

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



TESIS

**ANÁLISIS DE FALLAS FUNCIONALES DEL SