es necesario dominar el cambio; esto significa motivar, inducir y generar el cambio. Conviene planificar y coordinar la escala y la velocidad del cambio en todos los elementos principales de la organización, con inclusión de la estructura del personal, las actitudes y los valores de la mano de obra, los conocimientos técnicos y teóricos, la tecnología y el equipo, los productos y los mercados. (p.69)

Así que, las mejoras deben estar diseñadas bajo un esquema específico que sea entendible para la mano de obra operativa de la compañía, esto porque debe ser correctamente adoptada por los que interactúan con el proceso donde se

introduce la mejora. "Una buena estrategia de mejoramiento de la productividad debe, como mínimo:

- elaborar una definición clara y fácilmente transmisible del concepto de mejoramiento de la productividad;
- explicar por qué el mejoramiento de la organización es importante;
- evaluar la situación actual de la explotación y las razones de ella;
- elaborar modelos óptimos;
- establecer políticas y planes de mejoramiento." (Prokopenko, 1989, p.71-72).

Estos modelos de mejora deben incluir a todos los niveles de la organización, para así, obtener apoyo de los involucrados y reducir el nivel de rechazo hacia el cambio.

La Escuela de Organización Industrial (EOI) (2013) define:

Lean Manufacturing es una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de "desperdicios", definidos éstos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios. Identifica varios tipos de "desperdicios" que se observan en la producción: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos. (p.10)

Por ende, identificar los “desperdicios” en el proceso de Hydrox S permite buscar puntos de mejora, también es necesario conocer conceptos relacionados con el proceso, Hydrox S.

IACR (2016) indica que “Es una matriz de emulsión, la cual se utiliza para producir Hydromite 100, Hydromite 70, y HEET 30 en un camión de bombeo aprobado o una unidad de re-bombeo. HYDROX S es una emulsión agua-en-aceite, basada en nitrato de amonio.” Este producto es realizado con una base acuosa llamada Ammonium nitrate solution ANSOL, por sus siglas en inglés, y por una base aceitosa llamada RDT 8.2 que está compuesta por aceite emulsificante y diésel.

2.2 Marco de la gestión de proyectos

Para el presente proyecto se ha decidido utilizar una metodología de Seis Sigma denominada DMAIC. Primeramente, se debe definir que es Seis Sigma. Según Gutiérrez y De la Vara (2009) es:

(...) es una estrategia de mejora continua del negocio que busca mejorar el desempeño de los procesos de una organización y reducir su variación; con ello, es posible encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos del negocio. En todo momento se toma como punto de referencia a los clientes y sus necesidades. La estrategia 6σ se apoya en una metodología fundamentada en las herramientas y el pensamiento estadístico. Asimismo, tiene tres áreas prioritarias de acción:

satisfacción del cliente, reducción del tiempo de ciclo y disminución de los defectos. (p.420)

De esta manera, Seis Sigma tiene como intención de entender en profundidad los problemas que refiere el cliente, estudiando mediante procesos estadísticos los procesos de la empresa: “Los datos por sí solos no resuelven los problemas del cliente y del negocio, por ello es necesaria una metodología. En 6σ los proyectos se desarrollan en forma rigurosa con la metodología de cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (en inglés DMAIC: Define, Measure, Analyze, Improve and Control).” (Gutiérrez y de la Vara, 2009, p.424). Se pretende poner en práctica las fases de DMAIC en el presente documento,

Al respecto, Chase et al. (2009) indican que: “...el objetivo general de la metodología es entender y lograr lo que quiere el cliente, ya que se considera la clave para la rentabilidad de un proceso de producción. De hecho, para recalcar el punto, algunos dicen que DMAIC significa “Directores Menos Ignoran A los Clientes”.”(p.314). Los proyectos elaborados con esta metodología logran ahorros o aumentos en las ventas; en otras palabras un incremento en la productividad de las operaciones de la compañía.

La clave para conseguir que el DMAIC se aplique en forma adecuada en la organización es la siguiente:

1. El enfoque centrado en las necesidades y los requerimientos de los clientes.

2. La identificación de las causas de los problemas que atentan contra la calidad del producto final o del servicio prestado, evitando las soluciones apresuradas que generen decisiones cerradas y sin fundamento estadístico.
 3. La realización de las mediciones de todas las variables críticas del proceso, lo que implica el conocimiento profundo de cada una de las etapas o fases que conforman las actividades de la organización.
 4. La utilización de las herramientas estadísticas apropiadas que conduzcan a soluciones válidas y efectivas.
 5. El control mediante un seguimiento constante que evalúe las diferentes actividades que se encaminen a la solución de un problema de calidad.
- (Herrera y Fontalvo, 2011, p.4)

Asimismo, para conseguir una exitosa aplicación de DMAIC o DMAMC (por sus siglas en español) se requiere un alto compromiso del personal participante y altamente capacitado. Detallan Chase et al. (2009) que la estructura directiva de DMAIC se divide por rangos:

(...) los profesionales reciben títulos tomados de las artes marciales según sus habilidades y funciones: cintas negras, que entrenan o, de hecho, dirigen un equipo de mejoramiento Six-Sigma; cintas negras maestros, que reciben capacitación exhaustiva en las herramientas estadísticas y procesos de mejora (realizan las mismas funciones que los cintas negras, pero para más equipos), y cintas verdes, que son empleados que recibieron suficiente capacitación en Six-Sigma para participar en un equipo o, en

algunas compañías, para trabajar individualmente en algún proyecto de pequeña escala relacionado con su trabajo. (p.319)

Esto genera un equipo excelentemente capacitado, donde también participan otras figuras:

(...) los *champions* (*campeones* o *patrocinadores*) tienen un rol vital, pues además de estar encargados de seleccionar los proyectos que deben ejecutarse, son los promotores y revisores de éstos. Sin lugar a dudas, éste fue un aporte decisivo de 6σ , ya que en los movimientos por la calidad y en general en las organizaciones, muchos proyectos ni siquiera concluyen debido a la falta de apoyo y seguimiento. Por su parte, los *black belts*, y sus mentores los MBB en empresas grandes, normalmente se dedican por completo a 6σ ; por lo tanto, ellos forman el corazón técnico de la iniciativa 6σ , además son los agentes de cambio, y ayudan a promocionar el uso de los métodos y soluciones Seis Sigma. (Gutiérrez y de la Vara, 2009, p.422)

De este modo, la primera etapa de DMAIC es conocida como definición, y según Gutiérrez y de la Vara (2009): “En la etapa de definición se enfoca el proyecto, se delimita y se sientan las bases para su éxito. Por ello, al finalizar esta fase se debe tener claro el objetivo del proyecto, la forma de medir su éxito, su alcance, los beneficios potenciales y las personas que intervienen en éste. Todo lo anterior se resumirá en el marco del proyecto (*project charter*).” (p.426) Esta etapa debe estar

muy bien detallada, responsabilidad que recae en el *champion* y el líder del proyecto.

Según, Herrera y Fontalvo (2011) los pasos para implementar esta primera etapa son:

1. A través de un diagnóstico preliminar, la organización debe conocer e identificar las áreas susceptibles de mejora, definir las metas, objetivos y alcance del proyecto (ver cuadro 1).
2. Se debe identificar y evaluar la percepción, tanto de los clientes activos como de los potenciales, para mantener una respuesta acorde con sus necesidades y expectativas en todo cuanto se refiere a la fiabilidad del producto, impacto ambiental, disponibilidad, tiempo de entrega, costo y seguridad comprender las necesidades y expectativas de los clientes es un elemento fundamental para el éxito de una organización.
3. De acuerdo con el análisis realizado en el diagnóstico, se seleccionan los proyectos potenciales y se estiman los ahorros, el alcance razonable de tiempo que cada uno genera.
4. La caracterización de los procesos (ver cuadro 2) es de suma importancia para comprender que caracterizar el proceso radica en comprender cada una de las fases o de las diversas actividades que lo conforman, pues de ella depende el grado de confiabilidad del análisis para la toma de decisiones.
5. Selección del Líder y el equipo del Proyecto: el líder debe ser un empleado de la organización con conocimientos y experiencia en el área involucrada en el proyecto, con una comprensión suficiente de la filosofía

Seis Sigma y la aplicación de las diversas herramientas que exige el DMAMC, y lo más importante es la capacidad para transmitir al equipo sus ideas, motivaciones y encausarlo hacia los resultados que la organización espera del proyecto.

Los miembros restantes del equipo son seleccionados con base en la experiencia y el conocimiento del área implicada. (p. 9-10)

Entonces, en esta etapa las herramientas que pueden ser útiles son diagramas de flujo o mapeo de procesos, también las que el *champions* y el líder consideren aplicables para la definición de la situación. La segunda etapa de DMAIC es la medición, que detallan Gutiérrez y de la Vara (2009) como: “fase de DMAMC, donde se entiende y cuantifica mejor la magnitud del problema. Además, se debe mostrar evidencia de que se tiene un sistema de medición adecuado” (p.428). Es importante extender las dos maneras de medición según DMAIC. Herrera y Fontalvo (2011) indican que:

La organización debe planificar e implementar procedimientos de seguimiento con el propósito de validar la información que toma del proceso, como la medición y evaluación del producto, la capacidad del proceso, los indicadores de gestión del proyecto y la satisfacción de los clientes externos e internos.

La filosofía de SEIS SIGMA posee un enfoque basado en procesos. Es imperativo entonces tomar la información de las fases que componen esta estructura. Las áreas en las cuales se debe tomar información son el área de entrada al proceso, el área que integra las distintas actividades del

proceso, el área de salida del proceso y el área de satisfacción del cliente.

(p.16)

Los mismos autores describen la segunda manera de medir como:

(...) se debe definir la medida del nivel SEIS SIGMA en la organización, que expresa la variabilidad del proceso con respecto a las especificaciones establecidas por la organización o los requerimientos de los clientes. Esta medida se realiza mediante una tabla de información que muchos autores toman como base para establecer la medida de desempeño de la organización. (Herrera y Fontalvo, 2011, p.17)

La tercera etapa de la metodología es analizar. Al respecto, Gutiérrez y de la Vara (2009) la definen como:

La meta de esta fase es identificar la(s) causa(s) raíz del problema (identificar las X vitales), entender cómo es que éstas generan el problema y confirmar las causas con datos. Entonces, se trata de entender cómo y por qué se genera el problema, buscando llegar hasta las causas más profundas y confirmarlas con datos. Obviamente, para encontrar las X vitales primero es necesario identificar todas las variables de entrada y/o posibles causas del problema. (p.428)

De esta manera, un vez Identificado el problema, se debe pasar a la siguiente etapa conocida como Mejorar o Incrementar, que Chase et al. (2009) señalan la comprenden los siguientes pasos:

- Identificar los medios para eliminar las causas de los defectos.
- Confirmar las variables clave y cuantificar sus efectos en las características cruciales para la calidad.
- Identificar los márgenes máximos de aceptación de las variables clave y un sistema para medir las desviaciones de dichas variables.
- Modificar los procesos para estar dentro de los límites apropiados. (p.315)

Y por última, la etapa de Control es definida por Herrera y Fontalvo (2011) de la siguiente manera:

Esta etapa permite verificar la efectividad y la eficacia de los diversos cambios que sufre el proceso no a través de las diversas etapas de mejora. Es indispensable entonces definir unos indicadores que nos muestre el nivel de desempeño de la organización. Las ciencias estadísticas permiten utilizar un sinnúmero de aplicaciones para conocer el estado de un proceso bajo los eventos que ofrece la información recolectada en la organización. Entre los métodos o procedimientos aplicados para realizar el control a un proceso se encuentran herramientas tales como los Gráficos de Control Univariada por variables y Capacidad del proceso; las anteriores herramientas son aplicadas cuando las variables son cuantitativas, Gráficas

Univariadas por atributos cuando las variables son cualitativas, las Gráficas de Control Multivariadas y el Diseño de Experimentos. (p.48)

Para que las mejoras se mantengan en el tiempo, es necesario establecer un sistema de control con la intención de:

- Prevenir que los problemas que tenía el proceso no se vuelvan a repetir (mantener las ganancias).
- Impedir que las mejoras y conocimiento obtenido se olviden.
- Mantener el desempeño del proceso.
- Alentar la mejora continua.

De acuerdo con lo anterior, se deben acordar acciones de control en tres niveles: proceso, documentación y monitoreo (...) (Gutiérrez y de la Vara, 2009, p.430)

2.3 Marco conceptual referente al impacto de un proyecto

La industria de los explosivos busca entregar un producto que facilite la extracción de materiales de manera eficiente y segura, lo que hace por naturaleza, un campo sumamente competitivo. Según este principio, las emulsiones a granel han ganado mercado en comparación a las emulsiones encartuchadas, esto convierte al Hydrox S en un producto altamente cotizado en la industria de la extracción.

Por esta razón, Hydrox S posee ventajas sobre la emulsión encartuchada, ya que no es una emulsión sensible, lo que significa que carece de presencia de oxígeno y la detonación no es posible hasta que se le añada algún agente sensibilizante, lo cual se hace en el sitio por detonar, esto permite que el riesgo por explosión durante el transporte del producto sea nulo. No obstante, como todo oxidante, sigue siendo peligroso por su grado de inflamabilidad y reactividad.

Por lo anterior, se debe puntualizar cuales son los beneficios de la realización del presente proyecto para Industriales Austin de Costa Rica a corto, mediano y largo plazo. Ya se ha elegido la metodología DMAIC para la ejecución de dicho trabajo, por lo que las primeras etapas serán parte de los impactos a corto plazo que serán observables para el grupo gerencial de la compañía. Igualmente, definir cuál es el problema que impide que se cumpla con la demanda estimada proyectada del producto será la primera ventaja de la ejecución de proyecto, esta se alcanza tomando en cuenta la experiencia de los que están inmersos directamente en el proceso; como lo indica Bravo (2009):

Los participantes del proceso son los que mejor saben cómo describir y mejorar el proceso, porque “están en terreno”. Debe ser una labor continua. Por lo tanto, se puede afirmar que la descripción de los procesos ya deja a las personas más preparadas que antes y a la organización en mejores condiciones para cumplir su misión. (p.84)

Posteriormente, en la etapa de Medición busca el extraer información valiosa del proceso productivo: “Medición del nivel de desempeño del proceso al iniciar el

proyecto, por lo general en términos de las métricas.” (Gutiérrez y de la Vara, 2009, p.452) Se debe hacer hincapié en registrar la información que sea referente al proceso y pueda emitir datos íntegros y relevantes para la toma de decisiones.

También, en la etapa de Análisis se debe identificar, a través de la información recolectada, todas las posibles variables o causas del problema anteriormente definido. En esta es donde se utilizan variadas herramientas ingenieriles para determinación de problemas, tales como Pareto, Ishikawa, lluvias de ideas, mapeo de procesos, los cinco porqué, entre otros. Además de identificar las posibles causas, es imprescindible conocer el porqué de su ocurrencia. Luego de concluido el análisis, la compañía lleva ventaja sobre la situación, es aquí donde posee la o las respuestas a la gran pregunta de por qué no puede cumplir con la demanda de Hydrox S. Según el Centro de Innovación y Desarrollo Empresarial [CIDEM] (2004), la etapa de análisis debe enfocarse en: “...en los parámetros importantes, determinar los factores potenciales, valorar la influencia de cada factor” (p.63). Por tanto, una vez completado esto, es posible continuar con la etapa esperada por el cuerpo gerencial, Mejorar.

Seguidamente, la etapa de Mejorar pretende implementar actividades o cambios que mitiguen el problema ya definido. Es la más anhelada y lo que permite la realización del proyecto, ya que lo que siempre se busca es la solución a lo que genera la improductividad, como se planteó al inicio de este trabajo de investigación, Industriales Austin no es capaz de hacerle frente a un aumento de la

demanda de Hydrox S. Las mejoras que aquí se propongan deben ser capaces de generar un incremento en la producción de la emulsión a granel para abastecer a los consumidores de Panamá y Nicaragua. Aquí se espera obtener mejoras que mantengan a la compañía en el mercado y este será el principal beneficio, el cual se podrá obtener a mediano plazo. Para ello es indispensable contar con una estrategia de cambio que explica Bravo (2009) es:

Es vital contar con las definiciones que aporta la estrategia para lograr el rediseño de procesos. Es un insumo indispensable.

Hoy, el rol de la estrategia permite que la organización sea receptiva al cambio, con flexibilidad e innovación.

Ayuda a obtener una visión de los verdaderos intereses de los clientes y a definir los cursos de acción para atenderlos. Lo más vital es tener una propuesta de valor para los clientes que mueva hacia la acción.

Todos los participantes del proceso deben tener claridad sobre los objetivos, resultados y propósito del proceso, definiciones que deben estar alineadas con el resto de la organización. (p. 95)

Por último, determinar cómo mantener las mejoras corresponde a la etapa de Control. Aquí se deben fijar herramientas que permitan controlar las variables que generan el problema que se desea eliminar. Todo esto requiere un alto nivel de compromiso de la gerencia y los involucrados con las mejoras establecidas, así como el uso de herramientas que permitan determinar si la mejora funciona. Se debe prevenir a toda costa la reaparición del problema, manteniendo el

desempeño en las operaciones: “Mejoras sostenibles, definir las tolerancias, capacidad y control de procesos” (Centro de Innovación y Desarrollo Empresarial [CIDEM], 2004, p.63) Esto es lo que, a largo plazo, le permitirá a la compañía, ser competitiva en su sector, así como también alcanzar un excelente ambiente laboral, pues estos proyectos hacen sentir a los colaboradores incluidos y con sensación de satisfacción al ver que la empresa está encaminada en mejora continua lo que, a la postre, da una sensación de estabilidad laboral.

2.4 Antecedentes de teorías o proyectos: resultados de experiencias anteriores, similares o diferentes

2.4.1 Autores consultados: coincidencias o discrepancias

La ventaja del Hydrox S sobre otros productos es considerable, en este caso Vilela (2014) realiza una comparación económica entre emulsiones a granel para sustentar el ahorro al utilizar ANFO Pesado 73:

Es viable el reemplazo de las mezclas de ANFO Pesado 46 y 64 a base de emulsión matriz por el ANFO Pesado 73 a base de emulsión gasificable llevado a sus densidades similares, debido a las siguientes ventajas:

- Se reduce sustancialmente la generación de humos nitrosos, inclusive en presencia de agua, siendo esta característica muy importante en términos de seguridad, medio ambiente y productividad.
- La mayor proporción de emulsión (70%) brinda mayor resistencia a flujos de agua dinámica que dañan físicamente el explosivo. Esta característica le permite permanecer hasta 72 horas en el taladro confinado.
- Es más económico. En el reemplazo del HA-46 matriz hay un ahorro de \$6.7 a \$8.6 por taladro; y en el reemplazo del HA-64 matriz hay un ahorro de \$10.6 a \$15.9 por taladro. (p. 63-64)

El ANFO Pesado 73 es una emulsión a granel fabricada por la compañía EXSA, producto que posee las mismas propiedades que Hydrox S y eso lo convierte en válida coincidencia para presentar en el presente estudio, ya que ambas son emulsiones gasificables mediante un ácido y un oxidante fuerte. Cabe mencionar que los datos presentados por Vilela sobre el ahorro generado son meramente representativos, en comparación a las otras emulsiones, ya que por la naturaleza del negocio los datos reales no pueden ser presentados.

En cuanto a la utilización de emulsiones gasificadas, como el Hydrox S, tiene otras ventajas a parte de la que acabamos de mencionar, sin embargo, se debe prestar gran importancia a su densidad. Al respecto, Medina (2014) indica lo siguiente:

Se debe mencionar que esto es muy importante cuando se está usando una emulsión explosiva gasificada, para asegurar que la densidad de la columna explosiva en la parte inferior del taladro es menor que la densidad crítica de la emulsión; para un diámetro de taladro que se está usando.

Si la densidad de la columna explosiva incrementa demasiado, la velocidad de detonación disminuye; requiriendo el uso de *boosters* que produzcan mayor presión de detonación (P2); y podrían producir gases del color anaranjado, indicando una reacción incompleta. (p. 101-102)

Según Romero (2009) , otros beneficios de las emulsiones a granel que las hacen muy cotizadas son:

Alta resistencia al agua

Alta seguridad por ser un agente de voladura, presenta un mínimo riesgo de detonación por el impacto-choque-combustión-fricción-chispa.

Bombeable al fondo del barreno para máxima densidad y eficiencia.

Cargado mecanizado, se obtiene un cargado rápido y seguro en grandes cantidades de producto, con el empleo de menor cantidad de personas en comparación con los métodos tradicionales.

Facilidad de mezcla, con Anfo para formar Anfo pesado (ANEMUL 100).

Ausencia de Infraestructura de almacenamiento, ya que las emulsiones a granel se entregan directamente en el sitio de utilización (banco).

La carga a granel asegura el llenado completo de los barrenos.

Seguro, fácil de almacenar, no es sensible al detonador.

La carga a granel reduce costos por la expansión de los parámetros de perforación. (p.52)

Asimismo, La importancia de las materias primas utilizadas en la fabricación de Hydrox S juegan un papel primordial para entender la rentabilidad del producto y la urgencia por mantener la emulsión en el mercado, para ello se extienden datos de

un país suramericano con amplia industria minera; así sustentando la apertura de una planta productora de nitrato de amonio, materia prima de mayor porcentaje para la fabricación de Hydrox S.

Mori y Canchucaja (2011) indican que:

En la actualidad las empresas que producen ANFO en el Perú para la industria minera importan su materia prima casi en su totalidad (90%), ya que el único proveedor local es la empresa Cachimayo S.A. del Grupo Gloria; es por esto que el desarrollo de la Industria Petroquímica será en el Perú sostenible, donde se atenderá el mercado nacional y además mercados extranjeros de la región. En el Perú hay tres grandes empresas que se dedican a la producción de nitrato de amonio grado ANFO:

- FAMESA S.A. (Lima, Chancay, Salaverry, Iquique-Chile)
- DYNO NOBEL - SAMEX S.A. (Lima y Arequipa)
- EXSA S.A. (Lima, Tacna y Trujillo)

La empresa Orica Mining Services Perú S.A. y Enaex S.A. son los accionistas de la empresa Dyno Nobel - SAMEX S.A., la cual representa los mayores volúmenes de exportación de nitrato de amonio con 66% en cantidad en el 2009 y 54% en el 2010. (p.36)

Actualmente, Industriales Austin de Costa Rica también importa sus materias primas, específicamente el nitrato de amonio que viene desde Rusia, esto porque la demanda de sus productos no justifica la necesidad tener una opción nacional para la compra de nitrato de amonio. Además, posee gran capacidad de

almacenamiento para su materia prima y no sufrir un desabastecimiento, según la programación de la producción. Sin embargo, se puede observar en la cita anterior, las exigencias de un mercado minero amplio en Perú.

Es importante mencionar que, en innovación, para el mercado de extracción de materiales, mediante el uso de explosivos, existe aporte de países cercanos con gran industria minera como Chile, Perú, Ecuador y México. Cabe destacar que en Costa Rica el mercado de extracción con uso de explosivos es muy limitado y también es poco el uso de estos productos en proyectos de construcción, por lo que no existen investigaciones nacionales relacionadas al tema.

Al respecto, Jara (2000), brinda una breve explicación de cómo se produce la emulsión básica:

La preparación de la emulsión básica es a partir de una fase acuosa oxidante, una fase orgánica reductora y un agente que sirve de emulsificante.

Consta la fase oxidante acuosa de una solución de sales inorgánicas en agua. Entre las sales predomina el nitrato amónico, y se disuelven en agua por medio de agitación y calefacción, formando una solución concentrada y caliente de 80 a 90 °C de temperatura.

En la fase orgánica reductora suelen estar presentes gasóleo, parafinas y otros aceites minerales, a los que se adicionan los agentes emulsificantes.

Las dos fases que son dosificadas en proporciones adecuadas, se bombean a un agitador donde se prepara una emulsión grosera. En este proceso se produce una rápida agitación de fuerzas de cizalladura elevadas que rompen la interfase de los líquidos inmiscibles, formando gotas de la fase acuosa que se dispersan en la fase oleosa, que forma la fase continua. La operación puede producirse en forma discontinua o por medio de un mezclador continuo. (p.46)

Una vez fabricada la emulsión es bombeada a la cisterna que la transportará hacia su destino final. Es importante mencionar que la inversión para plantas de fabricación de explosivos a granel representa una gran inversión. En relación con esto, Pearton (2014) explica que:

Si bien los sistemas de explosivos bombeables a granel pueden ofrecer una reducción del costo directo de los explosivos, la logística y los requisitos de almacenamiento y permitir mayores niveles de eficiencia durante todo el ciclo minero, se requiere capital inicial para la adquisición de equipos de carga y almacenamiento. Para justificar el aumento del gasto de capital necesario para la implantación del sistema de emulsión, es necesario lograr un nivel adecuado de utilización de los equipos para compensar los costos ocasionados por la implementación del sistema. (p. 356).

“Por consiguiente, se concuerda con el anterior autor en los beneficios que ofrecen las emulsiones a granel como Hydrox S, también es sabido que la inversión para

mejorar el proceso productivo podría ser grande, sin embargo, dada la demanda del producto, es posible una inversión justificada. Cabe mencionar que fue consultada bibliografía relacionada a la industria de los explosivos y no se cuenta con referencias sobre investigaciones aplicadas al proceso productivo de emulsiones a granel.

CAPITULO 3:
MARCO METOLÓGICO

3.1 Metodología para la identificación del problema

La identificación del problema de estudio se realiza mediante una entrevista con la Gerencia General de IACR, donde se expone la necesidad de crear mejoras al proceso de fabricación de Hydrox S. Mediante la figura N°3 se entiende la necesidad detallada por la compañía y se lleva a cabo un diagrama SIPOC donde se comprenden los aportes de los subprocesos de fabricación que influyen en la productividad del proceso completo, la identificación de materias primas e insumos utilizados, parámetros de control y funciones para hacer cada uno de ellos. Al dividir la fabricación de Hydrox S en tres etapas; fabricación de ANSOL, de RDT 8.2 y la preparación de Hydrox S como tal, se usan diagramas de Ishikawa que permiten evidenciar las necesidades de mejora en cada etapa, lo cual hace que este sea un método válido para DMAIC. En la figura N°5 se observa un diagrama Gantt con lo requerido para esta metodología de identificación.

Figura 5: Diagrama Gantt de metodología de identificación

Actividad	Semanas	
	1	2
Entrevista con IACR		
Acceso a información de histórico de ventas de Hydrox S		
División del proceso de Hydrox S		
Elaboración de diagrama SIPOC		
Elaboración de diagramas de Ishikawa		

Fuente: La Autora, 2017

3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto

Luego de la identificación de subprocesos se debe realizar una medición de las variables que, para este proyecto, son necesarias para extender un estado de la situación actual.

Por lo tanto, es necesario medir los tiempos de las operaciones que conllevan a la fabricación de Hydrox S, con el fin de crear una ruta crítica que permita obtener el tiempo requerido para preparar una unidad de la emulsión, esto se ejecuta mediante un diagrama PERT y el cálculo de la ruta crítica.

Dado que se decide dividir en fase oxidante, aceitosa y mezclado para Hydrox S, el proceso general, se deben cuantificar los tiempos de producción para obtener datos de la situación inicial de las fases. En la figura N°6 se detalla el cronograma de esta metodología.

Figura 6: Diagrama Gantt de metodología para medición

Actividad	Semanas	
	1	2
Elaboración de diagrama PERT y Ruta Crítica		
Cuantificar tiempos de producción de ANSOL, RDT 8.2 y Hydrox S		

Fuente: La Autora, 2017

3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio

Posterior a la medición de los subprocesos y la identificación de los puntos de mejora, se deben seleccionar las mejoras a implementar, las cuales están clasificadas como tipo A, si requiere una inversión económica que supera los \$2000 o tipo B si es una inversión menor a dicho monto. La selección estará a cargo de un comité que votará para su puesta o no en marcha. El orden de ejecución de las mejoras escogidas será establecido mediante diagramas de priorización. En la figura 7 se observan las actividades para esta metodología y su tiempo estimado de duración.

Figura 7: Diagrama de metodología de propuesta

Actividad	Semanas	
	1	2
Enlistar propuestas de mejora		
Seleccionar las mejoras a implementar mediante votación del comité		
Priorizar implementación de mejoras mediante matrices de priorización		

Fuente: La Autora, 2017

3.4 Metodología para la implementación del proyecto

Una vez aprobadas las propuestas y priorizada su implementación, se procede a dividir dicha implementación de todas las propuestas por periodos. A cada periodo se le llamará etapa de implementación y es en cada una de ellas, donde se asignan los esfuerzos necesarios para su puesta en marcha, tomando en cuenta recurso el económico y humano.

Inicialmente, para propuestas de mejora del tipo A, se procede a su puesta en marcha capacitando al personal correspondiente sobre el cambio y estableciendo un cronograma con las etapas de implementación, con lo cual se procura el impacto mínimo a la operación de la planta en caso de afectar el proceso productivo.

Entonces, para las propuestas tipo B, se notificará de las mejoras en la reunión diaria de producción al inicio del turno. En caso de ser necesario, se solicitará espacio a la jefatura para capacitar al personal correspondiente en las mejoras. En relación con lo anterior, en la figura 8 se muestran las actividades que se requieren para el inicio de la implementación de más mejoras seleccionadas.

Figura 8: Diagrama de metodología de implementación

Actividad	Semanas	
	1	2
División implementación por etapas		
Creación de Diagrama de implementación por etapas		
Puesta en marcha de implementación		

Fuente: La Autora, 2017

3.5 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento, control y seguimiento del proyecto.

El primer método para verificar el funcionamiento de las mejoras implementadas será un análisis de la situación posterior a la puesta en marcha de las mismas, con esto se puede observar si las mejoras generaron el efecto deseado versus la situación inicial. La comparación de la información se representa mediante gráficas, donde se pueda observar el comportamiento de las variables del proceso, los datos que en ella se incluyan deben ser íntegros para poder obtener un comportamiento real en este.

Asimismo, debe crearse un sistema para mantener las mejoras logradas, asignando responsables según sus funciones con respecto al proceso mejorado, con el fin de controlar las variables. Por ende, es necesaria la capacitación de las personas involucradas en las mejoras y un compromiso de la alta gerencia y las jefaturas. Para esto se realizará la actualización y/o creación de documentación que permita dejar la evidencia de una directriz que apoya la puesta en marcha y obliga a la sostenibilidad de la mejora. También es necesaria una propuesta de seguimiento de las mejoras para establecer un método que evalúe la situación de los procesos cada determinado tiempo, para verificar la efectividad de las mejoras implementadas y su sostenibilidad en un lapso. En la figura 9 se detalla la metodología para el control de las mejoras implementadas.

Figura 9: Diagrama de metodología de seguimiento

Actividad	Semanas	
	1	2
Comparación de situación inicial vs actual, mediante diagrama PERT, Ruta Crítica y gráficos de comparativos		
Generación de respaldo documental de las mejoras		
Sugerencia de seguimiento de mejoras		

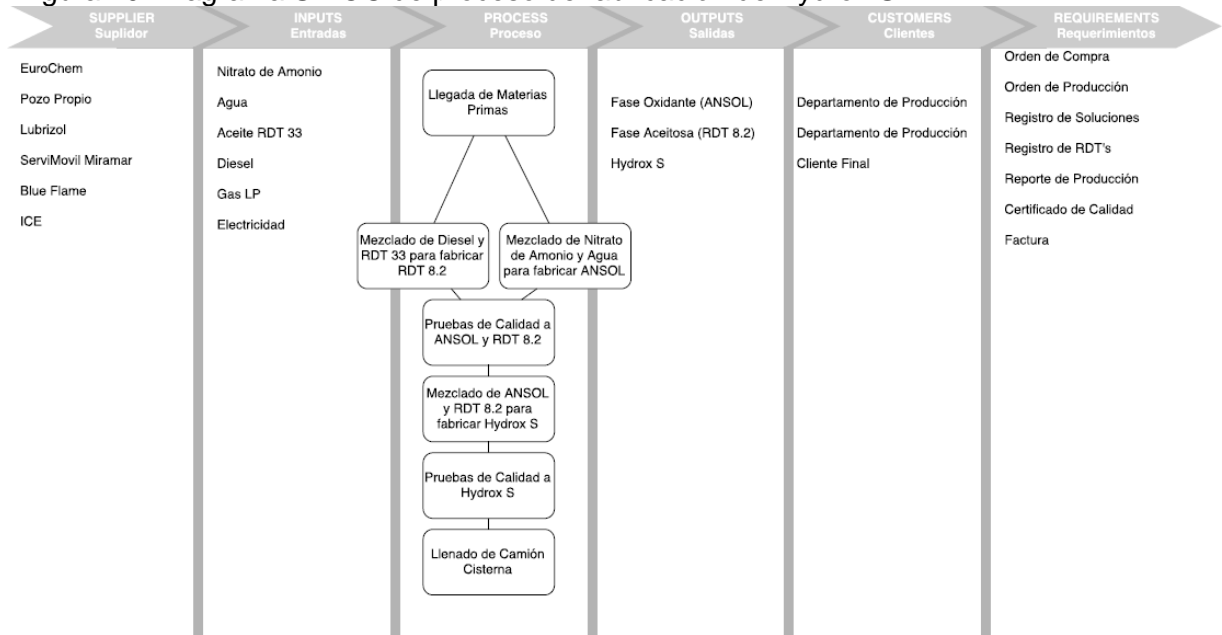
Fuente: La Autora, 2017

CAPÍTULO 4:
LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS

4.1 Diagnóstico de la situación actual

El diagnóstico se realiza en el Departamento de Producción de Industriales Austin de Costa Rica, por lo que se consideran etapas para evaluar a partir de la entrega de materias primas por parte del departamento de Logística e Inventarios hasta que se produce Hydrox S. Para ejemplificar de manera clara las entradas y salidas del proceso de fabricación de dicho producto, se ha seleccionado como herramienta el siguiente diagrama SIPOC, de la figura 10.

Figura 10: Diagrama SIPOC de proceso de fabricación de Hydrox S



Fuente: La Autora, 2017

Para la fabricación de Hydrox S se consideran como entradas al proceso las siguientes:

- Nitrato de Amonio de alta densidad: materia prima clasificada como oxidante y es la base para la fabricación de Solución de Nitrato de Amonio (ANSOL), proveniente de Rusia y fabricado por EuroChem.
- Agua: proveniente de pozo propio y necesaria para la fabricación de Solución de Nitrato de Amonio (ANSOL).
- RDT 33: Emulsificante destilado de petróleo hidrotratado pesado al 100%, necesario para la fabricación de la fase aceitosa (RDT 8.2).
- Diésel: Hidrocarburo líquido necesario para la fabricación de la fase aceitosa (RDT 8.2), importado por RECOPE y provisto a Industriales Austin de Costa Rica por ServiMovil Miramar.
- Gas Licuado de Petróleo: provisto por Blue Flame y necesario para la puesta en marcha de equipos.
- Electricidad: provisto por ICE y necesaria también, para el funcionamiento de equipos.

Como salidas del proceso se obtiene:

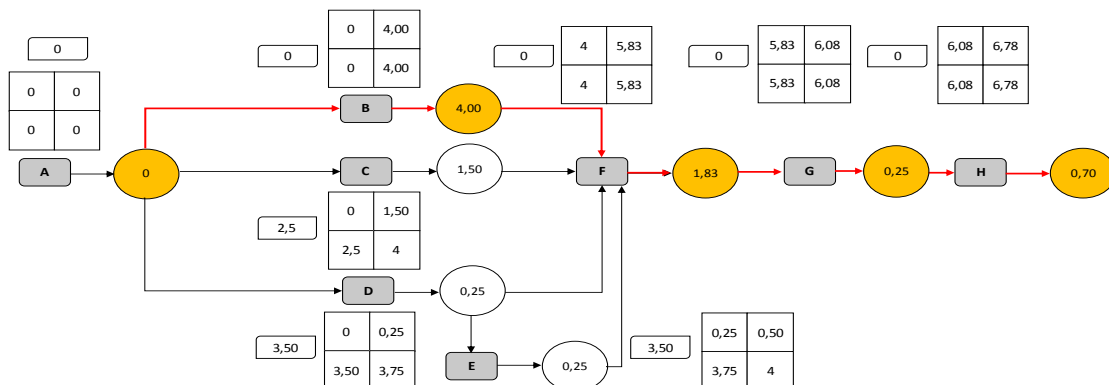
- Fase oxidante: También llamada ANSOL (Solución de Nitrato de Amonio) compuesta por de nitrato de amonio y agua.
- Fase aceitosa: Llamada RDT 8.2 compuesta por el emulsificante y el diésel.

- Hydrox S: mezcla entre la fase oxidante y la aceitosa, producto que es comercializado únicamente en 20 500 kg cargados a granel en cisternas.

De esta manera, el proceso productivo inicia cuando llega al departamento de producción una orden de fabricación para un cisterna cargado con 20 500 kg con Hydrox S. Esta actividad para la presente investigación, posee un tiempo de cero, pues la orden es preparada por el departamento de Logística y las operaciones de este departamento están fuera del alcance del proyecto. A continuación, se presenta un diagrama Pert que indica las actividades necesarias para la producción de Hydrox S (Ver figura 11).

Figura 11: Diagrama PERT de proceso de fabricación de Hydrox S

Clave	Actividad	Predecesor	Tiempo Esperado
A	Orden de Producción	N/A	0,00
B	Preparar Ansol	N/A	4,00
C	Preparar RDT 8.2	N/A	1,50
D	Colocar Cisterna	N/A	0,25
E	Conectar Manguera	D	0,25
F	Llenado de Cisterna con Hydrox S	B, C, D y E	1,83
G	Desconectar Manguera	F	0,25
H	Reporte de Produccion y preparado de Cisterna para despacho	F	0,70



Fuente: La Autora, 2017

Según el diagrama anterior, la ruta crítica para entregar un camión con Hydrox S comprende 6.78 horas de preparación. Se puede detallar a través del diagrama que la ruta crítica del proceso considera las etapas B, F, G y H como las rutas que no pueden poseer retrasos, ya que no tienen holgura. Por consiguiente, si se logra reducir el tiempo de la ruta crítica, se generaría un aumento en la productividad del proceso. Los tiempos esperados indicados en la figura 11 son los establecidos por el departamento de Producción para la realización de las actividades y poseen un 16% de variabilidad según lo indica la compañía.

4.1.1 Situación actual de la fase oxidante: ANSOL

El nitrato de amonio es un oxidante que se utiliza para la fabricación de Hydrox S, ya que, en combinación con un hidrocarburo, se forma una matriz para la fabricación de explosivo en sitio. Por lo tanto, la fase oxidante es solamente nitrato de amonio disuelto en agua para generar una solución que es introducida a un tanque para mezclarse con la fase aceitosa. Igualmente, el nitrato de amonio utilizado para la fabricación de ANSOL es sometido a pruebas de calidad por el departamento de Control de Calidad para comprobar que el producto cumpla con las características requeridas, las cuales se describen en la tabla 1.

Tabla 1
Características a inspeccionar en el Nitrato de Amonio

Características Cualitativas			
Ítem	Especificación	Método de Análisis	
Color	Blanco	Inspección visual	
Apariencia	Granos (Prills)	Inspección visual	
Emulsificación	Homogénea	Inspección visual	
Agente antiaglomerante	-	Indicado por el proveedor	
Características Cuantitativas			
Ítem	Rango de Aceptación		Método de Análisis
	Mín.	Máx.	
Pureza	98%		Contra certificado de calidad
% Humedad	-	1,00%	Gravimétrico indirecto por desecación en estufa
Magnesio (MgO)	-	0,35%	Titulación
Hierro (Fe)	-	0,01%	Titulación
Cloruro (Cl ⁻)	-	0,10%	Titulación
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	-	0,10%	Titulación
Nitritos (NO ₂ ⁻)	-	0,02%	Contra certificado de calidad
Características Cuantitativas			
Ítem	Rango de Aceptación		Método de Análisis
pH (10 % solución)	5	7	Potenciométrico

Fuente: IACR, 2016

Por motivos de confidencialidad, el departamento de Control de Calidad no facilitó los resultados de las pruebas al nitrato de amonio, sin embargo, indican que, durante un periodo de un año, no se ha rechazado ningún lote de nitrato de amonio por no cumplir con los parámetros de calidad establecidos.

Por otra parte, Industriales Austin posee un tanque con capacidad para producir 45 000 kg de ANSOL, pero no se llena a más de 38 000 kg de solución, esta es una regla que no posee respaldo teórico, no obstante, indican los encargados del proceso que esta norma se toma para evitar que el tanque se rebalse y así, poder reformular en caso de que la concentración de nitrato de amonio no sea la ideal y se necesite agregar agua para enfriar el tanque.

Del mismo modo, este tanque está sobre celdas de carga que permiten controlar con exactitud el peso que hay en él, no así se en el tanque donde se fabrica Hydrox S, por lo que la dosificación no es exacta a la que indica la fórmula.

Por ende, la fase de oxidante para la fabricación de Hydrox S corresponde a un 92.5% del producto terminado, esto quiere decir que para hacer 20 500 kg de Hydrox S son necesarios 18 962.5 kg de ANSOL. Por lo tanto, IACR solamente tiene capacidad para elaborar dos cisternas continuas por su capacidad de almacenamiento y tiempo de producción de la fase oxidante. Los parámetros de control para la producción de solución de nitrato de amonio se describen en la tabla 2.

Tabla 2
Parámetros de control para ANSOL

PARÁMETROS DE CONTROL	
Concentración de Nitrato de Amonio (%)	80 – 82
Temperatura de Cristalización (°C)	56,8 – 63,4
Densidad (g/cm ³)	1,370 – 1,378
Ph	5 – 7
Apariencia	Líquido transparente
Temperatura de Tanque (°C)	80 – 85

Fuente: IACR, 2016

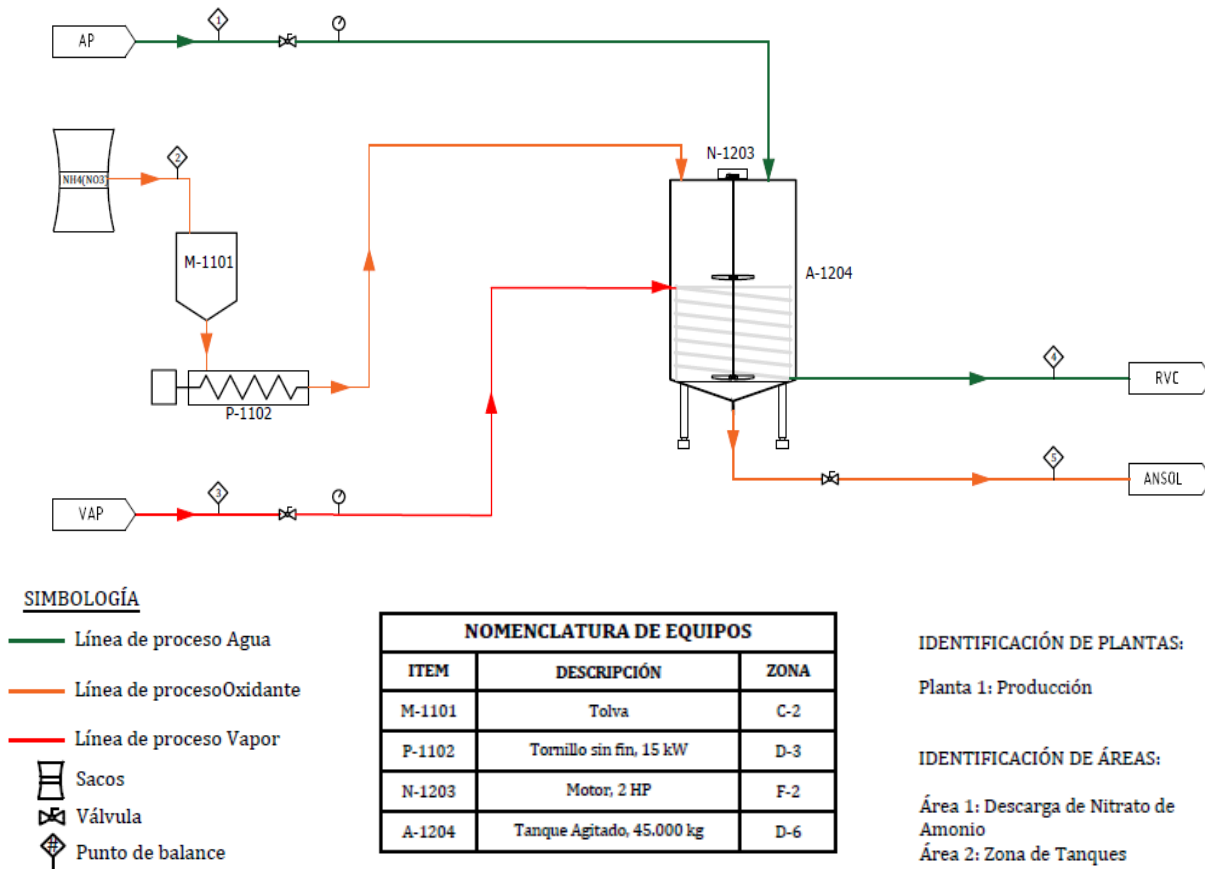
Según la tabla anterior, la concentración indicará el porcentaje de nitrato de amonio en la solución, la temperatura de cristalización indica las temperaturas entre las cuales se puede cristalizar la solución y la temperatura del tanque indica las temperaturas en las que debe mantenerse la solución para garantizar su fluidez hacia el proceso de mezclado para la preparación de Hydrox S.

También, la fabricación de ANSOL deriva una serie de actividades (ver figura 12).

De manera general, las etapas para preparar ANSOL son:

- Agregado de agua al tanque.
- Aumento de la temperatura entre 80°C y 85°C del agua agregada.
- Encendido del agitador del tanque.
- Agregado de nitrato de amonio.

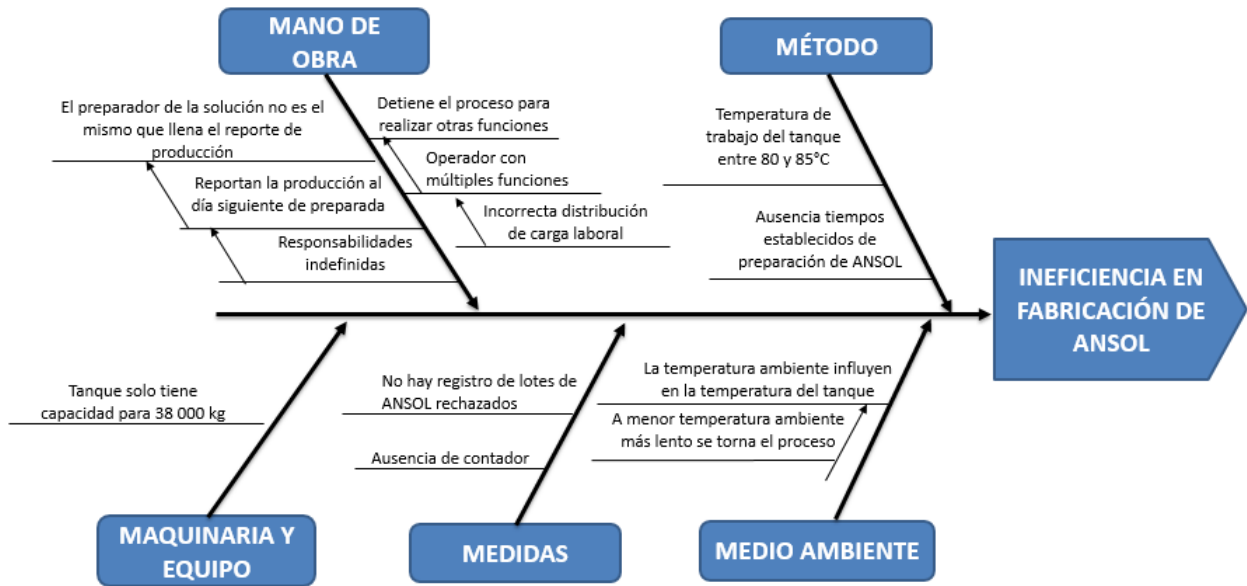
Figura 12: Diagrama de flujo de proceso de fabricación de ANSOL



Fuente: IACR, 2017

Ahora bien, haciendo uso de un diagrama de Ishikawa (ver figura 13), durante el análisis de la situación actual del proceso de fase oxidante, se encontraron las siguientes posibles causas que hacen del proceso de fabricación de ANSOL, un proceso susceptible a mejoras.

Figura 13: Diagrama de Ishikawa para proceso de fabricación de ANSOL



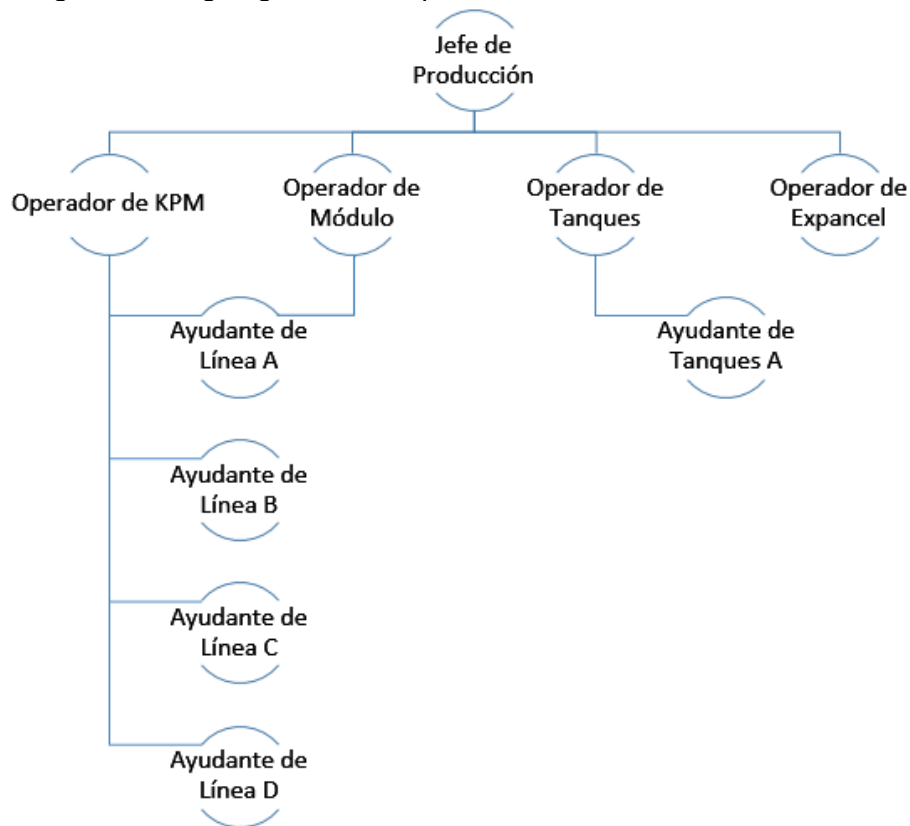
Fuente: La Autora, 2017

En la figura anterior se describen las causas que pueden influir en el proceso de fabricación de ANSOL. Se procede a explicar por categoría, cada causa presente en el diagrama.

4.1.1.1 Mano de Obra

En cuanto a causas de la ineficiencia de la fabricación de ANSOL, está la mano de obra, se necesitan dos colaboradores para elaborar la solución, los cuales, constantemente, son interrumpidos en el proceso para atender otras tareas, lo cual genera tiempos muertos. El departamento de Producción se divide en cuatro subáreas que están descritas en la figura 14.

Figura 14: Organigrama de departamento de Producción



Fuente: La Autora, 2017

De igual forma, el operador de Tanques posee un ayudante, ambos son los encargados de los procesos de preparación de soluciones y aceites. Estos son interrumpidos con frecuencia para apoyar al Operador de Expancel o al Operador de KPM y para esto se debe detener la preparación de ANSOL. En un periodo de observación de una semana (periodo de observación limitado a tiempo permitido por IACR), la interrupción a los colaboradores durante la preparación de la solución se dio en los cinco días de observación, lo que generó tiempos muertos a la tarea de hasta 0.42 horas.

Asimismo, tanto el operador como el ayudante del área de tanques, deben hacer entrega de una boleta que indica el saldo del tanque y la producción de solución que prepararon. Dicha boleta, frecuentemente, es completada un día después de la fabricación de la solución y esto genera pérdida de datos, tales como los números de lote de materias primas, saldos previos a la fabricación del lote de solución incorrectos y horas de producción alteradas. La boleta es el medio que utiliza el departamento de Contabilidad para costear la producción de soluciones por lo que la alteración de la información genera en SAP, diferencias de inventarios de materias primas y solución, así como costos erróneos debido a las horas de producción reportadas incorrectamente. El costo de estas diferencias no fue facilitado por IACR, se estima que supera los \$3000 por mes.

4.1.1.2 Método

No existen tiempos establecidos para la tarea, pues todo se maneja con respecto a los que, por experiencia, dictan los operadores. Se pudo estimar un promedio gracias a los datos de fabricación de ANSOL de octubre 2016 a marzo 2017, donde se promedió el tiempo de duración de preparación de la solución en función de las cantidades reales elaboradas, como se puede observar en la tabla 3.

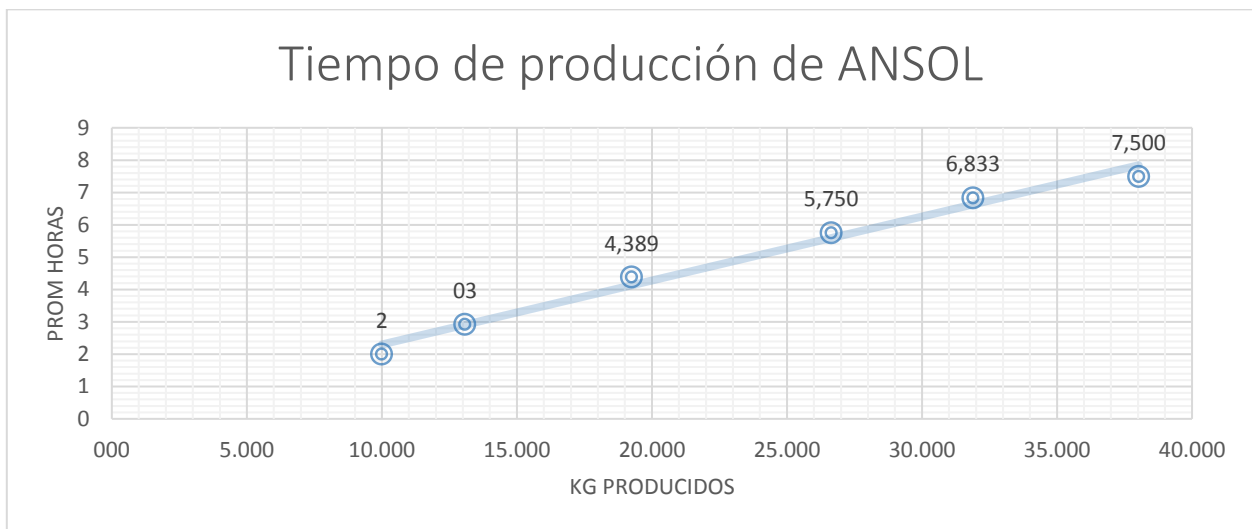
Tabla 3
Promedio de duración de preparación de ANSOL con respecto a la cantidad producida

Fecha	Producto	Kilogramos Producidos	Horas Hombre	Promedio Kilogramos Producidos	Promedio Horas Hombre	Kilogramos/Horas Hombre
11-ene-17	ANSOL	10.000	2	10.000	2	5.000
10-ene-17	ANSOL	10.000	2			
27-oct-16	ANSOL	10.170	2,5	13.080	2,9	4.466
14-nov-16	ANSOL	11.175	2,5			
18-oct-16	ANSOL	13.010	3			
06-ene-17	ANSOL	12.580	3			
09-ene-17	ANSOL	14.010	3			
13-ene-17	ANSOL	15.100	3			
06-dic-16	ANSOL	15.515	3,5			
28-nov-16	ANSOL	16.525	4			
09-dic-16	ANSOL	16.815	4	19.253	4,4	4.387
08-feb-17	ANSOL	16.000	4			
13-oct-16	ANSOL	17.635	4,5			
14-oct-16	ANSOL	20.740	4,5			
17-oct-16	ANSOL	20.090	4,5			
26-nov-16	ANSOL	20.790	4,5			
26-oct-16	ANSOL	20.355	5			
24-nov-16	ANSOL	23.905	5			
18-oct-16	ANSOL	27.245	6	26.640	5,8	4.633
20-oct-16	ANSOL	28.000	6			
26-nov-16	ANSOL	27.410	6			
07-dic-16	ANSOL	30.585	6			
06-oct-16	ANSOL	34.610	7	31.891	6,8	4.667
19-oct-16	ANSOL	30.130	7			
14-dic-16	ANSOL	31.000	7			
15-dic-16	ANSOL	30.020	7			
19-dic-16	ANSOL	35.000	7			
01-feb-17	ANSOL	37.655	7			
07-oct-16	ANSOL	38.150	7,5	38.026	7,5	5.070
21-nov-16	ANSOL	38.325	7,5			
27-ene-17	ANSOL	38.000	7,5			
03-oct-16	ANSOL	38.000	8			
Promedio				23.148	4,90	4.704

Fuente: IACR, 2017

Según los datos arrojados por el análisis anterior, acerca de los lotes de ANSOL fabricados, se puede tener una línea de tiempo estimado de producción, esto para tener datos de la duración de la operación actual de producción de la fase oxidante. El promedio indica que la elaboración de ANSOL se da a 4.704 kg/h. En la figura 15 se puede evidenciar el comportamiento de los tiempos de producción de la fase oxidante versus la cantidad producida.

Figura 15: Tiempo de producción de ANSOL vs cantidad producida

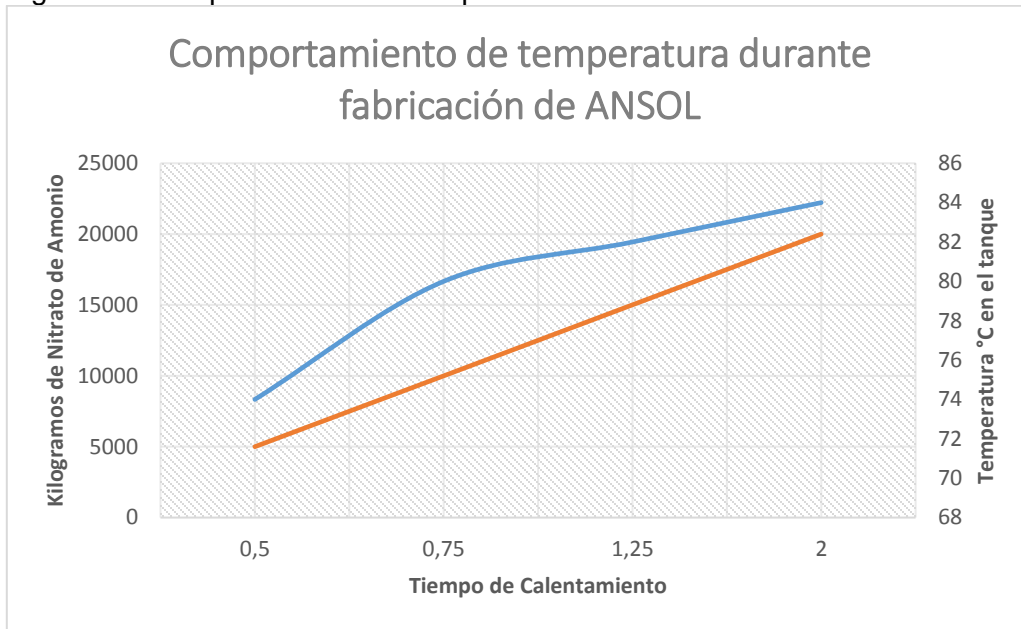


Fuente: La Autora

Por otro lado, según los parámetros de control de fabricación de ANSOL, se debe trabajar el tanque a una temperatura entre 80 y 85°C. Indican los encargados de fabricar la solución, que si el tanque posee solución, la fabricación de más fase oxidante se reduce en su tiempo, pues cuando ese saldo que permanece en el tanque supera el 50% de su capacidad, debe mantenerse a temperatura entre los 80 y 85°C, esto permite un ahorro de tiempo, dado que la temperatura del tanque ya es la idónea. De la elaboración de cinco lotes de ANSOL, para la fabricación de dos lotes se contaba con un saldo superior o igual al 50% de la capacidad del

tanque, sin embargo no fue posible confirmar esta opción por falta de un método de conteo para determinar el tiempo de preparación de la solución. En la figura 16 se muestra el comportamiento de la temperatura durante la fabricación de ANSOL.

Figura 16: Comportamiento de temperatura durante la fabricación de ANSOL



Fuente: La Autora, 2017

Por consiguiente, una de las tareas que generan atrasos en la fabricación de ANSOL es el agregado de nitrato de amonio, dada la temperatura de trabajo del tanque. El oxidante es agregado en cantidades de 1250 a 5000 kg aproximadamente y deteniéndose para verificar que la temperatura del tanque no baje a la de cristalización. Esta tarea requiere de atención y delicadeza, pues si la temperatura desciende a esos valores, la solución se endurecerá, lo cual generará un grave problema en los equipos por obstrucción. Durante un periodo de un año, esto ha ocurrido una vez. Por lo tanto, cada vez que se agrega esa cantidad, el encargado de fabricar la solución, debe esperar para que esta vuelva

a la temperatura recomendada y así repetitivamente hasta agregar la cantidad de nitrato de amonio necesaria para la producción de ANSOL.

Asimismo, una vez finalizada la preparación de la solución, un inspector de Control de Calidad realizará las pruebas para dar el visto bueno de la solución en la producción de Hydrox S (ver tabla 2). En los casos en donde una solución de oxidante no cumple con los parámetros, se procede a reformular y se vuelven a realizar las pruebas de control de calidad, hasta que se aprueba para su uso.

4.1.1.3 Medio Ambiente

La temperatura del ambiente puede afectar la fabricación de ANSOL, a menor temperatura, el proceso de fabricación de ANSOL será más lento, por lo que es necesario establecer las condiciones ideales para poder elaborarlo. Se puede considerar como temperatura promedio de la zona de Esparza los 32°C, temperatura que desciende al caer la noche, posiblemente a los 26°C.

4.1.1.4 Medida

En medida, se pudo constatar que no existe un registro de los lotes de solución que son rechazados, pues cuando se realiza el muestreo y los valores de la medición están fuera de especificación, estos se ajustan agregando más materia prima. En un tiempo de observación de una semana, se tuvo que reformular un lote de cinco lotes de ANSOL que se fabricaron durante ese periodo de tiempo.

Por otra parte, el proceso de fabricación de ANSOL no cuenta con un contador que pueda indicar el tiempo que se demora la operación, los operarios calculan el

tiempo con la hora inicial y final de agregado de materias primas, sin rebajar los tiempos muertos que se generan durante la tarea.

4.1.1.5 Maquinaria y Equipo

Por último, el análisis arroja como otra de las causas, la capacidad del tanque de ANSOL, pues solamente tiene capacidad para 38 000 kg. Esta causa genera mucho impacto en la eficiencia de la fabricación, ya que limita todo el proceso al despacho de dos camiones por día, únicamente.

4.1.2 Situación actual de la fase aceitosa: RDT 8.2

La fase aceitosa corresponde al combustible presente en la matriz, compuesta por un emulsificante llamado RDT 33 y el hidrocarburo (diésel). El departamento de Control de Calidad realiza pruebas de ciertos parámetros para confirmar que las materias primas posean las características ideales para el proceso de producción de RDT 8.2, tal y como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4
Parámetros de Control de Materias Primas para fabricación de RDT 8.2

Parametros de Control de Materias Primas para fabricación de RDT 8.2		
Parametro	Diésel	RDT-33
Densidad (g/cm ³)	0.825 - 0.845	0.895 - 0.935
Viscosidad @100°C (cps)	-	165 - 185

Fuente: IACR, 2016

De esta manera, antes de ingresar al proceso productivo, estos parámetros se revisan con cada lote de materia prima que ingresa. Indica el departamento que los resultados de los análisis realizados son confidenciales, sin embargo, durante un año no se ha rechazado ningún lote de materia prima por estar fuera de los parámetros establecidos.

También, el tanque destinado para la fabricación de RDT 8.2 tiene una capacidad máxima de 6000 kg y la fase aceitosa en el producto final representa un 7.5%, por lo que se requieren 1537.5 kg para fabricar un cisterna de Hydrox S. El tanque de RDT 8.2 se encuentra sobre celdas de carga que muestran el peso exacto de fase aceitosa dentro del mismo. Esto quiere decir que el tanque tiene capacidad para

producir en él, el RDT 8.2 necesario para fabricar tres cisternas cargados con Hydrox S antes de necesitar recargarlo.

Igualmente, los parámetros de control para la fabricación de esta fase son menos rigurosos que los de la fase oxidante, pues el RDT 8.2 se trabaja a una temperatura menor, esto porque no existe riesgo de cristalización de la mezcla, como se puede observar en la Tabla 5.

Tabla 5
Parámetros de Control para fabricación de RDT 8.2

PARÁMETROS DE CONTROL	
Densidad (g/cm ³)	0,845 – 0,855
Temperatura de tanque (°C)	34 – 36

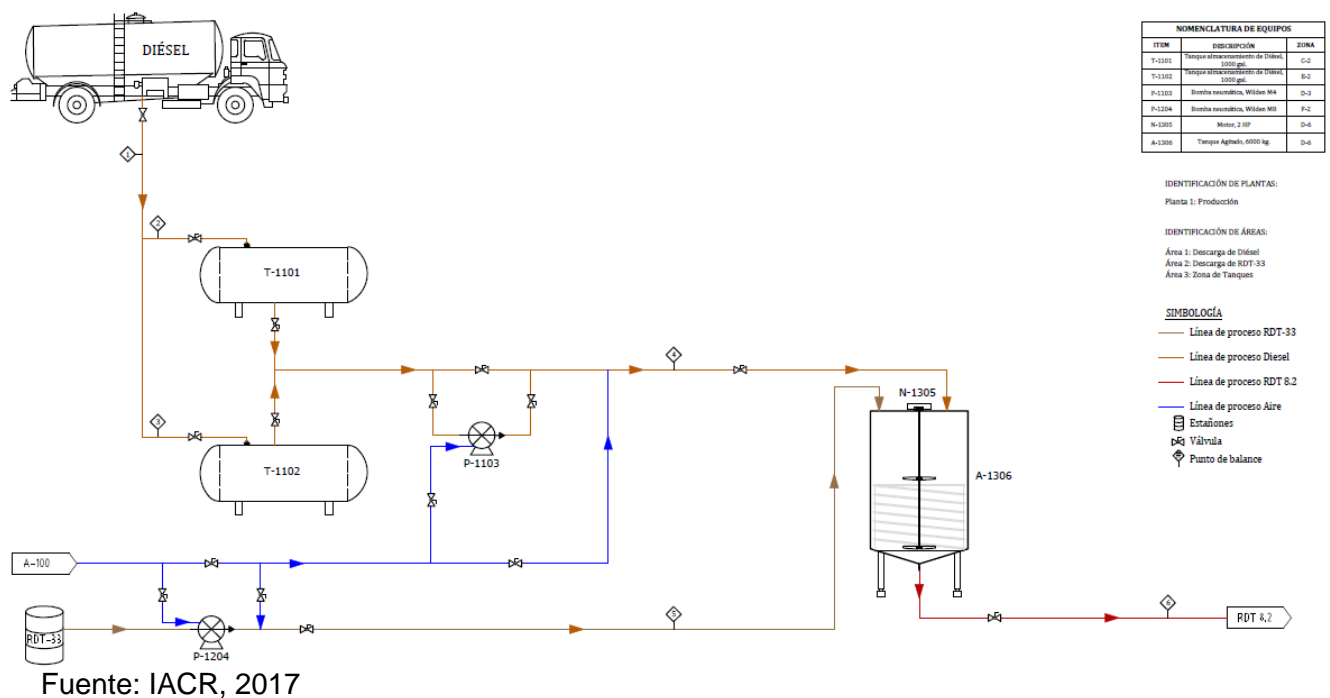
Fuente: IACR, 2016

La preparación de RDT 8.2 consiste en:

- Agregar Diésel
- Encender el agitador
- Agregar RDT 33
- Elevar la temperatura entre 34 y 36 °C

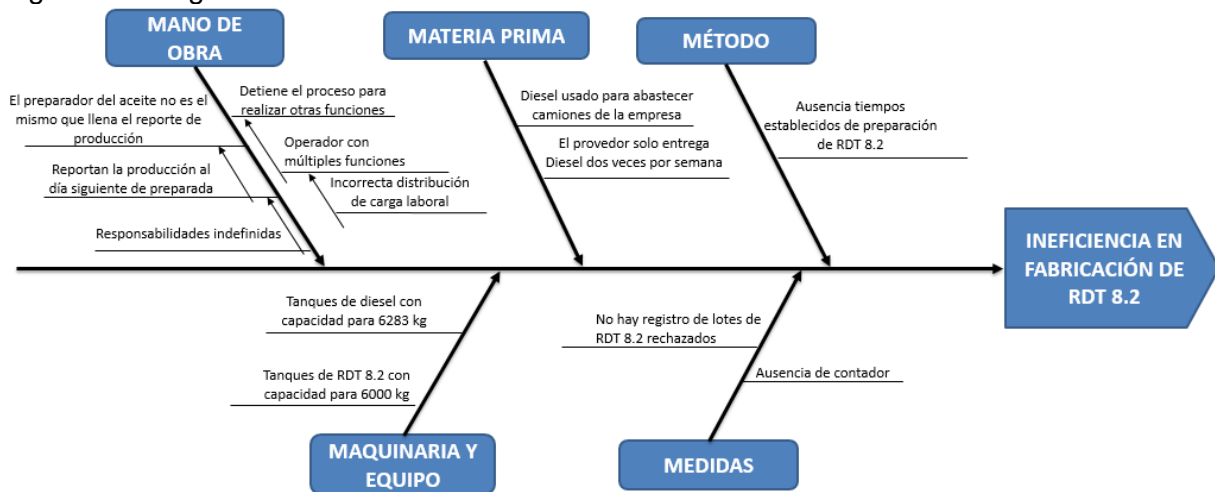
En la figura 17 se puede observar el flujo del proceso de preparación de RDT 8.2. Las materias primas para formar la fase son el RDT 33, importado de Brasil y el diésel, que es suministrado por ServiMóvil Miramar. El diésel representa el 69.7% de la fase aceitosa, lo cual quiere decir que para fabricar 20 500 kg de Hydrox S son necesarios 1 071.6 kg de Diésel.

Figura 17: Diagrama de Flujo de Proceso de Fabricación de RDT 8.2



Mediante un diagrama de Ishikawa se puede mostrar cuáles son las posibles causas que hacen de la fase aceitosa, un proceso susceptible a mejoras. Estos detalles se muestran en la figura 18.

Figura 18: Diagrama de Ishikawa de Ineficiencia en Fabricación de RDT 8.2



Fuente: La Autora, 2017

4.1.2.1 Mano de Obra

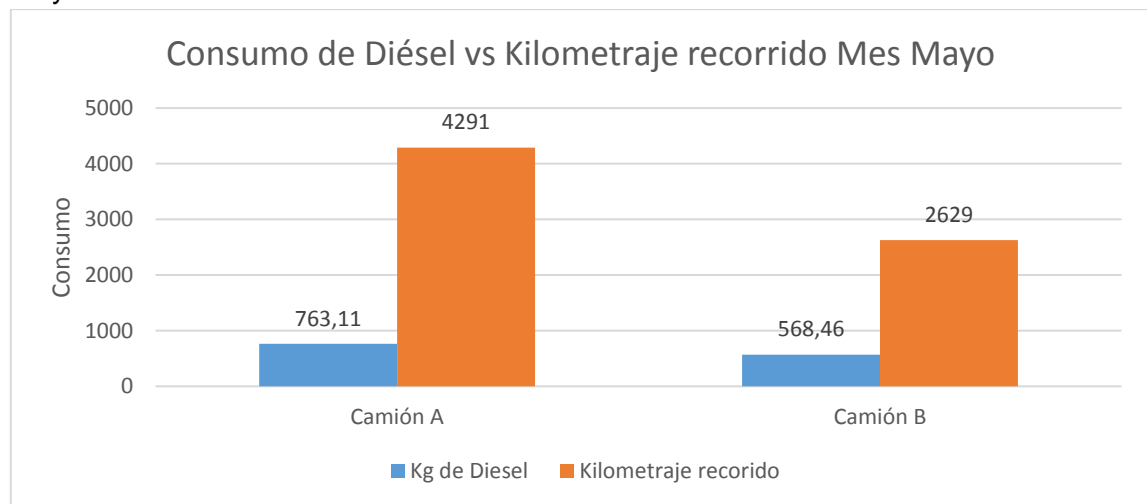
Al igual que en el proceso de fabricación de ANSOL, en la preparación de RDT 8.2, se generan tiempos muertos, pues los operarios detienen el proceso para atender otras tareas. En un periodo de observación de una semana, esto se presentó en la producción de tres lotes y durante ese periodo se fabricaron cinco lotes.

También se pierden datos importantes de la producción del aceite, pues de la misma manera que en la fabricación de la fase oxidante, el reporte de producción del RDT 8.2, frecuentemente se entrega hasta el día siguiente. Esto causa pérdida de datos, tales como, lote de materias primas y horas invertidas en la producción. Durante la misma semana de observación, los reportes de los cinco lotes fueron entregados hasta el día posterior a la producción.

4.1.2.2 Materia Prima

La empresa IACR posee dos tanques para almacenamiento de diésel, cada uno con capacidad de 1000 galones. Esto quiere decir que IACR tiene capacidad para almacenar 6283 kg de diésel, cantidad que equivale a 5.8 cisternas de Hydrox S. Sin embargo, el diésel también es utilizado para abastecer a los camiones de la compañía, por lo que es necesario que ServiMóvil Miramar tenga que recargar de diésel los tanques dos veces a la semana, situación que, en ocasiones, detiene la producción de Hydrox S, ya que el proveedor no puede hacer la entrega del combustible.

Figura 19: Gráfico de Consumo de Diésel vs Kilometraje recorrido del mes de mayo



Fuente: La Autora

De esta forma, dando seguimiento al consumo de diésel durante el mes de mayo, se pudo determinar que, entre los dos camiones que posee la compañía, se consumieron en total 1331,57 kg de diésel, esto indica que el desabastecimiento, en ciertas ocasiones, podría darse por el consumo de los camiones de IACR.

Durante un periodo de observación de dos semanas (periodo de observación limitado a tiempo permitido por IACR). Esta situación se presentó una vez, lo que postergó la producción de Hydrox S por tres horas, hasta la llegada del proveedor para abastecer a la planta de diésel, dato reportado por el departamento de Producción a la Gerencia General en su reporte de labores del mes de abril (reporte no facilitado), lo cual también retrasó la producción de emulsión empacada., tal y como se muestra en la figura 17.

4.1.2.3 Método

De igual forma que en la fase oxidante, los tiempos de esta producción no son cronometrados, por lo que estos poseen un grado alto de variabilidad, pues los tiempos están dictados por la experiencia de cada operador. Se analizaron los datos reportados de fabricación de RDT 8.2 de octubre 2016 a marzo 2017 y se encontró con variación en los tiempos de producción, como se indica en la tabla 6.

Tabla 6

Promedio de duración de preparación de RDT 8.2 con respecto a la cantidad producida

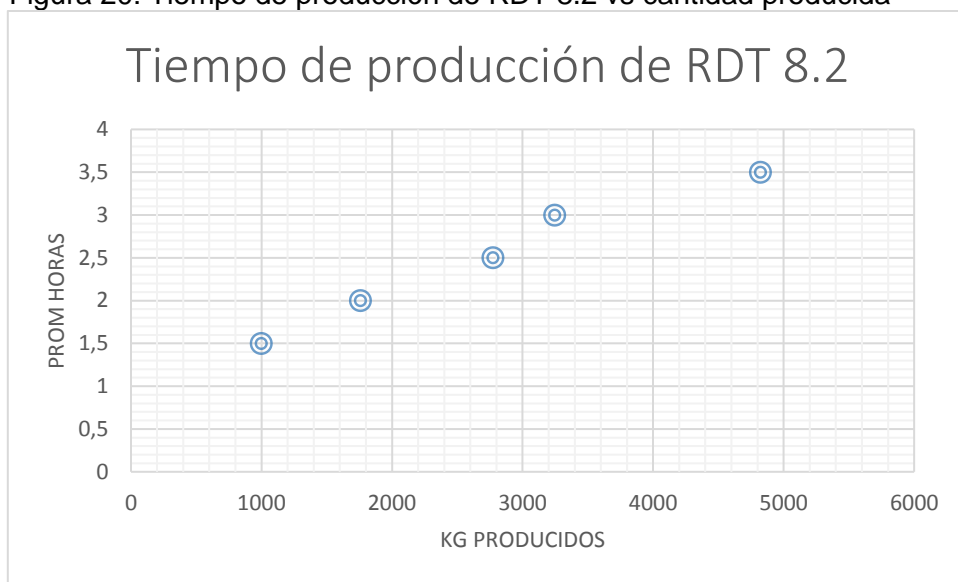
Fecha	Producto	Kilogramos Producidos	Horas Hombre	Promedio Kilogramos Producidos	Promedio Horas Hombre	Kilogramos/Horas Hombre
04-nov-16	RDT 8.2	500,00	0,5	1.000	1,5	667
19-feb-17	RDT 8.2	1.000,00	1,5			
13-mar-17	RDT 8.2	1.148,00	2	1.760	2	880
22-feb-17	RDT 8.2	1.176,00	2			
18-oct-16	RDT 8.2	1.332,00	2			
18-mar-17	RDT 8.2	1.372,00	2			
23-feb-17	RDT 8.2	1.530,00	2			
16-feb-17	RDT 8.2	1.536,00	2			
11-nov-16	RDT 8.2	1.558,00	2			
20-mar-17	RDT 8.2	1.620,00	2			
21-ene-17	RDT 8.2	2.000,00	2			
17-feb-17	RDT 8.2	2.000,00	2			
08-dic-16	RDT 8.2	2.040,00	2			

Fecha	Producto	Kilogramos Producidos	Horas Hombre	Promedio Kilogramos Producidos	Promedio Horas Hombre	Kilogramos/Horas Hombre
17-mar-17	RDT 8.2	2.166,00	2			
19-ene-17	RDT 8.2	2.230,00	2			
05-dic-16	RDT 8.2	2.344,00	2			
16-nov-16	RDT 8.2	2.346,00	2			
26-ene-17	RDT 8.2	2.500,00	2,5			
19-dic-16	RDT 8.2	2.570,00	2,5			
09-mar-17	RDT 8.2	2.674,00	2,5			
15-dic-16	RDT 8.2	2.700,00	2,5	2.776	2,5	1110
26-dic-16	RDT 8.2	2.700,00	2,5			
21-dic-16	RDT 8.2	3.000,00	2,5			
14-feb-17	RDT 8.2	3.004,00	2,5			
20-feb-17	RDT 8.2	3.058,00	2,5			
06-dic-16	RDT 8.2	3.070,00	3			
07-dic-16	RDT 8.2	3.070,00	3			
24-ene-17	RDT 8.2	3.070,00	3			
27-ene-17	RDT 8.2	3.070,00	3			
31-ene-17	RDT 8.2	3.070,00	3			
01-feb-17	RDT 8.2	3.070,00	3			
14-mar-17	RDT 8.2	3.070,00	3			
12-mar-17	RDT 8.2	3.092,00	3	3.249	3	1083
10-ene-17	RDT 8.2	3.100,00	3			
30-ene-17	RDT 8.2	3.100,00	3			
14-dic-16	RDT 8.2	3.200,00	3			
10-mar-17	RDT 8.2	3.220,00	3			
26-nov-16	RDT 8.2	3.260,00	3			
16-dic-16	RDT 8.2	3.501,00	3			
05-mar-17	RDT 8.2	3.888,00	3			
12-dic-16	RDT 8.2	4.132,00	3			
27-dic-16	RDT 8.2	4.400,00	3,5			
21-feb-17	RDT 8.2	4.694,00	3,5	4.824	3,5	1378
01-feb-17	RDT 8.2	5.000,00	3,5			
17-ene-17	RDT 8.2	5.200,00	3,5			
Promedio				2.722	2,50	1.024

Fuente: IACR

Se puede concluir que, en promedio la preparación de la fase aceitosa tiene una duración de 1024 kg/hh, esta es una preparación más rápida, puesto que la temperatura de trabajo del tanque es baja. Al graficar estos datos, los comportamientos del tiempo de fabricación contra los kilogramos producidos se observan en la figura 20.

Figura 20: Tiempo de producción de RDT 8.2 vs cantidad producida



Fuente: La Autora, 2017

4.1.2.4 Medida

En cuanto a la medida, no existe un record de lotes rechazados, pues al igual que en la preparación de ANSOL, si se determina que el lote está fuera de especificación, se reformula solamente. En un periodo de observación de una semana no se registró ningún rechazo a un lote de RDT 8.2, sin embargo, indica el jefe de producción que aproximadamente se rechaza solo un lote al mes de RDT 8.2. Cabe destacar que el proceso de preparación del aceite, no cuenta con un

sistema de conteo del tiempo de producción, por lo que no es posible medir la eficiencia de la fabricación del mismo.

4.1.2.5 Maquinaria y Equipo

Actualmente, IACR cuenta con un tanque de RDT 8.2 con capacidad para 6000 kg lo que es suficiente para fabricar 3.9 cisternas de Hydrox S. Por otra parte, los tanques de diésel tienen capacidad para 6283 kg del combustible y como se explicaba anteriormente, este líquido es compartido para el abastecimiento de los camiones de la compañía.

4.1.3 Situación actual del mezclado de producto terminado: Hydrox S

Una vez que las fases de oxidante y aceite están aprobadas por Control de Calidad para su uso, se bombean ambas fases de manera continua al tanque de mezclado (tanque donde se fabrica el Hydrox S), este tanque tiene una capacidad máxima de 200 kg, como se indicó anteriormente, carece de celdas de carga, por lo que los operadores realizan la mezcla considerando el peso inicial y final de ambos tanques de ANSOL y RDT 8.2. El mezclado del producto final se realiza aproximadamente entre 180 y 194 kg/min, los cuales son enviados al camión cisterna. Durante el proceso de fabricación, cada cinco minutos, un inspector de Control de Calidad extrae una muestra de Hydrox S y verifica que el producto esté dentro de estos parámetros, como se indica en la tabla 7.

Tabla 7
Especificaciones de Producto Final

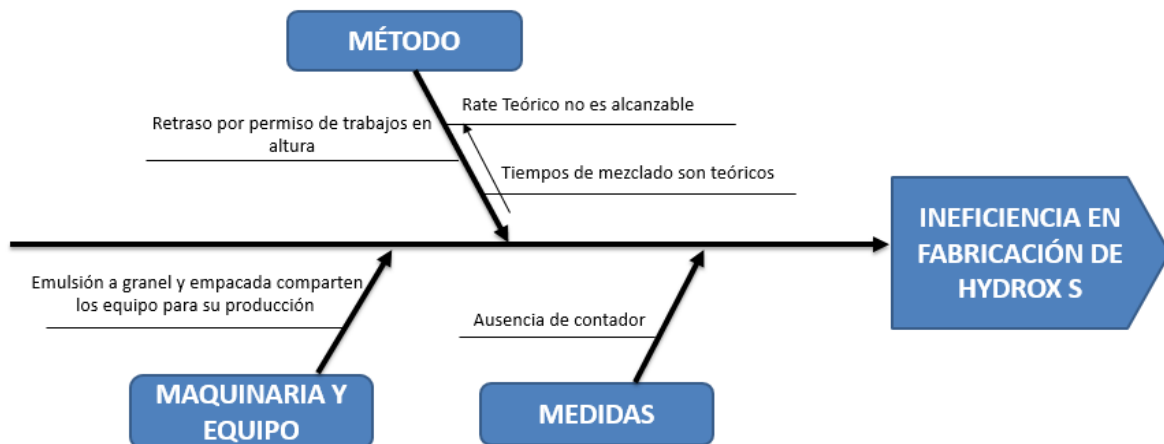
Especificaciones de Producto Final		
Densidad (g/cm ³)	Viscosidad (kcps)	@ T (°C)
1.29 - 1.31	26 - 33	78 - 85

Fuente IACR, 2016

Durante dos años y cuatro meses, según el departamento de Control de Calidad, no se ha recibido ningún reclamo o rechazo sobre el producto por parte de los clientes.

Con respecto a este análisis se ha determinado una serie de causas que podrían hacer del proceso de Hydrox S, un proceso susceptible a mejoras, las cuales están descritas en la figura 21.

Figura 21: Diagrama de Ishikawa de Ineficiencia en Fabricación de Hydrox S



Fuente: La Autora, 2017

4.1.3.1 Método

Para dar inicio a la fabricación de Hydrox S, la manguera debe estar conectada al camión cisterna, el cual debe estar estacionado en el andén de carga. Esta

operación de conexión de manguera demora en promedio 0.25 horas y por ser un trabajo a más de 1.8 metros de altura, por reglas de la empresa, requiere un permiso de trabajos en alturas extendido por el profesional a cargo de Salud y Seguridad ocupacional. Lo mismo sucede al momento cuando se debe desconectar la manguera, una vez finalizada la preparación de Hydrox S. El jefe de producción indica que, ocasionalmente, se tienen retrasos en la producción de Hydrox S, pues no en todo momento se encuentra disponible el encargado de Salud Ocupacional, por lo tanto, se debe esperar hasta contar con el permiso respectivo para el acoplado de la manguera. Durante un periodo de observación de una semana este retraso se dio cuatro veces para la conexión de la manguera y así dar inicio a la producción del Hydrox S. Eliminar este retraso puede ayudar a la reducción del tiempo de despacho del camión.

Según los reportes de tiempos de fabricación del Hydrox S de enero a abril del presente año, la operación del mezclado del producto demora exactamente dos horas. Sin embargo, durante un análisis realizado, cuando se llevaban a cabo las producciones de Hydrox S en el mes de mayo, el tiempo de mezclado demora 1.89 horas en promedio. En la tabla 8 se encuentra la información recabada al transcurrir dicho mes, se puede observar que la compañía posee un *rate* teórico de producción de Hydrox S de 11676 kg/h, el cual no es alcanzado a pesar de considerar solamente los tiempos de mezclado del producto, como se detalla en la tabla 8.

Tabla 8
OEE de Módulo para fabricación de Hydrox S

Fecha de Producción	Cantidad Producida	Rate Teórico kg/h	Tiempo de Mezclado	Rate Real kg/h	% Eficiencia OEE
01-may	20.500,00	11.676,00	1,80	11.388,89	97,54%
01-may	20.500,00	11.676,00	1,86	11.021,51	94,39%
01-may	20.500,00	11.676,00	1,86	11.021,51	94,39%
02-may	20.500,00	11.676,00	1,90	10.789,47	92,41%
03-may	20.500,00	11.676,00	1,90	10.789,47	92,41%
04-may	20.500,00	11.676,00	1,86	11.021,51	94,39%
05-may	20.500,00	11.676,00	1,96	10.459,18	89,58%
06-may	20.500,00	11.676,00	1,89	10.846,56	92,90%
08-may	20.500,00	11.676,00	1,83	11.202,19	95,94%
11-may	20.500,00	11.676,00	1,90	10.789,47	92,41%
12-may	20.500,00	11.676,00	1,89	10.846,56	92,90%
15-may	20.500,00	11.676,00	1,89	10.846,56	92,90%
18-may	20.500,00	11.676,00	1,80	11.388,89	97,54%
19-may	20.500,00	11.676,00	1,88	10.904,26	93,39%
22-may	20.500,00	11.676,00	1,91	10.732,98	91,92%
23-may	20.500,00	11.676,00	1,98	10.353,54	88,67%
26-may	20.500,00	11.676,00	1,90	10.789,47	92,41%
25-may	20.500,00	11.676,00	2,00	10.250,00	87,79%
29-may	20.500,00	11.676,00	1,83	11.202,19	95,94%
30-may	20.500,00	11.676,00	1,9	10.789,47	92,41%
Promedio			1,887	10.871,68	93,11%

Fuente: La Autora, 2017

4.1.3.2 Medida

Como se mencionó en el punto anterior, los tiempos de preparación de Hydrox S son reportados teóricamente, este proceso no cuenta con un sistema de conteo o tiempos establecidos para esta producción que reporta *rates* menores al establecido por la compañía.

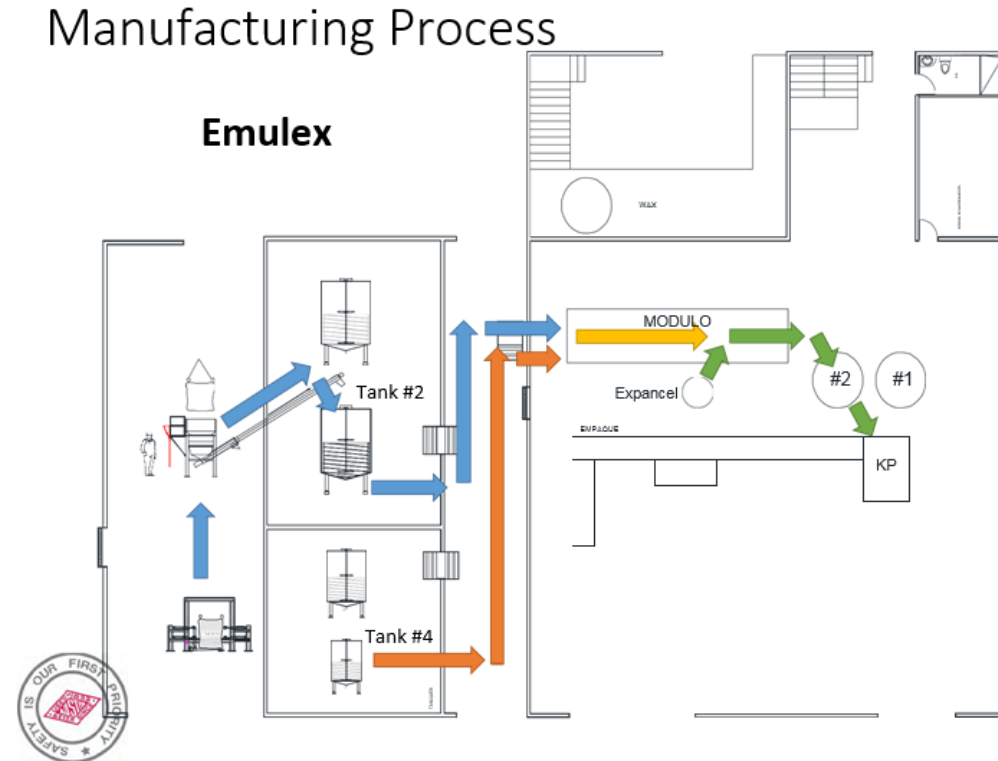
4.1.3.3 Maquinaria y equipo

En IACR se produce emulsión a granel y emulsión empacada, durante el proceso productivo tienen que pasar por el tanque de mezclado, por lo que, si se está fabricando Hydrox S, no se puede producir emulsión empacada al mismo tiempo.

Esto quiere decir que, si hay algún retraso en la producción de Hydrox S, afectará directamente todo el programa de producción. Es importante mencionar que para la producción de Hydrox S solamente se necesitan dos operadores, mientras que para la producción de emulsión empacada se necesitan entre cinco y siete operarios, dependiendo de las dimensiones del producto a empacar.

A continuación, se muestra el flujo que sigue la fabricación de emulsión a granel en la figura 22 y en la figura 23, la fabricación de emulsión empacada.

Figura 22: Flujo de proceso para fabricación de emulsión empacada.



Fuente: IACR, 2016

En la figura anterior, los colores representan las fases de producción. A continuación, se detalla la representación de los mismos:

Flechas Celestes: Flujo que sigue la fase oxidante.

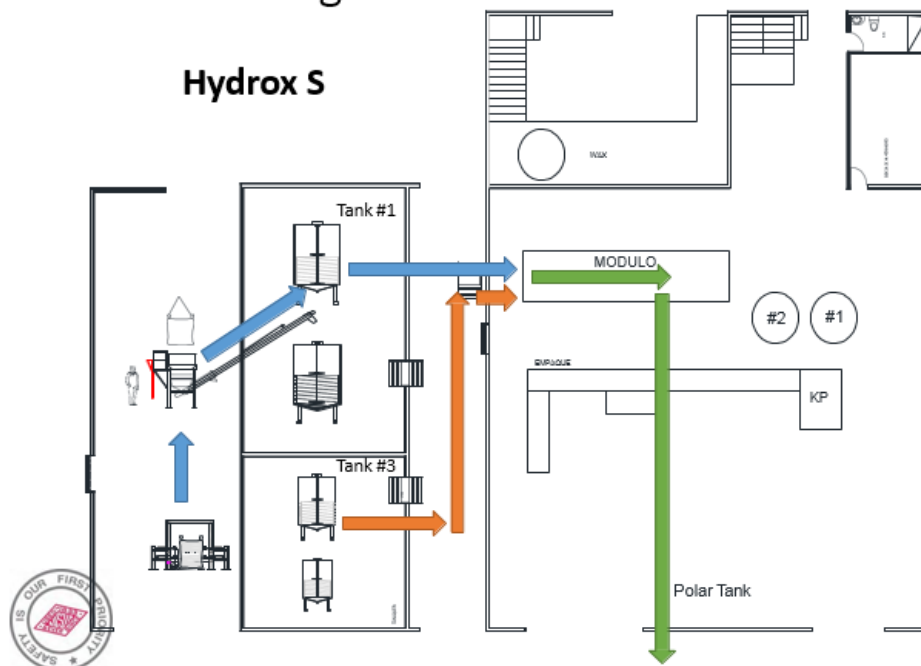
Flechas Naranja: Flujo que sigue la fase aceitosa.

Flecha Amarilla: Mezclado de fase oxidante y aceitosa.

Flechas Verdes: Flujo de producto terminado (emulsión empacada).

Figura 23: Flujo de proceso para fabricación de emulsión a granel

Manufacturing Process



Fuente: IACR, 2016

Según la figura 23, los colores representan las fases de producción. A continuación, se detalla la representación de los colores:

Flechas Celestes: Flujo que sigue la fase oxidante.

Flechas Naranja: Flujo que sigue la fase aceitosa.

Flechas Verdes: Flujo de producto terminado (emulsión a granel).

Se puede observar que para la producción de emulsión empacada y a granel se comparten equipos, por lo que no es posible fabricar simultáneamente ambos tipos. En la tabla 9 se encuentra el detalla de los equipos que comparten los procesos de producción.

Tabla 9
Lista de Equipos para producción de emulsión empacada y emulsión a granel

Fase Oxidante	Tubería hacia Módulo de Operación Bomba de trasiego de Oxidante Marca Waukeesha Sensores de Presión y Temperatura
Fase Aceitosa	Tubería hacia Módulo de Operación Bomba de trasiego de Aceite Marca Viking Sensores de Presión y Temperatura
Módulo	Tanque de mezclado Agitador de mezcla Marca Chalen Bomba de trasiego de producto Marca Allwailer Sensores de Presión, Temperatura y Flujo

Fuente: IACR, 2017

La programación de la producción está a cargo del departamento de Logística, quien recibe los pedidos de los clientes, los cuales son priorizados por fecha de despacho requerida. Es importante mencionar que, por la naturaleza del negocio, IACR no produce explosivos para inventario de producto terminado, por lo que la programación de la producción básicamente, es dictada por los clientes.

A manera de conclusión a los hallazgos de este capítulo, se puede observar en la tabla 10 un resumen de las oportunidades de mejora arrojadas por los diagramas de Ishikawa utilizados para las tres fases.

Tabla 10
Resumen de Oportunidades de Mejora

Oportunidades de mejora para la fase de ANSOL	
Área de mejora	Oportunidad de mejora
Mano de Obra	Elaboración de registro y capacitación en uso del mismo para la correcta documentación de las producciones de ANSOL
	Organización de funciones para reducir tiempos muertos durante producción de ANSOL
Maquinaria y Equipo	Aumento en la capacidad de almacenamiento y fabricación de ANSOL
Medida	Elaboración de registro y capacitación en uso del mismo para la correcta documentación del muestreo lotes de ANSOL
	Instalación de método de conteo de duración de fabricación de ANSOL
Medio Ambiente	Eliminar la práctica de fabricar ANSOL en horario nocturno

Oportunidades de mejora para la fase de RDT 8.2	
Área de mejora	Oportunidad de mejora
Mano de Obra	Elaboración de registro y capacitación en uso del mismo para la correcta documentación de las producciones de RDT 8.2
	Organización de funciones para reducir tiempos muertos durante producción de RDT 8.2
Materia Prima	Eliminar el uso de diésel para abastecer camiones
Maquinaria y Equipo	Aumento en la capacidad de almacenamiento de diésel
Medida	Elaboración de registro y capacitación en uso del mismo para la correcta documentación del muestreo lotes de RDT 8.2
	Instalación de método de conteo de duración de fabricación de RDT 8.2

Oportunidades de mejora para la fase de Hydrox S	
Área de mejora	Oportunidad de mejora
Método	Eliminación de tiempos muertos por otorgamiento de permisos de trabajos en alturas
Medida	Instalación de método de conteo de duración de fabricación de Hydrox S
Maquinaria y Equipo	Independizar la línea de producción de Hydrox S de la línea de emulsión empacada

Fuente: La Autora, 201

CAPÍTULO 5:
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

5.1 Solución para la fase oxidante: ANSOL

Con base en el análisis de la situación actual de la fase oxidante, en este capítulo se detallarán las mejoras recomendadas para generar un aumento en la eficiencia de la fabricación de ANSOL, que a la postre, genere también un incremento en la producción de HYDROX S. Como se mencionó en el capítulo 3, las propuestas A son las que superan inversiones de \$2000 y las que tienen inversión menor a ese monto, se clasifican como tipo B, por lo que se detallará en cada propuesta.

5.1.1 Argumentación y despliegue de propuestas para la fase oxidante

Las propuestas de mejora para la fase oxidante, según el análisis de la situación actual del proceso, deben ser enfocadas en temas de mano de obra, mejoras en equipo, medida del proceso y condiciones de medio ambiente. A continuación, se numeran las mejoras propuestas.

5.1.1.1 Propuesta 1: Registro de Producción de ANSOL

Se propone la creación de un nuevo registro de producción de ANSOL, que permita indicar las horas de agregado de materias primas, temperaturas de tanque al momento de agregar las materias, así como números de lote de las materias primas utilizadas. Esto para procurar trazabilidad al proceso de fabricación de la fase oxidante, la propuesta requiere los siguientes recursos para ser implementada:

- Una hora del asistente de producción para redacción del nuevo registro.

- Una hora para entrenamiento en el uso del nuevo registro para los operarios de producción que se encargan de fabricar solución.

Debido a esto, el asistente de producción debe invertir una hora para la creación de un registro que contemple la información descrita anteriormente. Una vez finalizado la elaboración del registro, el documento debe ser aprobado por la Jefatura de Producción y la Gerencia General. Seguidamente, se debe capacitar a los operarios encargados del proceso de fabricación de ANSOL, en la correcta implementación del registro, se detalla también que el registro debe ser completado y entregado al asistente de producción para ser enviado al departamento de Contabilidad para su debido costeo.

Una vez capacitados, los operarios deben poner en marcha la utilización del documento. Considerando esta propuesta como tipo B, el beneficio de esta propuesta radica en obtener información trazable y utilizable, posteriormente ante posibles *issues* de producción y correcta del proceso, para el respectivo costeo de la producción del oxidante y así evitar la pérdida de información sensible. En la figura 24 se detalla un diagrama Gantt sobre las actividades y el tiempo de implementar esta mejora. (Ver costos de implementación en tabla 15)

Figura 24: Diagrama Gantt de implementación de Propuesta N°1 para ANSOL

Actividad	Duración (horas)	0,5	1	1,5	2	2,5
Redacción del nuevo registro	1					
Entrenamiento para el uso del nuevo registro	1					
Utilización del nuevo registro	0,5					

Fuente: La Autora, 2017

5.1.1.2 Propuesta 2: Reordenamiento de funciones de operadores encargados de fabricar ANSOL

Se propone un reordenamiento de las funciones asignadas a los operadores que se encargan de fabricar ANSOL, con el fin de evitar tiempos muertos por el detenimiento de la elaboración del producto. La propuesta procura mantener la continuidad de agregado de materias primas durante la fabricación de la fase oxidante, para esto se requiere:

- 0.5 horas de la jefatura de producción para distribuir las funciones del personal.
- 0.25 horas del personal de producción para indicar la nueva distribución de funciones.

El jefe de producción debe reorganizar las funciones del departamento de producción, de tal manera que no detenga la producción de ANSOL, para ello se estima 0.5 horas de planeación de las tareas. La forma de distribuir las cargas de trabajo no puede ser planteada como parte de la propuesta, pues es decisión de la jefatura el orden de dichas funciones. Comunicar el nuevo orden de trabajo se espera que tome 0.25 horas (ver figura 24) (Ver costos de implementación en tabla 15

Figura 25: Diagrama Gantt de implementación de Propuesta N°2 para ANSOL

Actividad	Duración (horas)	0,25	0,5	0,75
Distribución de funciones del personal	0,5			
Indicar la nueva distribución	0,25			

Fuente: La Autora, 2017

Esta propuesta de tipo B lo que pretende es reducir los tiempos muertos por paros para atención de otras tareas, pues requiere una inversión inferior a los \$2000.

5.1.1.3 Propuesta 3: Aumento de la capacidad de almacenamiento de ANSOL

La propuesta consiste en un aumento en la capacidad de almacenamiento de la fase oxidante mediante la instalación de un tanque para 13 300 kg de ANSOL.

Para la implementación de esta propuesta será necesaria la compra e instalación de los equipos descritos en la tabla 11.

Tabla 11
Requerimientos para implementación de propuesta N°3

Requerimiento	Costo
Tanque de acero inoxidable de 13 300 kg	\$ 23.000
Dique de contención contra derrames	\$ 4.000
Bases para tanque	\$ 5.000
Tuberías para ANSOL y vapor	\$ 8.000
Celdas de Carga	\$ 7.500
Instalación de celdas de Carga	\$ 400
Sensor de sobre llenado	\$ 2.000
Instalación de sensor de sobre llenado	\$ 1.825
Agitador y motor para agitador	\$ 6.350
Válvula automática para vapor	\$ 2.500
Dos válvulas de tres vías	\$ 5.320
Total de la Inversión	\$ 65.895

Fuente: La Autora, 2017

Al respecto, la tabla 11 muestra una propuesta tipo A por la inversión económica que requiere y su beneficio consiste en generar un aumento en la capacidad de fabricación y almacenamiento de la fase oxidante, suficiente para fabricar tres camiones cisternas de Hydrox S al día. En la figura 26 se detalla la duración de su implementación y se tome en cuenta que todos los proveedores poseen

disponibilidad inmediata a excepción del fabricante del tanque, pues requiere tres semanas para su elaboración. La viabilidad de esta propuesta se detalla en el Anexo 19.

Figura 26: Diagrama Gantt de implementación de Propuesta 3 para ANSOL

Actividad	Duración (semanas)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cotización de servicios y equipos	1										
Diseño de planos	3										
Aprobación del diseño	1										
Fabricación del tanque	3										
Construcción e instalación	2										

Fuente: La Autora, 2017

5.1.1.4 Propuesta 4: Registro de Inspección de Lotes de ANSOL

Se propone la creación de un nuevo registro de inspección de ANSOL para el departamento de Control de Calidad, que permita indicar los resultados de las pruebas realizadas a las muestras extraídas del lote de fase oxidante a evaluar. Esto para procurar trazabilidad sobre los resultados arrojados e indicar si el lote es aceptado o rechazado, la propuesta requiere los siguientes recursos para ser implementada:

- Una hora del jefe de Control de Calidad para redacción del nuevo registro.
- Una hora para entrenamiento en el uso del nuevo registro para los inspectores de Control de Calidad que se encargan del muestreo de solución.

El jefe de control de calidad debe invertir una hora para la creación de un registro que contemple la información descrita anteriormente, una vez finalizado la elaboración del registro, el documento debe ser aprobado por la Gerencia General. Luego se debe capacitar a los inspectores de control de calidad

encargados del muestreo y análisis de ANSOL, en la correcta implementación del registro, se detalla también, que el registro debe ser completado y entregado para su archivo a la jefatura de control de calidad.

De tal manera, una vez capacitados, los inspectores deben poner en marcha la utilización del documento. El beneficio de esta propuesta radica en obtener información trazable y utilizable para la aprobación o rechazo de lotes de fase oxidante, esto para evitar la pérdida de información sensible. Según IACR, esta es una propuesta tipo B, ya que requiere baja inversión económica. En la figura 27 se detalla el tiempo de implementación de esta mejora por actividades (Ver costos de implementación en Tabla 15).

Figura 27: Diagrama Gantt de implementación de Propuesta N°4 para ANSOL

Actividad	Duración (horas)	0,5	1	1,5	2	2,5
Redacción del nuevo registro	1					
Entrenamiento para el uso del nuevo registro	1					
Utilización del nuevo registro	0,5					

Fuente: La Autora, 2017

5.1.1.5 Propuesta 5: Contador para fabricación de ANSOL

Se propone la colocación de un horímetro que permita conocer el tiempo inicial y final de la fabricación de cada lote de ANSOL, para esta propuesta son necesarios los siguientes recursos:

- Un horímetro.
- Una hora de técnico electromecánica para la instalación del horímetro.

El horímetro debe ser conectado al motor del agitador, equipo que está encendido desde el momento que se inicia hasta el fin de la fabricación de ANSOL. Para

dicha instalación se estima una hora de trabajo del técnico electromecánico del departamento de Mantenimiento. Una vez instalado, se debe proceder a indicar a los operadores encargados de la preparación del producto, cómo interpretar el resultado emitido por el horímetro y se les debe indicar también la manera de guardar el dato en el registro de producción de la fase oxidante.

De igual manera, el beneficio de esta propuesta radica en la obtención de un dato exacto de la duración de fabricación de la fase oxidante y, asimismo, poder estimar la eficiencia del proceso y costear la producción de ANSOL correctamente. Esta mejora se clasifica como tipo B, pues, aunque si requiere inversión, IACR no lo cataloga como tal (Ver costos de implementación en tabla 15).

5.1.1.6 Propuesta 6: Programación de producción de ANSOL

Esta propuesta consiste en que la programación de la producción de ANSOL se limite al horario diurno, pues preparar la solución en horas nocturnas, genera más horas hombre, pues la baja en la temperatura produce un efecto retardante para la fabricación del producto. Para esta proposición es necesaria la programación de la producción, lo que demora aproximadamente una hora por semana.

Por consiguiente, la ventaja que espera generar esta propuesta de tipo B, ya que es con baja inversión económica, es la reducción de horas hombres invertidas en la fabricación de ANSOL (Ver costos de implementación en Tabla 15).

5.2 Solución para fase aceitosa: RDT 8.2

Con base en el análisis de la situación actual de la fase aceite, en este capítulo se detallarán las mejoras recomendadas para generar un aumento en la eficiencia de la fabricación de RDT 8.2, que a la postre, genere también un incremento en la producción de HYDROX S.

5.2.1 Argumentación y despliegue de propuestas para la fase aceitosa

Las propuestas de mejora para la fase aceitosa, según el análisis de la situación actual del proceso, deben ser enfocadas en temas de mano de obra, materias primas, mejoras en equipo y medida del proceso. A continuación, se numeran las mejoras propuestas.

5.2.1.1 Propuesta 1: Registro de Producción de RDT 8.2

Se propone la creación de un nuevo registro de producción de RDT 8.2 que permita indicar las horas de agregado de materias primas y temperaturas de tanque al momento de agregarlas, así como números de lote de las mismas. Esto para procurar trazabilidad al proceso de fabricación de la fase aceitosa, la propuesta requiere los siguientes recursos para ser implementada:

- Una hora del asistente de producción para redacción del nuevo registro.
- Una hora para entrenamiento en el uso del nuevo registro para los operarios de producción que se encargan de fabricar el aceite.

De tal manera que el asistente de producción debe invertir una hora para la creación de un registro que contemple la información descrita anteriormente. Una vez finalizado la elaboración del registro, el documento debe ser aprobado por el

Jefatura de Producción y la Gerencia General. Luego se debe capacitar a los operarios encargados del proceso de fabricación de RDT 8.2, en la correcta implementación del registro. También se detalla que el registro debe ser debidamente completado y entregado al asistente de producción para ser enviado al departamento de Contabilidad para su debido costeo.

Una vez capacitados, los operarios deben poner en marcha la utilización del documento. El beneficio de esta propuesta radica en obtener información trazable y utilizable ante posibles *issues* de producción y correcta del proceso para el respectivo costeo de la producción del aceite y así evitar la pérdida de información sensible. Según IACR, esta es una propuesta tipo B, por su baja inversión económica y en la figura 28 se detalla la implementación por etapas y su duración (Ver costos de implementación en tabla 15).

Figura 28: Diagrama Gantt de implementación de Propuesta N°1 para RDT 8.2

Actividad	Duración (horas)	0,5	1	1,5	2	2,5
Redacción del nuevo registro	1					
Entrenamiento para el uso del nuevo registro	1					
Utilización del nuevo registro	0,5					

Fuente: La Autora, 2017

5.2.1.2 Propuesta 2: Reordenamiento de funciones de operadores encargados de fabricar RDT 8.2

Se plantea un reordenamiento de las funciones asignadas a los operadores que se encargan de fabricar RDT 8.2, con el fin de evitar tiempos muertos por el detenimiento de la preparación del aceite. La propuesta procura mantener la continuidad de agregado de materias primas durante la elaboración de la fase aceitosa, para esto se requiere:

- 0.5 horas de la jefatura de producción para distribuir las funciones del personal.
- 0.25 horas del personal de producción para indicar la nueva distribución de funciones.

Por lo tanto, el jefe de producción debe reorganizar las funciones del departamento de producción, de tal manera que no detenga la producción del aceite, para ello se estima 0.5 horas de planeación de las tareas. La forma de distribuir las cargas de trabajo no puede ser planteada como parte de la propuesta, pues es decisión de la jefatura de producción el orden de dichas funciones. Comunicar el nuevo orden de trabajo se espera que tome 0.25 horas.

Esta propuesta lo que pretende es reducir los tiempos muertos por paros para atención de otras tareas. Esta es una propuesta tipo B, lo que quiere decir que necesita poca inversión económica para su puesta en marcha. En la figura 29 se observan sus etapas y tiempo de implementación (Ver costos de implementación en tabla 15).

Figura N°29

Diagrama Gantt de implementación de Propuesta N°2 para RDT 8.2

Actividad	Duración (horas)	0,25	0,5	0,75
Distribución de funciones del personal	0,5			
Indicar la nueva distribución	0,25			

Fuente: La Autora, 2017

5.2.1.3 Propuesta 3: Eliminación de dispensado de diésel a camiones

La empresa IACR posee tres camiones para sus tareas internas y externas, la propuesta consiste en eliminar la utilización del diésel para el abastecimiento de estos camiones y de esta forma, disponer del combustible solamente para producir RDT 8.2 y así erradicar los retrasos por desabastecimiento del hidrocarburo por la utilización del mismo para los camiones.

Asimismo, la propuesta requiere una reunión dirigida por la gerencia, a la cual serán citados los choferes de camiones y la jefatura correspondiente, así como la jefatura de contabilidad. En dicha junta se dará la directriz a los choferes que deberán cargar diésel cuando se requiera, en la estación de servicio más cercana, además de que queda la prohibición de utilizar el diésel para abastecer a los camiones. Los conductores, antes de salir a sus diligencias, deberán indicar al personal de contabilidad para que se les entregue un vale para el respectivo pago del hidrocarburo.

Debido a su bajo costo, está proposición es considerada de tipo B para la compañía, ya que el diésel utilizado dentro de IACR posee el mismo costo que el que se vende en las estaciones de servicio (Ver costos de implementación en tabla 15).

5.2.1.4 Propuesta 4: Cambio de tanques de almacenamiento de diésel

Se propone cambiar los dos tanques (de 1000 galones cada uno) actuales de diésel, por uno solo con capacidad para almacenar 4000 galones del hidrocarburo. Esta es una propuesta tipo A, puesto que requiere inversión. En la tabla 12 se detallan los requerimientos para la implementación de esta mejora.

Tabla 12
Requerimiento para implementación de propuesta N° 4

Requerimiento	Costo
Tanque de 4000 galones	\$ 6.050,00
Estudios correspondientes	\$ 10.000,00
Tubo de 2" para tanque	\$ 80,00
Planos Civiles	\$ 600,00
Informe para MINAE	\$ 300,00
Planos Eléctricos	\$ 600,00
Planos Mecánicos	\$ 600,00
Construcción de área para instalación del tanque	\$ 22.500,00
Total de la Inversión	\$ 30.730,00

Fuente: La Autora, 2017

Por consiguiente, el costo de esta propuesta tipo A supera los \$2000, y pretende un aumento en la capacidad de almacenaje de diésel para la preparación de RDT 8.2. Otro beneficio de esta consiste en reducir el riesgo de incendio y/o explosión asociado a la descarga de diésel hacia el tanque, pues al aumentar la capacidad de almacenamiento, se reducen las visitas del proveedor para abastecer del líquido. Actualmente, el proveedor hace entrega de diésel dos veces por semana, al colocar el nuevo tanque sería necesaria solo una descarga del líquido por semana, lo cual reduce el riesgo de incendio y/o explosión en un 50%.

Por la naturaleza de esta propuesta, en caso de ser aprobada, se debe gestionar mediante la metodología de *Hazard Study* y *Project Management* de la casa matriz (Austin Powder Internacional), método de gestión de proyectos para modificaciones en plantas productoras de explosivo. En la figura 30 se detallan las etapas y tiempo de implementación de esta propuesta de mejora, se toma en cuenta que todos los proveedores de servicios y equipos poseen disponibilidad

inmediata, a diferencia de la fabricación del tanque, es esta el proveedor demora cuatro semanas en hacer entrega del nuevo tanque (Ver anexo 20).

Figura 30: Diagrama Gantt de implementación de Propuesta N°4 para RDT 8.2

Actividad	Duración (semanas)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Cotización de servicios y equipos	1	■												
Solicitud de permisos ante autoridades gubernamentales	9		■	■	■	■	■	■	■	■	■			
Diseño de planos	3		■	■	■									
Aprobación del diseño	1					■								
Fabricación del tanque	4						■	■	■	■				
Construcción e instalación	3											■	■	■

Fuente: La Autora, 2017

5.2.1.5 Propuesta 5: Registro de Inspección de Lotes de RDT 8.2

Se propone la creación de un nuevo registro de inspección de RDT 8.2 para el departamento de Control de Calidad, que permita indicar los resultados de las pruebas realizadas a las muestras extraídas del lote de fase aceitosa a evaluar. Esto para procurar trazabilidad sobre los resultados arrojados e indicar si el lote es aceptado o rechazado, la propuesta requiere los siguientes recursos para ser implementada:

- Una hora del jefe de Control de Calidad para redacción del nuevo registro.
- Una hora para entrenamiento en el uso del nuevo registro para los inspectores de Control de Calidad que se encargan del muestreo de aceite.

Igualmente, el jefe de control de calidad debe invertir una hora para la creación de un registro que contemple la información descrita anteriormente. Una vez finalizado la elaboración del registro, el documento debe ser aprobado por la Gerencia General. Luego, se debe capacitar a los inspectores de control de

calidad encargados del muestreo y análisis de RDT 8.2, en la correcta implementación del registro, se detalla también, que el registro debe ser debidamente completado y entregado para su archivo a la jefatura de control de calidad.

Una vez capacitados, los inspectores deben poner en marcha la utilización del documento. El beneficio de esta propuesta radica en obtener información trazable y utilizable para la aprobación o rechazo de lotes de fase aceitosa y de esta manera evitar la pérdida de información sensible. Según IACR, esta es una propuesta tipo B, ya que requiere poca inversión económica. La implementación de dicha propuesta se detalla en la figura 31 (Ver costos de implementación en tabla15).

Figura 31: Diagrama Gantt de implementación de Propuesta N°5 para RDT 8.2

Actividad	Duración (horas)	0,5	1	1,5	2	2,5
Redacción del nuevo registro	1					
Entrenamiento para el uso del nuevo registro	1					
Utilización del nuevo registro	0,5					

Fuente: La Autora, 2017

5.2.1.6 Propuesta 6: Contador para fabricación de RDT 8.2

Se propone la colocación de un horímetro que permita conocer el tiempo inicial y final de la fabricación de cada lote de RDT 8.2, para esta propuesta son necesarios los siguientes recursos:

- Un horímetro.
- 1 horas de técnico electromecánica para la instalación del horímetro.

El horímetro debe ser conectado al motor del agitador, equipo que está encendido desde el momento que se inicia hasta el fin de la fabricación de RDT 8.2. Para

dicha instalación se estima una hora de trabajo del técnico electromecánico del departamento de Mantenimiento. Una vez instalado, se debe proceder a indicar a los operadores encargados de la preparación del producto cómo deben interpretar el resultado emitido por horímetro y a guardar el dato en el registro de producción de la fase aceitosa.

Por ende, el beneficio de esta propuesta radica en la obtención de un dato exacto de la duración de fabricación de la fase aceitosa y de esta manera poder estimar la eficiencia del proceso y costear la producción de RDT 8.2 correctamente. Esta mejora es de bajo costo y se clasifica como tipo(Ver costos de implementación en tabla 15).

5.3 Solución para fabricación de emulsión: Hydrox S

Con base en el análisis de la situación actual del Hydrox S, en este capítulo se detallarán las mejoras recomendadas para generar un aumento en la eficiencia y producción de HYDROX S.

5.3.1 Argumentación y despliegue de propuestas para fabricación de Hydrox S

Las propuestas de mejora para la fabricación de Hydrox S, según el análisis de la situación actual del proceso, deben ser enfocadas en temas de método de trabajo, mejoras en equipo y medida del proceso. A continuación se numeran las mejoras propuestas.

5.3.1.1 Propuesta 1: Capacitación en trabajos en alturas

Capacitar y certificar al personal de producción en trabajos en alturas permitirá agilizar la tarea de conexión y desconexión de la manguera para llenado de camión cisterna con Hydrox S. En la tabla 13 se describen los requerimientos.

Tabla 13
Requerimientos para implementación propuesta 1

Requerimiento	Costo
Curso: Persona Autorizada para Trabajos en Altura	\$ 600,00
24 Horas extras necesarias para curso	\$ 76,00
Total de la Inversión	\$ 676,00

Fuente: La Autora, 2017

Se pretende con esta propuesta, eliminar los retrasos por el otorgamiento de permisos de trabajo extendidos por el profesional de Salud Ocupacional. También, tiene como ventaja, poseer personal con mayor conocimiento para la realización de este tipo de trabajos. Como se puede ver en la tabla anterior, es necesaria una

inversión de menos de \$2000 por lo que la compañía considera esta propuesta como tipo B, pues su costo es bajo. La figura 32 detalla la implementación de la propuesta de mejora.

Figura 32: Diagrama Gantt de implementación de Propuesta N°1 para Hydrox S

Actividad	Duración (horas)	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Cotización de la capacitación	0,5										
Aceptación de la cotización	0,5										
Capacitación	4										

Fuente: La Autora, 2017

5.1.3.2 Propuesta 2: Contador para fabricación de Hydrox S

Se propone la colocación de un horímetro que permita conocer el tiempo inicial y final de la fabricación de cada lote de Hydrox S, para esta propuesta son necesarios los siguientes recursos:

- Un horímetro.
- Una hora de técnico electromecánica para la instalación del horímetro.

El horímetro debe ser conectado al motor del agitador del tanque de mezclado, equipo que está encendido desde el momento que se inicia hasta el fin de la fabricación de Hydrox S. Para dicha instalación se estima una hora de trabajo del técnico electromecánico del departamento de Mantenimiento. Una vez instalado, se debe proceder a indicar a los operadores encargados de la preparación de la emulsión cómo interpretar el resultado emitido por horímetro y también guardar el dato en su registro de tiempos de producción.

El beneficio de esta propuesta radica en la obtención de un dato exacto de la duración de fabricación de la emulsión a granel y de esta manera poder estimar la

eficiencia del proceso y costear la producción correctamente. Esta mejora se clasifica como tipo B, pues aunque si requiere inversión, la empresa no lo cataloga como tal (Ver costos de implementación en tabla 15).

5.3.1.3 Creación de línea de producción de Hydrox S

Como se describió en el capítulo 4, una de las limitantes para aumentar la producción de Hydrox S es que los equipos utilizados para este fin, son los mismos que los usan para la fabricación de emulsión empacada. La propuesta consiste en la separación de los procesos, mediante la creación de una línea de producción exclusiva para emulsión a granel. Para esto los requerimientos se describen en la tabla 14.

Tabla 14
Requerimientos para la implementación de la propuesta 3

Requerimiento	Costo
Planos Eléctricos	\$ 600,00
Planos Mecánicos	\$ 600,00
Tubería para fase oxidante	\$ 6.000,00
Bomba de trasiego de Oxidante Marca Waukesha	\$ 15.000,00
Sensores de Presión y Temperatura	\$ 800,00
Tubería para fase aceitosa	\$ 400,00
Bomba de trasiego de Aceite Marca Viking	\$ 600,00
Sensores de Presión y Temperatura	\$ 800,00
Tubería para Hydrox S	\$ 6.000,00
Tanque de mezclado	\$ 1.200,00
Agitador de mezcla Marca Charlen	\$ 450,00
Bomba de trasiego de producto Marca Allwailer	\$ 22.000,00
Sensores de Presión, Temperatura y Flujo	\$ 1.200,00
Instalación	\$ 10.900,00
Total de la Inversión	\$ 66.550,00

Fuente: La Autora, 2017

Entonces, esta mejora pretende la creación independiente de una línea para la fabricación de Hydrox S y con esto, eliminar los retrasos generados a la producción de emulsión encartuchada por la fabricación de Hydrox S, además de un aumento en la capacidad de producción de ambos tipos de producto. Esta propuesta tipo A considera la instalación completa de una línea de producción; por lo que se debe gestionar mediante la metodología de *Hazard Study y Project Management* de la casa matriz (Austin Powder Internacional) por su alta inversión requerida, método de gestión de proyectos para modificaciones en plantas productoras de explosivo (Ver figura 33 donde se detallan las etapas de implementación y el tiempo necesario para cada etapa. La viabilidad de esta propuesta se detalla en el Anexo 21).

Figura 33: Diagrama Gantt de implementación de Propuesta N°3 para Hydrox S

Actividad	Duración (semanas)	1	2	3	4	5	6	7	8
Cotización de servicios y equipos	2	■	■						
Diseño de planos	3			■	■	■			
Aprobación del diseño	1						■		
Construcción e instalación	2							■	■

Fuente: La Autora, 2017

5.4 Selección e implementación de las propuestas

La selección de las propuestas estará a cargo del comité de mejora continua conformado por el Gerente General, el Gerente Financiero y el Jefe de Producción. Según la votación, se decide sobre las mejoras propuestas la condición de cada una como se indica en la tabla 15.

Tabla N°15
Selección de las propuestas

Propuestas	Inversión	Tiempo de Implementación	Condición	
Fase Oxidante	Propuesta N°1	\$10,00	2,5 horas	Aprobada
	Propuesta N°2	\$8,00	0,75 horas	Aprobada
	Propuesta N°3	\$65.895,00	7 semanas	Declinada
	Propuesta N°4	\$12,00	2,5 horas	Aprobada
	Propuesta N°5	\$200,00	1 hora	Declinada
	Propuesta N°6	\$6,00	1 hora	Aprobada
Fase Aceitosa	Propuesta N°1	\$10,00	2,5 horas	Aprobada
	Propuesta N°2	\$8,00	0,75 horas	Aprobada
	Propuesta N°3	\$12,00	0 horas	Aprobada
	Propuesta N°4	\$30.730,00	13 semanas	Aprobada
	Propuesta N°5	\$10,00	2,5 horas	Aprobada
	Propuesta N°6	\$200,00	1 hora	Declinada
Hydrox S	Propuesta N°1	\$676,00	5 horas	Aprobada
	Propuesta N°2	\$200,00	1 hora	Aprobada
	Propuesta N°3	\$66.550.00	8 semanas	Declinada

Fuente: La Autora, 2017

5.4.1 Priorización de las propuestas aprobadas.

En la tabla 16 se expondrán las propuestas aprobadas por el comité de mejora continua, las cuales están numeradas según la prioridad de ejecución establecida por el comité. Para efectos de estudio, las propuestas de ahora en adelante se llamarán proyectos.

Tabla 16
Lista de Proyectos

Proyectos
N°1: Registro de Producción de ANSOL
N°2: Reordenamiento de funciones de operadores encargados de fabricar ANSOL
N°3: Registro de Inspección de Lotes de ANSOL
N°4: Programación de producción de ANSOL
N°5: Registro de Producción de RDT 8.2
N°6: Reordenamiento de funciones de operadores encargados de fabricar RDT 8.2
N°7: Eliminación de dispensado de diésel a camiones
N°8: Cambio de tanques de almacenamiento de diésel
N°9: Registro de Inspección de Lotes de RDT 8.2
N°10: Capacitación en trabajos en alturas
N°11: Contador para fabricación de Hydrox S

Fuente: La Autora, 2017

Para establecer la prioridad de ejecución de los proyectos, se ha utilizado una matriz de priorización para las variables como: recursos a implementar, obtención de beneficios y factibilidad de su implementación. A continuación, se muestra la matriz de priorización con respecto a los recursos necesarios para la implementación de los proyectos. Léase el número de proyecto según la tabla 15.

Figura 34: Matriz de priorización de proyectos según los recursos a implementar

Recursos												
1. Recursos disponibles												
2. Gestionar recursos												
3. Sin recursos disponibles												
Proyecto	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6	N°7	N°8	N°9	N°10	N°11	Ponderado
N°1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
N°2	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
N°3	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1
N°4	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1
N°5	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1
N°6	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1
N°7	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1
N°8	2	2	2	2	2	2	2		2	2	2	2
N°9	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1
N°10	2	2	2	2	2	2	2	2	2		2	2
N°11	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		2

Fuente: La Autora, 2017

Se deben considerar los proyectos con menor ponderado como los prioritarios bajo esta variable, pues son los que poseen recursos disponibles para su implementación.

Con respecto a la variable de beneficios esperados por el proyecto, a menor ponderado, indicará que los beneficios se obtendrán en un periodo más corto de tiempo.

Figura 35: Matriz de priorización de proyectos según el periodo de obtención de beneficios

Periodo de obtención de beneficios
1. Inmediatos
2. Periodo menor a un mes
3. Periodo mayor a un mes

Proyecto	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6	N°7	N°8	N°9	N°10	N°11	Ponderado
N°1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
N°2	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
N°3	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1
N°4	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1
N°5	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1
N°6	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1
N°7	2	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2
N°8	3	3	3	3	3	3	3		3	3	3	3
N°9	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1
N°10	2	2	2	2	2	2	2	2	2		2	2
N°11	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		2

Fuente: La Autora, 2017

Con respecto a la variable de factibilidad de la implementación, se debe considerar como prioritarios, los proyectos con ponderado de menor valor.

Figura 36: Matriz de priorización de proyectos con respecto a factibilidad de implementación

Factibilidad de implementación
1. Tiempo de ejecución menor a una semana
2. Tiempo de ejecución igual a una semana
3. Tiempo de ejecución mayor a una semana

Proyecto	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6	N°7	N°8	N°9	N°10	N°11	Ponderado
N°1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
N°2	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
N°3	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1
N°4	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1
N°5	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1
N°6	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1
N°7	2	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2
N°8	3	3	3	3	3	3	3		3	3	3	3
N°9	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1
N°10	2	2	2	2	2	2	2	2	2		2	2
N°11	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		2

Fuente: La Autora, 2017

Una vez ponderadas cada una de las tres variables, se procede a presentar un promedio de las tres variables para colocar el orden de priorización de implementación de los proyectos.

Figura 37: Priorización de los proyectos según ponderación de variables

Proyectos	Recursos	Beneficio	Factibilidad	Ponderado
N°1: Registro de Producción de ANSOL	1	1	1	1
N°2: Reordenamiento de funciones de operadores encargados de fabricar ANSOL	1	1	1	1
N°3: Registro de Inspección de Lotes de ANSOL	1	1	1	1
N°4: Programación de producción de ANSOL	1	1	1	1
N°5: Registro de Producción de RDT 8.2	1	1	1	1
N°6: Reordenamiento de funciones de operadores encargados de fabricar RDT 8.2	1	1	1	1
N°7: Eliminación de dispensado de diésel a camiones	1	2	2	2
N°8: Cambio de tanques de almacenamiento de diésel	2	3	3	3
N°9: Registro de Inspección de Lotes de RDT 8.2	1	1	1	1
N°10: Capacitación en trabajos en alturas	2	2	2	2
N°11: Contador para fabricación de Hydrox S	2	2	2	2

Fuente: La Autora, 2017

De esta manera, según el ponderado de las tres variables, el comité reestablece el orden de priorización de los proyectos para ser ejecutados, como se indica en la tabla 17.

Tabla 17
Priorización de Proyectos según Ponderación

Priorización de proyectos según ponderación
N°1: Registro de Producción de ANSOL
N°2: Reordenamiento de funciones de operadores encargados de fabricar ANSOL
N°3: Registro de Inspección de Lotes de ANSOL
N°4: Programación de producción de ANSOL
N°5: Registro de Producción de RDT 8.2
N°6: Reordenamiento de funciones de operadores encargados de fabricar RDT 8.2
N°7: Registro de Inspección de Lotes de RDT 8.2
N°8: Eliminación de dispensado de diésel a camiones
N°9: Capacitación en trabajos en alturas
N°10: Contador para fabricación de Hydrox S
N°11: Cambio de tanques de almacenamiento de diésel

Fuente: La Autora, 2017

5.4.2 Implementación de las propuestas

Las propuestas de mejora, ahora llamadas proyectos, serán implementadas en tres etapas, según se describe en la figura 38.

Figura 38: Diagrama de implementación general de proyectos

Proyectos		Semanas															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Etapa N°1	N°1: Registro de Producción de ANSOL	█															
	N°2: Reordenamiento de funciones para fabricar ANSOL																
	N°3: Registro de Inspección de Lotes de ANSOL																
	N°4: Programación de producción de ANSOL																
Etapa N°2	N°5: Registro de Producción de RDT 8.2	█															
	N°6: Reordenamiento de funciones para fabricar RDT 8.2																
	N°7: Registro de Inspección de Lotes de RDT 8.2																
	N°8: Eliminación de dispensado de diésel a camiones																
Etapa N°3	N°9: Capacitación en trabajos en alturas		█														
	N°10: Contador para fabricación de Hydrox S			█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	N°11: Cambio de tanques de almacenamiento de diésel			█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█

Fuente: La Autora, 2017

5.4.2.1 Etapa 1 de Implementación de Proyectos

Durante la primera semana se realizan las mejoras propuestas para la etapa de ANSOL, esto contempla mejoras en control documental y organización de la producción de la fase oxidante. En la tabla 18 se muestra el detalle de la implementación de las mejoras.

Tabla 18
Matriz de Implementación de proyectos para Etapa N°1

Mejora Implementada	Requerimientos	Costo	Evidencia	Método para sostener la mejora	Beneficios generados
N°1: Registro de Producción de ANSOL	<ul style="list-style-type: none"> • Jefe de Producción: una hora para elaboración de nuevo registro. • Jefe de Producción: una hora de capacitación a personal en uso de nuevo registro. • Operador de Tanques: una hora para capacitación en uso de nuevo registro. • Ayudante de Tanques: una hora para capacitación en uso de nuevo registro. 	\$ 11,22	Registro de Producción de ANSOL. Ver Anexo 1 y 2. Registro de Capacitación. Ver Anexo 5.	Verificación de registros por parte del Asistente de Producción.	Producciones trazables con datos fidedignos.
N°2: Reordenamiento de funciones para fabricar ANSOL	<ul style="list-style-type: none"> • Jefe de Producción: una hora de planeamiento de distribución de funciones. • Jefe de Producción: 0.5 horas para comunicación de nueva distribución de funciones. • Operador de Tanques: 0.5 horas para atención de comunicación de nueva distribución de funciones. • Ayudante de Tanques: 0.5 horas para atención de comunicación de nueva distribución de funciones. • Asistente de Producción: 0.5 horas para atención de comunicación de nueva distribución de funciones. 	\$ 9,04	Registro de Capacitación. Ver Anexo 5, 6 y 7. Descripción de Puesto de Trabajo: Operador de Tanques. Ver Anexo 8.	Descripción de Puesto de Trabajo. Contratación de 2 personas para la línea de producción de emulsión empacada.	Proceso continuo con 73% menos de paros. Contribuye a generar un 33% de aumento en los kg/hh de solución producida. Ver Tabla N°19.
N°3: Registro de Inspección de Lotes de ANSOL	<ul style="list-style-type: none"> • Jefe de Control de Calidad: una hora para elaboración de nuevo registro. • Jefe de Control de Calidad: una hora de capacitación a personal en uso de nuevo registro. • 3 Inspectores de Control de Calidad: una hora para capacitación en uso de nuevo registro. 	\$ 14,85	Registro de inspección de ANSOL. Ver Anexo 9. Registro de Capacitación. Ver Anexo 10.	Verificación de registros por parte del Jefe de Control de Calidad	Producciones trazables con datos fidedignos.
N°4: Reprogramación de producción de ANSOL	<ul style="list-style-type: none"> • Jefe de Producción: 1 hora de programación de producción de ANSOL en horario diurno. • Jefe de Producción: 0.5 horas para comunicación de programación de producción de ANSOL. • Operador de Tanques: 0.5 horas para atención de comunicación programación de producción de ANSOL para horario diurno. 	\$ 7,58	Programa de Producción (no aportado por IACR)	Programa de producción actualizado semanalmente por el jefe de producción	Contribuye a generar un 33% de aumento en los kg/hh de solución producida. Ver Tabla N°20.

Fuente: La Autora, 2017

La empresa IACR implementó un programa de etiquetado de materias primas que genera beneficio para la mejora implementada 1, pues esto facilita la identificación de lotes de materias primas y esa información es guardada en el registro, lo que asegura una trazabilidad de los productos utilizados para la fabricación de la fase oxidante.

Con respecto a la mejora implementada 2 descrita en la tabla 18, es posible sostener esta mejora gracias a la contratación de dos colaboradores para el área de empaque. La contratación de más personal obedece a un incremento en la producción de emulsión empacada y no es contemplado como una mejora generada por esta investigación, pues la producción de emulsión empacada no está dentro del alcance del proyecto. Sin embargo, esta decisión genera un apoyo a la mejora. En la tabla 19 se pueden observar los tiempos y cantidades producidas de ANSOL durante mayo y junio del 2017, posterior a la implementación de las mejoras descritas en la tabla 17 a partir del primero de mayo del 2017.

Tabla 19

Promedio de duración de preparación de ANSOL con respecto a la cantidad producida, posterior a implementación de mejoras.

Fecha	Producto	Kilogramos Producidos	Horas Hombre	Promedio Kilogramos Producidos	Promedio Horas Hombre	Kilogramos/Horas Hombre
06-jun-17	ANSOL	7.250,00	1			
26-jun-17	ANSOL	7.785,00	1	7.729	1	7.729
10-jun-17	ANSOL	7.871,00	1			
27-may-17	ANSOL	8.010,00	1			
19-may-17	ANSOL	8.360,00	1,5			
13-may-17	ANSOL	8.855,00	1,5	9.296	1,5	6.198
08-may-17	ANSOL	9.210,00	1,5			
27-jun-17	ANSOL	10.760,00	1,5			

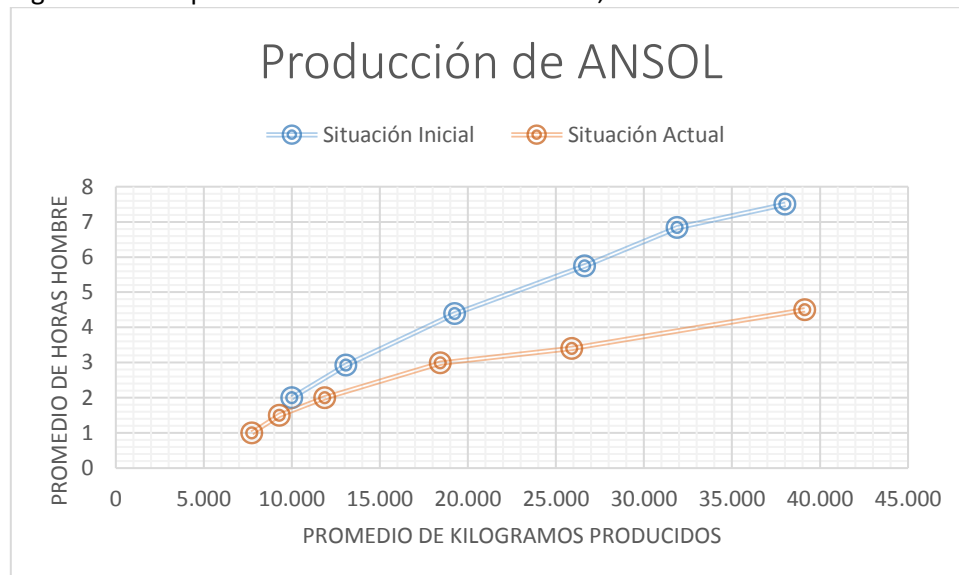
Fecha	Producto	Kilogramos Producidos	Horas Hombre	Promedio Kilogramos Producidos	Promedio Horas Hombre	Kilogramos/Horas Hombre
19-jun-17	ANSOL	10.795,00	2			
04-jun-17	ANSOL	11.250,00	2			
24-may-17	ANSOL	12.000,00	2			
16-may-17	ANSOL	12.065,00	2	11.882	2	5.941
01-may-17	ANSOL	12.195,00	2			
12-jun-17	ANSOL	12.395,00	2			
25-jun-17	ANSOL	12.473,00	2			
15-jun-17	ANSOL	16.260,00	2,75			
05-jun-17	ANSOL	17.000,00	3			
06-jun-17	ANSOL	17.257,00	3			
04-may-17	ANSOL	17.305,00	3			
20-may-17	ANSOL	17.491,00	3			
03-may-17	ANSOL	17.575,00	3			
01-may-17	ANSOL	17.615,00	3			
23-may-17	ANSOL	17.840,00	3			
06-jun-17	ANSOL	17.888,00	3	18.443	2,98684211	6.175
30-may-17	ANSOL	18.235,00	3			
01-jun-17	ANSOL	18.527,00	3			
12-may-17	ANSOL	18.615,00	3			
31-may-17	ANSOL	19.105,00	3			
02-jun-17	ANSOL	19.260,00	3			
29-may-17	ANSOL	20.080,00	3			
11-may-17	ANSOL	20.135,00	3			
13-jun-17	ANSOL	20.302,00	3			
05-may-17	ANSOL	24.635,00	3			
03-jun-17	ANSOL	25.200,00	3,5			
26-may-17	ANSOL	26.160,00	3,5	25.903	3,4	7.619
07-jun-17	ANSOL	26.395,00	3,5			
18-may-17	ANSOL	27.125,00	3,5			
10-may-17	ANSOL	35.530,00	4			
24-jun-17	ANSOL	38.750,00	4,5	39.144	4,5	8.699
02-may-17	ANSOL	39.105,00	4,5			
30-jun-17	ANSOL	43.190,00	5			
Promedio				18.733	2,56	7.060

Fuente: La Autora, 2017

De igual manera, comparando la situación inicial de la fabricación de ANSOL con la situación posterior a la implementación de las propuestas de mejora, se puede

observar en el gráfico presente en la figura 39, que existe una reducción en el tiempo de fabricación de ANSOL.

Figura 39: Comparación de Fabricación de ANSOL, Situación Inicial VS Situación Actual



Fuente: La Autora, 2017

De esta manera, se atribuye la reducción en el tiempo de preparación de la solución, principalmente a la preparación de ANSOL solamente en turno diurno y a la especialización de tareas de los operarios de soluciones, los cuales dejaron de ser interrumpidos para la atención de otras tareas. En la tabla 20 se detalla un aumento de un 33% en los kilogramos producidos por horas hombre necesarias, esto generó un aumento en la productividad del proceso de fabricación de ANSOL.

Tabla N°20

Comparación de kg/hh producidos antes y después de la implementación de las mejoras

Comparación	Promedio Kilogramos Producidos	Promedio Horas Hombre	Kilogramos/Horas Hombre	Aumento en los kg/hh producidos
Situación Inicial	23.148	4,90	4.704	33%
Situación Actual	18.733	2,56	7.060	

Fuente: La Autora, 2017

5.4.2.2 Etapa 2 de Implementación de Proyectos

Durante la segunda semana de implementación se enfocan los esfuerzos en el proceso de la fase aceitosa, subsanando temas de control documental, organización del personal y medidas de control inventario de materias primas necesarias para la fabricación de RDT 8.2. En este caso, el costo de la implementación de las mejoras propuestas para esta etapa, al igual que los costos de la etapa de implementación 1 son bajos y se pueden observar en la tabla 21.

Tabla 21
Matriz de Implementación de proyectos para Etapa N°2

Mejora Implementada	Requerimientos	Costo	Evidencia	Método para sostener la mejora	Beneficios generados
N°5: Registro de Producción de RDT 8.2	<ul style="list-style-type: none"> • Jefe de Producción: una hora para elaboración de nuevo registro. • Jefe de Producción: una hora de capacitación a personal en uso de nuevo registro. • Operador de Tanques: una hora para capacitación en uso de nuevo registro. • Ayudante de Tanques: una hora para capacitación en uso de nuevo registro. 	\$ 11,22	<p>Registro de Producción de RDT. Ver Anexo 3 y 4.</p> <p>Registro de Capacitación. Ver Anexo 5.</p>	Verificación de registros por parte del Asistente de Producción	Producciones trazables con datos fidedignos.
N°6: Reordenamiento de funciones para fabricar RDT 8.2	<ul style="list-style-type: none"> • Jefe de Producción: una hora de planeamiento de distribución de funciones. • Jefe de Producción: 0.5 horas para comunicación de nueva distribución de funciones. • Operador de Tanques: 0.5 horas para atención de comunicación de nueva distribución de funciones. • Ayudante de Tanques: 0.5 horas para atención de comunicación de nueva distribución de funciones. • Asistente de Producción: 0.5 horas para atención de comunicación de nueva distribución de funciones. 	\$ 9,04	<p>Registro de Capacitación. Ver Anexo 5, 6 y 7.</p> <p>Descripción de Puesto de Trabajo: Operador de Tanques. Ver Anexo 8.</p>	<p>Descripción de Puesto de Trabajo. Contratación de 2 personas para la línea de producción de emulsión empacada.</p>	<p>Proceso continuo con 88% menos paros. Contribuye a generar un 15% de aumento en los kg/hh de aceite producido. Ver Tabla N°22.</p>
N°7: Registro de Inspección de Lotes de RDT 8.2	<ul style="list-style-type: none"> • Jefe de Control de Calidad: una hora para elaboración de nuevo registro. • Jefe de Control de Calidad: una hora de capacitación a personal en uso de nuevo registro. • 3 Inspectores de Control de Calidad: una hora para capacitación en uso de nuevo registro. 	\$ 14,85	<p>Registro de inspección de soluciones. Ver Anexo 9.</p> <p>Registro de Capacitación. Ver Anexo 10.</p>	Verificación de registros por parte del Jefe de Control de Calidad	Producciones trazables con datos fidedignos.

Mejora Implementada	Requerimientos	Costo	Evidencia	Método para sostener la mejora	Beneficios generados
N°8: Eliminación de dispensado de diésel a camiones	<ul style="list-style-type: none"> • Gerente Administrativo: una hora para comunicación de la directriz de eliminación de dispensado de diésel a camiones. • Jefe de Contabilidad: una hora para comunicación de la directriz de método de dispensado de diésel a camiones en estaciones de servicio y método de pago. • Chofer: una hora de atención a nuevas directrices con respecto al dispensado de diésel a camiones. 	\$ 11,20	Registro de Capacitación. Ver Anexo 11. Instrucción de trabajo para carga de diésel. Ver Anexo 12.	Instrucción de trabajo Eliminación del dispensador de diésel	Reducción del 89% paros de producción por desabastecimiento de diésel para fabricación de RDT 8.2.

Fuente: La Autora, 2017

Como se detalló en la etapa de implementación 1, la empresa IACR implementó un programa de etiquetado de materias primas que genera beneficio para la mejora implementada 5, pues esto facilita la identificación de lotes de aceite utilizados y esa información es guardada en el registro. También la contratación de dos colaboradores para el área de empaque que generó beneficio y sostenibilidad para la mejora implementada 6.

Asimismo, la mejora implementada 8 no genera un costo para la compañía, ya que el diésel comprado por IACR a ServiMovil Miramar tiene el mismo costo que adquirirlo en una estación de servicio. En la tabla 22, se pueden observar los tiempos y cantidades producidas de RDT 8.2 durante mayo y junio del 2017, posterior a la implementación de las mejoras descritas en la tabla 21 a partir del primero de mayo del 2017.

Tabla 22

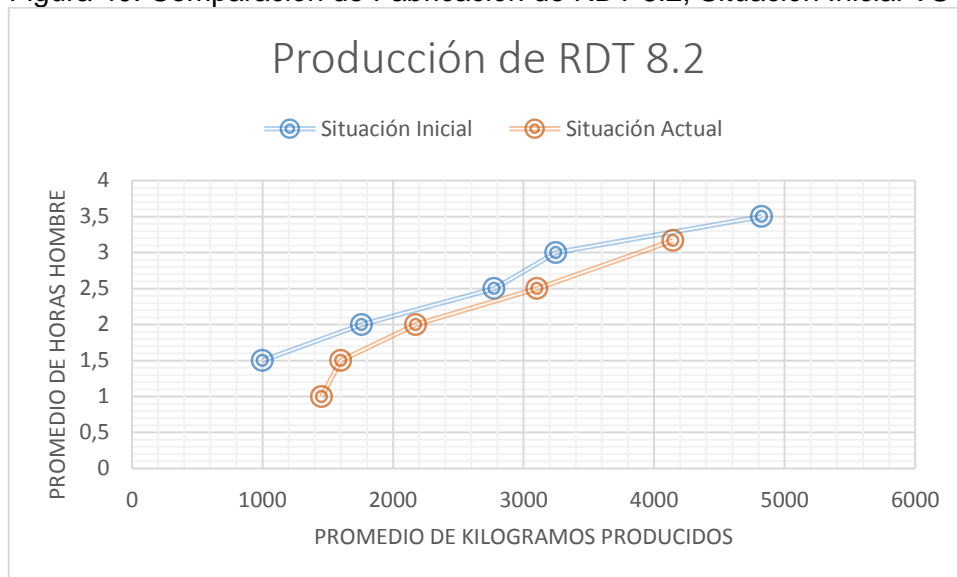
Promedio de duración de preparación de RDT 8.2 con respecto a la cantidad producida, posterior a implementación de mejoras.

Fecha	Producto	Kilogramos Producidos	Horas Hombre	Promedio Kilogramos Producidos	Promedio Horas Hombre	Kilogramos/Horas Hombre
09-jun-17	RDT 8.2	400,00	0,5			
25-jun-17	RDT 8.2	500,00	0,5			
09-jun-17	RDT 8.2	516,00	0,5	638,80	0,6	1.065
12-may-17	RDT 8.2	788,00	0,75			
22-may-17	RDT 8.2	990,00	0,75			
08-jun-17	RDT 8.2	1.243,00	0,75			
29-may-17	RDT 8.2	1.442,00	0,91			
01-jun-17	RDT 8.2	1.514,00	1	1.453,40	1	1.453
08-jun-17	RDT 8.2	1.518,00	1			
17-may-17	RDT 8.2	1.550,00	1			
04-may-17	RDT 8.2	1.600,00	1,5			
24-may-17	RDT 8.2	1.600,00	1,5	1.600,00	1,5	1.067
31-may-17	RDT 8.2	1.600,00	1,5			
20-may-17	RDT 8.2	2.000,00	2	2.175,00	2	1.088
27-jun-17	RDT 8.2	2.350,00	2			
02-may-17	RDT 8.2	3.000,00	2,5	3.103,00	2,5	1.241
05-may-17	RDT 8.2	3.206,00	2,5			
29-jun-17	RDT 8.2	3.530,00	3			
11-may-17	RDT 8.2	3.696,00	3	4.145,33	3,2	1.309
10-jun-17	RDT 8.2	5.210,00	3,5			
	Promedio			2.186	1,79	1.204

Fuente: La Autora, 2017

Por consiguiente, comparando la situación inicial de la fabricación de RDT 8.2 con la situación posterior a la implementación de las propuestas de mejora, se puede observar en el gráfico presente en la figura 40, que existe una reducción en el tiempo de fabricación de la fase aceitosa.

Figura 40: Comparación de Fabricación de RDT 8.2, Situación Inicial VS Situación Actual



Fuente: La Autora, 2017

La reducción en el tiempo de fabricación de esta fase se atribuye a la propuesta de mejora 7 correspondiente al reordenamiento de las funciones del personal de producción, para evitar la interrupción de los operadores del área de tanques durante la fabricación de RDT 8.2. Esta implementación genera un incremento del 15% en los kilogramos producidos versus las horas hombre requeridas para la producción, detalle que se puede observar en la tabla 23.

Tabla 23

Comparación de kg/hh producidos antes y después de la implementación de las mejoras.

Comparación	Promedio Kilogramos Producidos	Promedio Horas Hombre	Kilogramos/Horas Hombre	Aumento en los kg/hh producidos
Situación Inicial	2.722	2,50	1.024	15%
Situación Actual	2.186	1,79	1.204	

Fuente: La Autora, 2017

5.4.2.3 Etapa 3 de Implementación de Proyectos

Durante el periodo de implementación de proyectos de la etapa 3 se atendieron asuntos relacionados a la fabricación de fase aceitosa, dando inicio al cambio de

los tanques de almacenamiento de diésel para reducir las limitaciones de producción por falta de capacidad de almacenamiento del hidrocarburo. Se aborda el *issue* del reporte de horas teóricas de fabricación de Hydrox S; así como el otorgamiento de permisos de trabajo que generan retrasos al momento de iniciar y finalizar la producción. En la tabla 24 se detalla la implementación de dichas mejoras.

Tabla 24
Matriz de Implementación de proyectos para Etapa 3

Mejora Implementada	Requerimientos	Costo	Evidencia	Método para sostener de la mejora	Beneficios generados
N°9: Capacitación en trabajos en alturas	<ul style="list-style-type: none"> • Jefe de Salud Ocupacional: una hora de cotización de capacitación y solicitud de orden de compra. • Encargada de Compras: una hora de coordinación del servicio y pagos respectivos. • Personal convocado a capacitación: 4 horas de capacitación. 	\$ 1037	Orden de Compra. Ver Anexo 13. Registro de Capacitación. Ver Anexo 14.	Refreshamiento de conocimientos de trabajos en altura una vez al año	Reducción de un 68% del tiempo de atención de tareas de conexión y desconexión de manguera del cisterna de Hydrox S
N°10 Contador para fabricación de Hydrox S	<ul style="list-style-type: none"> • Jefe de Mantenimiento: una hora de cotización del contador y solicitud de orden de compra. 	\$12,9	Solicitud de Orden de Compra. Ver Anexo 15.	Mejora aún no concretada	Mejora aún no concretada
N°11 Cambio de Tanques de almacenamiento de diésel	<ul style="list-style-type: none"> • Jefe de Mantenimiento: 4 horas de cotización de insumos y servicios y generación de solicitudes de órdenes de compras. • Encargada de Compras: 4 horas de coordinación de servicios y pagos respectivos. • Planos civiles, eléctricos y mecánicos. • Solicitud de permisos a entidades gubernamentales para la instalación del nuevo tanque. • Tanque de 4000 galones 	\$8250	Solicitud de Orden de Compra. Ver Anexo 16. Planos Civiles. Ver Anexo 17. Diseño de tanque. Ver Anexo 18.	Mejora aún no concretada	Mejora aún no concretada

Fuente: La Autora, 2017

Con respecto a la mejora 10 sobre la colocación de un contador para la etapa de fabricación de Hydrox S, no pudo ser implementada durante el tiempo estimado, debido a que IACR decidió postergar la colocación del contador, lo cual coloca esta mejora en lista de espera de mantenimientos correctivos por realizar. Se estima que la colocación del mismo sea para el mes de diciembre del año en curso.

Para la mejora 11, que contempla el cambio en los tanques de diésel, se realiza la compra del tanque a instalar, se contratan los servicios de ingenieros civiles, mecánicos y eléctricos para el diseño correspondiente y la instalación de dicho tanque. Para la colocación de este, es necesaria la aprobación de entes gubernamentales como Municipalidad de Esparza, Ministerio de Salud, Dirección General de Transporte y Comercialización de Combustibles. Al momento de la entrega del presente proyecto, la implementación de esta solución ha generado un costo de \$8250 en trámites administrativos, compra del tanque y servicios de diseño.

Por un aspecto legal, la Dirección General de Transportes y Comercialización de Combustibles no ha entregado el visto bueno para la instalación del nuevo tanque. Esto está fuera del alcance de este proyecto y es manejado por la empresa IACR, junto con la firma de asesores legales. Se pronostica que la instalación del tanque se realice en marzo del 2018, una vez recibido el visto bueno de la entidad competente.

Por otra parte, la mejora implementada 9 se presenta en la tabla 25, un comparativo de los tiempos de conexión y desconexión de la manguera para el

trasiego de Hydrox S del tanque hacia la cisterna. La puesta en marcha de esta mejora generó un beneficio de un 68% de reducción en el tiempo de colocación de la manguera y el mismo porcentaje para la desconexión de la misma.

Tabla N°25

Comparación de tiempos de conexión y desconexión de manguera antes y después de la implementación de las mejoras.

Comparación	Promedio Tiempo esperado (h)	Reducción en el tiempo esperado
Situación Inicial	0,25	68%
Situación Actual	0,08	

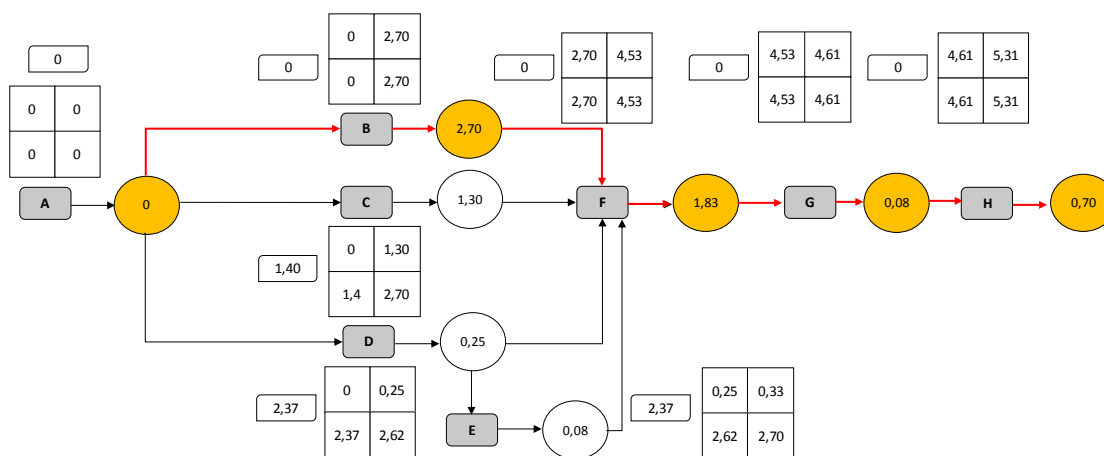
Fuente: La Autora, 2017

5.4.3 Resultados de implementación

Posterior a la implementación de las mejoras, se analiza el impacto en el tiempo de producción de 20500 kg de Hydrox S para exponer el aumento en la productividad durante el proceso de fabricación de la emulsión. Esto es posible mediante la comparación del diagrama Pert de la situación inicial versus la posterior a la implementación de las mejoras. En la figura 41 se observa el diagrama Pert de la situación actual.

Figura 41: Diagrama PERT de proceso de fabricación de Hydrox S posterior a la implementación de mejoras.

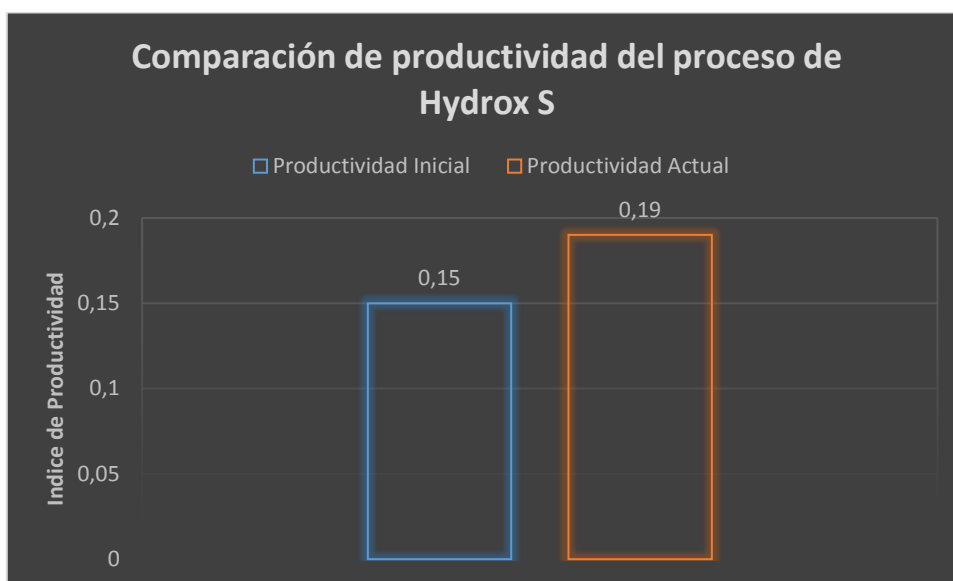
Clave	Actividad	Predecesor	Tiempo Esperado
A	Orden de Producción	N/A	0,00
B	Preparar Ansol	N/A	2,70
C	Preparar RDT 8.2	N/A	1,30
D	Colocar Cisterna	N/A	0,25
E	Conectar Manguera	D	0,08
F	Llenado de Cisterna con Hydrox S	B, C, D y E	1,83
G	Desconectar Manguera	F	0,08
H	Reporte de Produccion y preparado de Cisterna para despacho	F	0,70



Fuente: La Autora, 2017

Como resultado de la implementación de todas las mejoras descritas, se logra una reducción del 21.7% en el tiempo de la ruta crítica de producción de Hydrox S con lo cual se realizó una comparación entre la productividad inicial de proceso, tomando en cuenta la duración de su ruta crítica, con respecto a la productividad actual. Posterior a la implementación de las mejoras, se puede observar en la figura 42 un gráfico comparativo del aumento en la productividad.

Figura 42: Comparación de productividad del proceso de Hydrox S.



Fuente: La Autora, 2017

Por ende, una evidencia de esta reducción es el ahorro generado para la compañía en el costo de fabricación de la emulsión a granel. La comparación del costo de fabricación de la situación inicial con respecto a la actual se ve reflejada en la tabla 26.

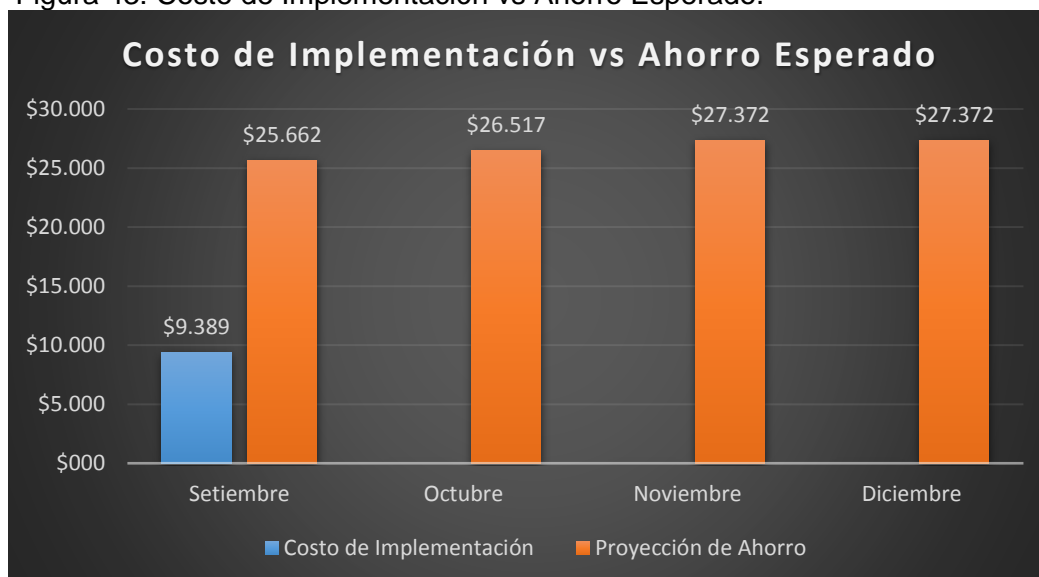
Tabla 26
Situación inicial vrs situación actual del costo de la ruta crítica

Costo por hora	Tiempo de ruta crítica inicia (h)	Costo inicial	Tiempo de ruta crítica actual (h)	Costo actual
\$581,90	6,78	\$3.945,26	5,31	\$3.089,87

Fuente: La Autora, 2017

El costo de materias primas no fue aportado por la compañía, por lo que el costo presente considera solamente mano de obra y costos indirectos de fabricación. El ahorro económico generado es de \$855.39 por unidad de Hydrox S producida, por lo que, tomando en cuenta la proyección de ventas para los meses de setiembre a diciembre del año 2017, se espera un ahorro de \$106 920 para IACR en la producción de emulsión a granel y es recuperable en aproximadamente una semana y tres días, mediante la fabricación de 11 unidades de Hydrox S, lo cual se detalla en la figura 43.

Figura 43: Costo de Implementación vs Ahorro Esperado.



Fuente: La Autora, 2017

CAPÍTULO 6:
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

A continuación, se presentan las conclusiones del presente proyecto, las cuales están asociadas a los objetivos planteados en el primer capítulo.

Se realiza un análisis de la situación inicial del proceso, de lo cual se concluye que:

- La etapa de producción de fase oxidante presenta tiempos muertos hasta de 0.42 horas.
- Se produce solución de nitrato de amonio, tanto en horario diurno como nocturno.
- Al momento del análisis el promedio de la capacidad de producción de fase oxidante es de 4704 kg/hh.
- El proceso de fabricación de fase oxidante y fase aceitosa no cuenta con documentación íntegra que pueda ser utilizada para trazar las producciones.
- El proceso de elaboración de RDT 8.2, al momento del análisis, tiene una capacidad de producción de 1024 kg/hh.
- El uso de diésel es compartido entre abastecimiento de camiones y el proceso de producción de la fase aceitosa, esto muestra retrasos en la fabricación del aceite por desabastecimiento del hidrocarburo.
- La ruta crítica del proceso de fabricación de Hydrox S, al momento del análisis, posee una duración de 6.78 horas para la preparación de 20 500 kg.

Posterior al análisis se procede a identificar las oportunidades de mejora del proceso de fabricación de Hydrox S, tales como:

- Tanto en la fase oxidante como aceitosa, existe una oportunidad de mejora en el método documental de las producciones.
- Existen tiempos muertos en las operaciones de fabricación de solución, aceites y actividades de carga del producto.
- Aumentar la capacidad de almacenamiento de ANSOL y diésel es necesario para generar un aumento en la productividad del proceso.
- No existe un método de conteo que permita medir correctamente la eficiencia de los procesos de ANSOL, RDT 8.2 y Hydrox S.
- La falta de organización del departamento de producción, afecta la eficiencia de las operaciones.

Por ende, se proponen acciones concretas que permitan generar un aumento en la productividad del proceso completo de fabricación de Hydrox S. Las cuales están detalladas en la Tabla 14, en esta se indican cuáles son aceptadas por la empresa IACR para su implementación. La implementación de las mejoras seleccionadas genera los siguientes impactos:

- La documentación de los procesos de fabricación de ANSOL y RDT 8.2 es confiable y trazable.
- El proceso de fase oxidante aumentó su capacidad de producción en un 33%.
- El proceso de fase aceitosa aumentó su capacidad de producción en un 15%

- Reducción de la ruta crítica del proceso de un 21.7%.
- Un ahorro de \$855.39 por unidad (camión cisterna) de Hydrox S producida.
- La mejora 10 y 11 están en proceso de implementación. Se presentaron situaciones fuera del alcance de este proyecto que retrasaron la puesta en marcha de las mismas.
- Al momento de finalizar el periodo de trabajo de este proyecto, la implementación de todas las mejoras presenta un costo de \$ 9388.9.
- La inversión se recupera con la fabricación de 11 unidades de Hydrox S, considerando el ahorro que generaron las mejoras implementadas. La recuperación se estima que sea de una semana y tres días.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda a la empresa IAC, para mantener los beneficios generados por el presente proyecto y aumentar la productividad del proceso, tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Considerar para el año 2018, la creación de una línea independiente de fabricación de Hydrox S.
- Colocar contadores en los tanques de ANSOL y RDT 8.2 para un mejor monitoreo de la duración de la preparación de estos.
- Aumentar la capacidad de almacenamiento de fase oxidante.
- Generar una evaluación mensual de la productividad del proceso.
- Llevar a término las propuestas de mejora aprobadas que, al momento de finalizar este proyecto, no se habían concluido.
- Procurar el mantenimiento de la documentación al día.
- Recertificar a los colaboradores en trabajos en alturas una vez al año.
- Crear un programa de capacitación para personal de nuevo ingreso que procure el correcto uso de registros y atención de tareas de manera eficiente que mantenga las mejoras generadas para evitar reducción de la productividad.

Bibliografía

- Arnoletto, E. (2001). *Administración de la Producción como Ventaja Competitiva*. Córdoba: Triunfar.
- Austin Powder Internacional. (2013). *Hazard Study Training*. Manuscrito no publicado.
- Bravo Carrasco, J. (2008). *Gestión de Procesos con responsabilidad Social*. Santiago de Chile: Evolución.
- Bravo Carrasco, J. (2009). *Gestión Avanzada de Procesos*. Santiago de Chile: Evolución.
- Carro, Roberto y González Gómez, Daniel A. (2015). *Administración de las operaciones. Actividades para el aprendizaje*. Mar del Plata: Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Centro de Innovación y Desarrollo Empresarial. (2004). *Guías de gestión de la innovación. Producción y logística*. Barcelona: CIDEM.
- Chase, R; Jacobs, R y Aquilano, N. (2009). *Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministro*. 12ª Ed. México D.F: McGraw-Hill.
- Chopra, S y Meindl, P. (2008). *Administración de la Cadena de Suministro: Estrategia, planeación y operación*. 3ª Ed. México: Pearson Educación.
- Escuela de Organización Industrial. (2013). *Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: EOI
- Gutiérrez Pulido, H y de la Vara Salazar, R. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. 2ª Ed. México D.F: McGraw-Hill.
- Herrera Acosta, R y Fontalvo Herrera, T. (2011). *Seis Sigma. Métodos estadísticos y sus aplicaciones*. España: Universidad de Málaga.
- Ibarra, S y Sarache, W. (2008). *"Dirección de la Producción: su papel estratégico en la competitividad empresarial"*. Becerra, F (editor). *Gestión de la Producción: una aproximación conceptual*. 1ª Ed. (pp. 15-64). Bogotá, Universidad Nacional de Colombia.
- Industriales Austin de Costa Rica. (2016). *Reseña Histórica de IACR*. Manuscrito no publicado.

- Jara Caisaguano, M. (2000). *Caracterización del poder de iniciación de multiplicadores*. (Tesis inédita de Bachillerato). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- Medina Cortez, R. (2014). *Evaluación técnico, económica, ecológica de los resultados de las pruebas realizadas usando emulsiones gasificadas en Cujone, Southern, Perú*. (Tesis inédita de Bachillerato). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Mori Flores, J y Canchucaja Cruz, R. (2011). *Estudio técnico económico de la producción de nitrato de amonio para la industria minera a partir de la petroquímica del metano*. (Tesis inédita de Bachillerato). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Pagés, C y Lora E. (2010). "La Era de la Productividad". Pagés, C (editor). La era de la productividad: cómo transformar las economías desde sus cimientos. (pp. 1-27). Washington, Banco Interamericano de Desarrollo.
- Pearton, S. (2014). *The application of pumpable emulsions in narrow-reef stoping*. Presentado en The 6th International Platinum Conference, Platinum–Metal for the Future, realizado en Johannesburgo del 23 al 24 de octubre de 2014.
- Prokopenko, J. (1989). *La Gestión de la Productividad: Manual Práctico*. Ginebra: Organización Internacional del Trabajo.
- Romero Naranjo, F. (2009). *Manual Técnico para el uso de explosivos utilizados en voladuras a cielo abierto en vías terrestres*. (Tesis inédita de Maestría). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Vilela Sangay, W. (2014). *Análisis de factibilidad para el uso de ANFO Pesado a base de emulsión gasificable en Minera Yanacocha*. (Tesis inédita de Bachillerato). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

Glosario

Cisterna: Camión destinado al transporte de productos líquidos.

Emulsión: Mezcla de dos sustancias inmiscibles, en este caso solución de nitrato de amonio y aceite.

Expancel: Micro esferas de plástico para densificar producto explosivo.

Módulo: Máquina neumática e hidráulica utilizada para el mezclado de emulsiones.

Oxidante: Sustancia que cede fácilmente oxígeno, oxidando otras sustancias.

ANEXOS

Anexo 1. Registro de Fabricación de ANSOL antes de la mejora

PREPARACION DE SOLUCIÓN			
ORDEN DE SOLUCIÓN #:		LOTE: 257	
PRODUCTO A PRODUCIR :		ANSOL ANSN	
FECHA: 28-11-16		SAP # 1864	
FINAL # 2116		EMISION # 2860	
SOLUCIÓN DE NITRATO DE AMONIO		SOLUCIÓN DE S.N-N.A.	
SALDO ANTERIOR (AN)	<input type="text"/>	SALDO ANTERIOR	0
AGUA	<input type="text"/>	AGUA	3,600
NITRATO DE AMONIO	<input type="text"/>	NITRATO DE AMONIO	15,350
		NITRATO DE SODIO	<input type="text"/>
TOTAL DE ANSOL	<input type="text"/>	TOTAL DE SOLUCIÓN ANSN	18,950 Kg
Punto de Cristalización °F	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Concentración de N. A.	81,2	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Densidad	1,374	<input type="text"/>	<input type="text"/>
PH	4,76	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Temperatura de Inicio °F	185	<input type="text"/>	<input type="text"/>
SALDO DISPONIBLE DE SOLUCIÓN	18,950	Kg.	
CONSUMO DE PRODUCCIÓN	<input type="text"/>	Kg.	
SALDO TOTAL DE SOLUCIÓN	<input type="text"/>	Kg.	
TANQUE N°	1	2	
OPERADOR:	Greivin L		
SUPEVISOR:	Manfred		
COMENTARIOS:			

las horas - 2
2 colaboradores

HN 2 total 4

Anexo 2. Registro de Fabricación de ANSOL posterior a la mejora



Industriales Amstir de Costa Rica S.A.
Españo-Panareno, Km. 101 Interamericana Norte
Tel: (506) 4001-9431.

REGISTRO DE CONTROL DE SALDOS DE SOLUCIONES

Código: 4-PROD-TQ-CON-SOL

Versión 2

Fecha: 27 Abril 2017

Página 1 de 1

Fecha 03-06-17 Responsable Argenis Arcaya
 Lote 120 Emisión No. _____
 Orden SAP No. 2906 Recibo No. _____
 Solución a Producir ANSOL SNANSOL
 Tanque X 1 2 Saldo Anterior 1510 kg

Dosificación de Materias Primas						
Hora hh:mm	Temp. °C	Agua kg	Nitrato de Amonio kg	Nitrato de Sodio kg	#Lote Materia Prima	Observaciones
6:15	80	4785		-		
7:00	85		500	-	92	
7:40	82		3750	-	92	
8:15	85		2500	-	92	
8:35	85		3750	-	92	
9:10	85		5415	-	92	
Total		4785	20415	-		

Saldos de Solución

Total de solución producida 25200 kgSaldo disponible de solución 26710 kg

Parámetros de Solución

Punto Cristalización 141,8 °C Densidad 1,375 g/cm³Concentración 81,3 % pH 5,06

Horas Hombre Empleadas

Cantidad de colaboradores: 1Horas Diurnas por colaborador: 3,5

Horas Mixtas por colaborador: _____

Total de Horas: 3,5

Total de Horas: _____

Comentarios:

Anexo 3. Registro de Fabricación de RDT 8.2 antes de la mejora

CONTROL Y CONSUMO ACEITE		
# DE ORDEN:		SAP # 1857
TIPO DE ACEITE:		RDT8,2CR RDT27CR
FINAL # 2113		EMISION# 2557
FECHA: 26-11-16		Lote: 146
	KGS	
SALDO ANTERIOR	1670	
RDT-33	988 ✓	
PARALUX		
DIESEL OLINA	2272	
TOTAL ACEITE PRODUCIDO	3,260	
Total Disponible ACEITE	4,930	kgs
Consumo de producción		kgs
Saldo Total de Aceite		kgs
DENSIDAD	0,84	g/cm3
TEMPERATURA DE INICIO	95	°F
TANQUE N°	3	
OPERADORES:	Greivin L Brian M	
SUPERVISOR:	Manfred	
OBSERVACIONES:	AM	total
2 colaboradores	1,5	3.
horas - 1,5		

REGISTRADO
CONTABILIDAD
PIC

Anexo 4. Registro de Fabricación de RDT 8.2 posterior a la mejora



Industriales Austin de Costa Rica S.A.
Esparza-Pantaronas, Km 101 Interamericana Norte.
Tel:(506) 4001-9431.

REGISTRO DE CONTROL DE SALDOS DE ACEITES	Código: 4-PROD-TQ-CON-RDT Versión 2 Fecha: 28 Abril 2017 Página 1 de 1
---	---

Fecha 12-05-17 Responsable Argenis Arcoyo
 Lote 66 Recibo No. _____
 Orden SAP No. 2779 Emisión No. _____
 Aceite RDT 8.2 RDT 27 RDT 27W
 Tanque X3 4 5 Saldo Anterior 2312 kg

Dosificación de Materias Primas								
Hora hh:mm	Temp. °C	RDT 33 kg	Diesel kg	Oleína kg	Paralux kg	Parafín kg	#Lote Materia Prima	Observaciones
1:00	29		550	-	-	-	14/18	
1:35	35	238		-	-	-	1966	
Total		238	550					

Saldos de Aceite

Total de aceite producido 758 kg
 Saldo de aceite disponible 3100 kg

Parámetros de Aceite


Densidad 0,855 (g/cm³)

Horas Hombre Empleadas

Cantidad de colaboradores: 1
 Horas Diurnas por colaborador: 0,75 Total de Horas: 0,75
 Horas Mixtas por colaborador: _____ Total de Horas: _____
 Horas Nocturnas por colaborador: _____ Total de Horas: _____

Comentarios:

Anexo 5. Registro de Capacitación: Uso de Registros y Manual de Puestos

 AUSTIN POWDER INTERNATIONAL INDUSTRIALES AUSTIN DE COSTA RICA	CODIGO SHES-P21-R01
REGISTRO DE CAPACITACION	VERSION 01

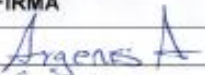

NOMBRE DEL CURSO O CAPACITACION: Uso del registro "REGISTRO DE CONTROL DE SALDOS DE SOLUCIONES"	
CODIGO DEL CURSO EN SISTEMA: 4-PROD-TQ-CON-SOL	
FECHA: 27-04-2017	Hora de inicio: 8:30 am
	Hora final: 9:30 am

NOMBRE DEL CURSO O CAPACITACION: Uso del registro "REGISTRO DE CONTROL DE SALDOS DE ACEITES"	
CODIGO DEL CURSO EN SISTEMA: 4-PROD-TQ-CON-RDT	
FECHA: 27-04-2017	Hora de inicio: 9:30 am
	Hora final: 10:30 am

NOMBRE DEL CURSO O CAPACITACION: Entrega del documento "DESCRIPCIÓN DE PUESTO DE TRABAJO"	
CODIGO DEL CURSO EN SISTEMA: N/A	
FECHA: 27-04-2017	Hora de inicio: 10:30 am
	Hora final: 11:00 am

INSTRUCTOR (A): Juan Carlos Bogantes	FIRMA: 
--------------------------------------	---



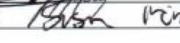

LISTA DE PARTICIPANTES

#	NOMBRE	FIRMA	# CEDULA	DEPARTAMENTO
1	Argenis Arroyo Guerrero		6393913	Producción
2	Greivin Ledezma Ramirez		60360303	Producción

Observaciones: -Se hace entrega física del registro 4-PROD-TQ-CON-SOL y se realiza práctica de llenado del registro. -Se hace entrega física del registro 4-PROD-TQ-CON-RDT y se realiza práctica de llenado del registro. -Se hace entrega física del documento DESCRIPCIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO

Anexo 6. Registro de Capacitación: Procedimiento para preparación de ANSOL y RDT 8.2 para Operador 1

 AUSTIN POWDER INTERNACIONAL INDUSTRIALES AUSTIN DE COSTA RICA	CODIGO SHES-P21-R01
REGISTRO DE CAPACITACION	VERSION 01

NOMBRE DEL CURSO O CAPACITACION: Procedimiento para Preparación de ANSOL	
CODIGO DEL CURSO EN SISTEMA: SHES-P08-TQ-AN	
FECHA: 16-06-2017	Hora de inicio: 9:30 am
	Hora final: 10:30 am
INSTRUCTOR (A): Juan Carlos Bogantes	FIRMA: 
INSTRUCTOR (A): Aurelio Benavides	FIRMA: 
INSTRUCTOR (A): Jeffrey Salazar	FIRMA: 
INSTRUCTOR (A): Susan Méndez	FIRMA: 

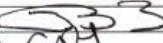



LISTA DE PARTICIPANTES

#	NOMBRE	FIRMA	# CEDULA	DEPARTAMENTO
1	Argenis Arroyo G.	Argenis A	6393913	Producción

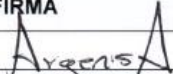
Observaciones:

- Se le hace entrega al colaborador del procedimiento impreso.
- Se adjunta resultado de prueba aplicada.

 AUSTIN POWDER INTERNATIONAL INDUSTRIALES AUSTIN DE COSTA RICA	CODIGO SHES-P21-R01
REGISTRO DE CAPACITACION	VERSION 01

NOMBRE DEL CURSO O CAPACITACION: Procedimiento para Preparación de RDT 8.2	
CODIGO DEL CURSO EN SISTEMA: SHES-P08-TQ-RDT8.2	
FECHA: 16-06-2017	Hora de inicio: 9:30 am
	Hora final: 10:30 am
INSTRUCTOR (A): Juan Carlos Bogantes	FIRMA: 
INSTRUCTOR (A): Aurelio Benavides	FIRMA: 
INSTRUCTOR (A): Jeffrey Salazar	FIRMA: 
INSTRUCTOR (A): Susan Méndez	FIRMA: 


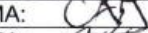


LISTA DE PARTICIPANTES

#	NOMBRE	FIRMA	# CEDULA	DEPARTAMENTO
1	Argenis Arroyo Guerrero		6393913	Producción

Observaciones: - Se le hace entrega al colaborador del procedimiento impreso. - Se adjunta resultado de prueba aplicada.
--

Anexo 7. Registro de Capacitación: Procedimiento para preparación de ANSOL y RDT 8.2 para Operador 2

 AUSTIN POWDER INTERNATIONAL INDUSTRIALES AUSTIN DE COSTA RICA	CODIGO SHES-P21-R01
REGISTRO DE CAPACITACION	VERSION 01

NOMBRE DEL CURSO O CAPACITACION: Procedimiento para Preparación de RDT 8.2	
CODIGO DEL CURSO EN SISTEMA: SHES-P08-TQ-RDT8.2	
FECHA: 16-06-2017	Hora de inicio: 9:30 am
	Hora final: 10:30 am
INSTRUCTOR (A): Juan Carlos Bogantes	FIRMA: 
INSTRUCTOR (A): Aurelio Benavides	FIRMA: 
INSTRUCTOR (A): Jeffrey Salazar	FIRMA: 
INSTRUCTOR (A): Susan Méndez	FIRMA: 


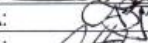


LISTA DE PARTICIPANTES

#	NOMBRE	FIRMA	# CEDULA	DEPARTAMENTO
1	Greivin Ledezma R	Greivin	60360303	Produccion

Observaciones:

- Se le hace entrega al colaborador del procedimiento impreso.
- Se adjunta resultado de prueba aplicada.

 AUSTIN POWDER INTERNATIONAL INDUSTRIALES AUSTIN DE COSTA RICA	CODIGO SHES-P21-R01
REGISTRO DE CAPACITACION	VERSION 01

NOMBRE DEL CURSO O CAPACITACION: Procedimiento para Preparación de ANSOL	
CODIGO DEL CURSO EN SISTEMA: SHES-P08-TQ-AN	
FECHA: 16-06-2017	Hora de inicio: 9:30 am
	Hora final: 10:30 am
INSTRUCTOR (A): Juan Carlos Bogantes	FIRMA: 
INSTRUCTOR (A): Aurelio Benavides	FIRMA: 
INSTRUCTOR (A): Jeffrey Salazar	FIRMA: 
INSTRUCTOR (A): Susan Méndez	FIRMA: 

LISTA DE PARTICIPANTES

#	NOMBRE	FIRMA	# CEDULA	DEPARTAMENTO
1	Greivin Fedecma R	Greivin	603600303	Produccion

Observaciones: - Se le hace entrega al colaborador del procedimiento impreso. - Se adjunta resultado de prueba aplicada.
--

Anexo 8. Descripción del puesto de trabajo: Operador de Tanques



DESCRIPCIÓN DE PUESTO DE TRABAJO

Edición N°1

Fecha de elaboración: 02 mayo 2017 Fecha de revisión: 02 mayo 2017

Página 1 de 2

GENERALIDADES DEL PUESTO DE TRABAJO		
NOMBRE DEL PUESTO DE TRABAJO	Operador de Tanques	
DEPARTAMENTO O GERENCIA	Producción	
GERENCIA O JEFATURA A QUIEN RESPONDE	Supervisor de Producción/Jefe de Producción/Genente de Producción	
CLASIFICACIÓN MTSS	TNC (Trabajador No Calificado)	
CLASIFICACIÓN INS	Otros trabajadores No Calificados de los Servicios Código 9139	
CLASIFICACIÓN CCSS	Peón general (camaronero) y otro trabajador no calificado de los servicios 9139	
PROPÓSITO DEL PUESTO (descripción breve de la necesidad del puesto de trabajo en la organización)		
El propósito del puesto de operador de tanques nace de la necesidad de producir soluciones y aceites necesarios para el proceso de producción de emulsiones empaçadas y a granel.		
FUNCIONES DEL PUESTO		
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE FUNCIONES	ENTREGABLES (documentación o evidencia)
1. RECIBO DE MATERIAS PRIMAS	<ul style="list-style-type: none"> Registro de materias primas recibidas. Apoyo a labores de descarga de materias primas. 	Bitácora correspondiente a cada materia prima.
2. PRODUCCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> Fabricación de solución oxidante. Fabricación de aceite. Seguimiento de saldos de tanques de solución oxidante. Seguimiento de saldos de tanques de aceite. Registro de producción de solución oxidante. Registro de producción de aceite. 	Bitácora correspondiente a cada tanque. Registro de control de saldos de soluciones. Registro de control de saldos de aceite.
3. LIMPIEZA	<ul style="list-style-type: none"> Limpieza general del área de trabajo. Separación de residuos en recipiente correspondiente. 	
4. GENERALES	<ul style="list-style-type: none"> Cumplir con cualquier actividad asignada por la gerencia o la supervisión. 	
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS ASIGNADOS		
<ul style="list-style-type: none"> Equipo de protección personal Uniforme de trabajo Montacargas 		
COMPETENCIAS REQUERIDAS POR EL PUESTO		
Ordenado	Trabajo en Equipo	
Responsable	Orientación a resultados	
Organizado	Preocupación por la seguridad, calidad y precisión	
Manejo del Estrés	Capacidad para trabajar en un ambiente altamente competitivo	
ÁREAS DE CONOCIMIENTO		
Educación primaria terminada o parcial	Terminada	
Educación secundaria terminada o parcial		
Educación superior parcial o terminada		
Cursos, Seminarios o Talleres		



DESCRIPCIÓN DE PUESTO DE TRABAJO


Edición N°1

Fecha de elaboración: 02 mayo 2017 Fecha de revisión: 02 mayo 2017


Página 2 de 2

REQUISITOS GENERALES DEL PUESTO	
Rango de Edad	18-35 años
Sexo	Masculino
Experiencia laboral	Mínima 6 meses de experiencia
Recomendaciones	Presentar 2 cartas de recomendación
Horario regular de trabajo	Lunes a Sábado 6:00 a.m. a 3:00 p.m.
Hoja de delincuencia	Al día
Licencia de conducir	D3
Residencia	Residir en los alrededores de Esparza

Anexo 9. Registro de Control de Soluciones

 AUSTIN POWDER <small>INTERNATIONAL</small>		ANÁLISIS DE SOLUCIONES		Código: 04-QC-TQ-06
FECHA: <u>9-06-17</u>		HORA: <u>6:05</u>		
TANQUE #1 ANBOL				
		ESPECIFICACIÓN	OBSERVACIONES	
Concentración	<u>81.4</u>	30 - 301%		
Temperatura de Cristalización	<u>61.6</u>	(50.8 - 65.0) °C		
pH	<u>5.64</u>	1.0 - 7.0		
Temperatura en Tanque	<u>85</u>	80 - 90 °C		
Densidad	<u>1.376</u>	(1.170 - 1.320) g/cm ³		
TANQUE #2 ANBOL				
		ESPECIFICACIÓN	OBSERVACIONES	
Temperatura Cristalización		(8) - 88) °C		
pH		3.0 - 7.0		
Temperatura en Tanque		(4) - 46) °C		
Densidad		(1.443) g/cm ³		
TANQUE #3 ROT 9 Z				
		ESPECIFICACIÓN	OBSERVACIONES	
Densidad	<u>0.852</u>	(0.843 - 0.859) g/cm ³		
Temperatura Tanque	<u>36</u>	(74 - 34) °C		
TANQUE #4 ROT 27				
		ESPECIFICACIÓN	OBSERVACIONES	
Densidad	<u>0.856</u>	(0.860 - 0.876) g/cm ³		
Temperatura Tanque	<u>78</u>	(73 - 78) °C		
TANQUE #5 ROT 27W				
		ESPECIFICACIÓN	OBSERVACIONES	
Densidad		(0.869 - 0.876) g/cm ³		
Temperatura Tanque		(76 - 80) °C		
Observaciones:				
Aprobado por: <u>Carlos Alvarca</u> <small>Control de Calidad</small>				

Anexo 10. Registro de Capacitación: Análisis de Soluciones

 AUSTIN POWDER INTERNATIONAL INDUSTRIALES AUSTIN DE COSTA RICA	CODIGO SHES-P21-R01
REGISTRO DE CAPACITACION	VERSION 01

NOMBRE DEL CURSO O CAPACITACION: Uso de registro "ANÁLISIS DE SOLUCIONES"	
CODIGO DEL CURSO EN SISTEMA: 4-QC-TQ-06	
FECHA: 28-04-2017	Hora de inicio: 02:30 pm
	Hora final: 03:30 pm
INSTRUCTOR (A): Francini Vargas	FIRMA: <i>Fr. Vargas P.</i>

LISTA DE PARTICIPANTES



#	NOMBRE	FIRMA	# CEDULA	DEPARTAMENTO
1	Carlos Abarca Garita	<i>AGOS</i>	<i>Z-726-516</i>	Control de Calidad
2	Luis Diego Badilla Jiménez	<i>Diego BJ</i>	<i>60389 0016</i>	Control de Calidad
3	Alejandro Jiménez Herrera	<i>[Signature]</i>	<i>6-331-052</i>	Control de Calidad

Observaciones:




-Se hace entrega física del registro 4-QC-TQ-06 y se realiza práctica de llenado del registro.

Anexo 11. Registro de Capacitación: Instrucción de trabajo para carga de diésel en estaciones de servicio a camiones de IACR

 AUSTIN POWDER INTERNATIONAL INDUSTRIALES AUSTIN DE COSTA RICA	CODIGO SHES-P21-R01
REGISTRO DE CAPACITACION	VERSION 01

NOMBRE DEL CURSO O CAPACITACION: Instrucción de trabajo para carga de diésel en estaciones de servicio a camiones de IACR	
CODIGO DEL CURSO EN SISTEMA: 3-LOG-DFO-I02	
FECHA: 02-05-2017	Hora de inicio: 02:00 pm
	Hora final: 03:00 pm
INSTRUCTOR (A): Pablo Chávez	FIRMA: 
INSTRUCTOR (A): Ana Laura Rojas	FIRMA: 

LISTA DE PARTICIPANTES

#	NOMBRE	FIRMA	# CEDULA	DEPARTAMENTO
1	Juan José Badilla Loría		6176 250	Logística
2	Mainor Bogantes Loria		6-227-098	Logística
3	Mauricio Saborío Marín		6-397-0975	Logística

Observaciones:

- Se hace entrega del documento 3-LOG-DFO-I02 a cada participante.
- Se realiza comprobación oral de entendimiento del documento.

Anexo 12. Instrucción de trabajo: Carga de Diésel a camiones



Industriales Austin de Costa Rica S.A.
Esparza-Puntarenas, Km 101 Interamericana Norte.
Tel: (506) 4001-0431.

INSTRUCCIÓN DE TRABAJO PARA CARGA DE DIESEL EN ESTACIONES DE SERVICIO A CAMIONES DE IACR	Código: 3-LOG-DFO-102 Versión 1 Fecha: 2 Mayo 2017 Página 1 de 1
---	---

Diagrama de Flujo	Instrucción
<pre> graph TD Inicio([Inicio]) --> SolicitarVale[Solicitar Vale] SolicitarVale --> RecargaDiésel[Recarga de diésel] RecargaDiésel --> CancelaciónVale[Cancelación de Vale] CancelaciónVale --> Fin([Fin]) </pre>	<ul style="list-style-type: none"> Revisar todos los días el nivel de combustible. Si el tanque está a un ¼ de su capacidad, diríjase a su jefatura inmediata.
	<ul style="list-style-type: none"> Solicitar un vale por un máximo de 50 000 colones bajo el concepto de diésel para camión e indicar la placa y kilometraje del camión.
	<ul style="list-style-type: none"> Trasládese a la estación de servicio más cercana. Solicitar la cantidad suficiente de diésel para llenar el tanque. Solicitar factura timbrada a nombre de Industriales Austin de Costa Rica.
	<ul style="list-style-type: none"> Una vez en instalaciones de IACR, diríjase al departamento de contabilidad de IACR y haga entrega de la factura otorgada por la estación de servicio, así como el dinero sobrante en caso de haberlo.

Elaboró: Pablo Chaves
Jefe de Contabilidad

Revisó: Ana Laura Rojas
Gerente de Administrativa

Aprobó: Juan José Lara
Gerente General

Anexo 13. Orden de Compra: Certificación para persona que realiza trabajos en alturas



INDUSTRIALES AUSTIN DE COSTA RICA, S.A.
 Kilómetro 101, Interamericana Norte, Frente a antigua Mina
 Macacona, Esparza, Puntarenas, Costa Rica
 CEDULA JURIDICA No. 3-101-247105 Apdo. 084-5500 Esparza
 Puntarenas, Costa Rica
 Tel: (506) 4001-9420, 4001-9425

Proveedor: Desarrollos Floruma LTDA

Contacto: Francisco Alonso Ortiz

Tel.: 2282-74-68

Ship to: Kilómetro 101, Interamericana Norte, frente a Antigua Mina
 Macacona

836-1011 ESPARZA
 COSTA RICA

Teléfono: (506) 4001-9420, 4001-9425


No. ORDEN DE COMPRA 6846

Fecha:	23/08/2017
Vía:	
Atención:	Empleado del departamento
Fecha de envío:	18/08/2017


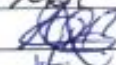




Cantidad	Medida	Descripción	Precio Unitario	Precio
8		Capacitaciones, Certificación de trabajos en alturas para personal que realizar labores en alturas.	USD 120	USD 960

Anexo 14. Registro de Capacitación: Certificación para persona que realiza trabajos en alturas

 AUSTIN POWDER INTERNACIONAL INDUSTRIALES AUSTIN DE COSTA RICA	CODIGO SHES-P21-R01
REGISTRO DE CAPACITACION	VERSION 01

NOMBRE DEL CURSO O CAPACITACION: Persona Autorizada para Trabajos en Alturas	
CODIGO DEL CURSO EN SISTEMA: N/A	
FECHA: 06-09-2017	Hora de inicio: 8:00 am Hora final: 12:00 md
INSTRUCTOR (A): Randall Umaña (Floruma)	FIRMA: 

LISTA DE PARTICIPANTES

#	NOMBRE	FIRMA	# CEDULA	DEPARTAMENTO
1	Mario Bogantes Rojas		604060901	Producción
2	Andrés Palma Blanco		206660939	Mantenimiento
3	Gustavo Vasquez S.		603910709	Producción
4	Greivin Latorre R.	Greivin Latorre R.	603600303	Producción
5	Royce Villafuerte Aguayo		6-0443-0725	Producción
6	Michael Andrés Arias		1-1481-566	Producción.
7	OSVALDO RAMÍREZ PÉREZ	Osvaldo Ramírez	1-877-028	LOGÍSTICA
8	Heiner Montero Duran		1840194	Mantenimiento
9	San Amel Jiménez D	San Amel Jiménez D	6-154 851	Producción
10				

Observaciones: -Se realiza entrenamiento teórico-práctico. -Se realiza comprobación de conocimiento mediante prueba escrita y práctica.

Anexo 15. Orden de Compra: Contador para Módulo de Operación



INDUSTRIALES AUSTIN DE COSTA RICA, S.A.
 Kilómetro 101, Interamericana Norte, Fente a antigua Mina
 Macacona, Esparza, Puntarenas, Costa Rica
 CEDULA JURIDICA No. 3-101-247105 Apdo. 084-5500 Esparza
 Puntarenas, Costa Rica
 Tel: (506) 4001-9420, 4001-9425

Proveedor: Soluciones Industriales Electromecanicas S.A.

Contacto: Edwin Sheerin **Tel.:** 2203-1516

Ship to: Kilómetro 101, Interamericana Norte, frente a Antigua Mina
 Macacona

836-1011 ESPARZA
 COSTA RICA

Teléfono: (506) 4001-9420, 4001-9425

No. ORDEN DE COMPRA 5563

Fecha:	23/11/2016
Vía:	
Atención:	Empleado del departamento
Fecha de envío:	30/11/2016

Cantidad	Medida	Descripción	Precio Unitario	Precio
1		Accesorios Planta, Fuente de poder siemens	CRC 40,824	CRC 40,824
1		Accesorios Planta, Contador Tacometro Digital Delta 2	CRC 65,771.1	CRC 65,771.1
1		Accesorios Planta, Fotoswitch	CRC 125,610	CRC 125,610

Anexo 16. Órdenes de Compra: Tanque y Planos Civiles, Mecánicos y Eléctricos



INDUSTRIALES AUSTIN DE COSTA RICA, S.A.
Kilómetro 101, Interamericana Norte, Fente a antigua Mina
Macacona, Esparza, Puntarenas, Costa Rica
CEDULA JURIDICA No. 3-101-247105 Apdo. 084-5500 Esparza
Puntarenas, Costa Rica
Tel: (506) 4001-9420, 4001-9425

Proveedor: Aceros Centroamericanos S.A.

Contacto: Tel.: 2235-03-04

Ship to: Kilómetro 101, Interamericana Norte, frente a Antigua Mina
Macacona

836-1011 ESPARZA
COSTA RICA

Teléfono: (506) 4001-9420, 4001-9425

No. ORDEN DE COMPRA 6335

Fecha:	11/05/2017
Vía:	
Atención:	Empleado del departamento
Fecha de envío:	12/05/2017

Cantidad	Medida	Descripción	Precio Unitario	Precio
1	UNID	Maquinaria y Equipo, Tanque de acero de 4000 galones para almacenamiento de Diesel	CRC 3,089,000	CRC 3,089,000



INDUSTRIALES AUSTIN DE COSTA RICA, S.A.
Kilómetro 101, Interamericana Norte, Fente a antigua Mina
Macacona, Esparza, Puntarenas, Costa Rica
CEDULA JURIDICA No. 3-101-247105 Apdo. 084-5500 Esparza
Puntarenas, Costa Rica
Tel: (506) 4001-9420, 4001-9425

Proveedor: Lucas Anchia Rodriguez

Contacto: Lucas Anchia Rodriguez Tel.: 8838-02-28

Ship to: Kilómetro 101, Interamericana Norte, frente a Antigua Mina
Macacona

836-1011 ESPARZA
COSTA RICA

Teléfono: (506) 4001-9420, 4001-9425

No. ORDEN DE COMPRA 5877

Fecha:	31/01/2017
Vía:	
Atención:	Empleado del departamento
Fecha de envío:	03/02/2017

Cantidad	Medida	Descripción	Precio Unitario	Precio
1		Servicios Profesionales, 1 servicio profesional para evaluacion y diseño de sistema de almacenamiento de diesel	USD 600	USD 600



INDUSTRIALES AUSTIN DE COSTA RICA, S.A.
 Kilómetro 101, Interamericana Norte, Fente a antigua Mina
 Macacona, Esparza, Puntarenas, Costa Rica
 CEDULA JURIDICA No. 3-101-247105 Apdo. 084-5500 Esparza
 Puntarenas, Costa Rica
 Tel: (506) 4001-9420, 4001-9425

Proveedor: INELECORI, S.A.

Contacto: Tel.:

Ship to: Kilómetro 101, Interamericana Norte, frente a Antigua Mina
 Macacona

836-1011 ESPARZA
 COSTA RICA

Teléfono: (506) 4001-9420, 4001-9425

No. ORDEN DE COMPRA 6613

Fecha:	03/07/2017
Vía:	
Atención:	Empleado del departamento
Fecha de envío:	03/07/2017

Cantidad	Medida	Descripción	Precio Unitario	Precio
1		Servicios Profesionales, Planos electricos para proyecto de tanque de diesel	USD 600	CRC 347,418



INDUSTRIALES AUSTIN DE COSTA RICA, S.A.
 Kilómetro 101, Interamericana Norte, Fente a antigua Mina
 Macacona, Esparza, Puntarenas, Costa Rica
 CEDULA JURIDICA No. 3-101-247105 Apdo. 084-5500 Esparza
 Puntarenas, Costa Rica
 Tel: (506) 4001-9420, 4001-9425

Proveedor: INELECORI, S.A.

Contacto: Tel.:

Ship to: Kilómetro 101, Interamericana Norte, frente a Antigua Mina
 Macacona

836-1011 ESPARZA
 COSTA RICA

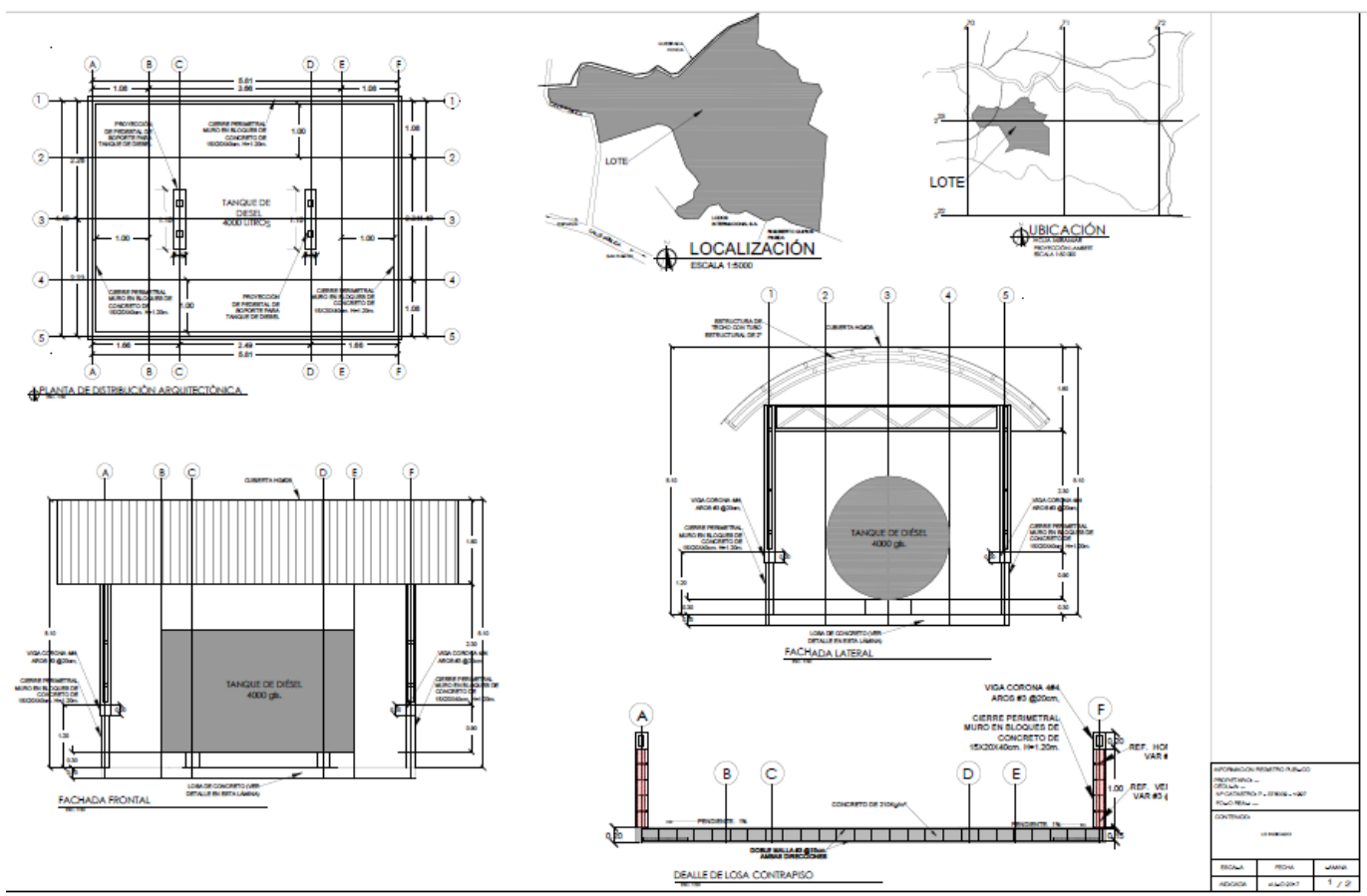
Teléfono: (506) 4001-9420, 4001-9425

No. ORDEN DE COMPRA 6831

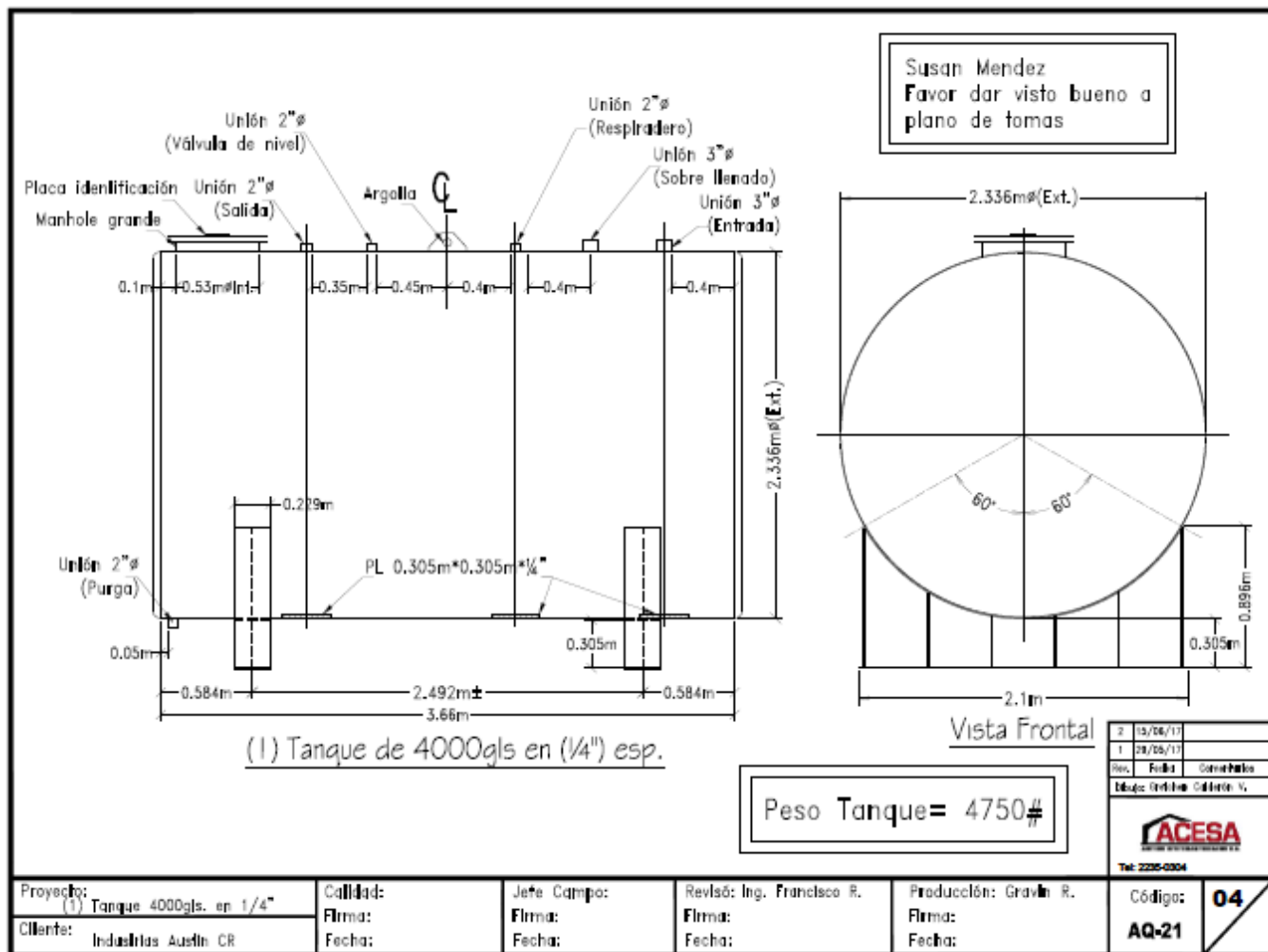
Fecha:	16/08/2017
Vía:	
Atención:	Empleado del departamento
Fecha de envío:	17/08/2017

Cantidad	Medida	Descripción	Precio Unitario	Precio
1		Servicios Profesionales, Plano mecanico para proyecto de tanque de diesel	USD 800	USD 800

Anexo 17. Diseño civil para área de tanque de diésel



Anexo 18. Diseño de Tanque de Diésel



Anexo 19. Viabilidad de proyecto: Propuesta 3 Aumento de capacidad de almacenamiento de ANSOL, fase oxidante

**Flujo de efectivo neto del proyecto:
Aumento de capacidad de almacenamiento de ANSOL**

Detalle	Año 0	2017	2018	2019	2020	2021	2021
Inversión	-\$65.895						
Depreciación		3.295	6.929	6.929	6.929	6.930	6.930
Impuestos (30%)		7.042	5.951	4.751	5.951	5.951	4.751
Total	-\$65.895	\$19.725	\$20.816	\$18.016	\$20.816	\$20.816	\$18.016

Suposiciones						
Detalle	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Impuestos	30,00%	30,00%	30,00%	30,00%	30,00%	30,00%
Tasa de Descuento	16%	16%	16%	16%	16%	16%

Flujo Neto de Efectivo	\$72.817,58
Valor Actual Neto	\$6.922,58
Tasa Interna de Retorno	19,91%

	Años	Meses	Días
Periodo de Recuperación	3	4	7

Anexo 20. Viabilidad de proyecto: Propuesta 4 Cambio de tanque de almacenamiento de diésel, fase aceitosa

***Flujo de efectivo neto del proyecto:
Cambio de tanque de almacenamiento de diésel***

Detalle	Año 0	2017	2018	2019
Inversión	-\$30.730			
Depreciación		6.146	6.929	6.929
Impuestos (30%)		3.688	3.243	2.703
Total	-\$30.730	\$14.751	\$14.496	\$13.236

Suposiciones				
Detalle	2016	2017	2018	2019
Impuestos	30,00%	30,00%	30,00%	30,00%
Tasa de Descuento	16%	16%	16%	16%

Flujo Neto de Efectivo	\$31.969,60
Valor Actual Neto	\$1.239,60
Tasa Interna de Retorno	18,49%

	Años	Meses	Días
Periodo de Recuperación	2	1	10

Anexo 21. Viabilidad de proyecto: Propuesta 3 Creación de línea de producción de Hydrox S, fase Hydrox S

**Flujo de efectivo neto del proyecto:
Creación de línea de producción de Hydrox S**

Detalle	Año 0	2017	2018	2019	2020	2021
Inversión	-\$66.550					
Depreciación		13.310	6.929	6.929	6.929	6.930
Impuestos (30%)		4.989	6.903	5.703	6.903	6.903
Total	-\$66.550	\$24.950	\$23.036	\$20.236	\$23.036	\$23.037

Suposiciones						
Detalle	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Impuestos	30,00%	30,00%	30,00%	30,00%	30,00%	30,00%
Tasa de Descuento	16%	16%	16%	16%	16%	16%

Flujo Neto de Efectivo	\$75.283,94
Valor Actual Neto	\$8.733,94
Tasa Interna de Retorno	21,60%

	Años	Meses	Días
Periodo de Recuperación	2	9	20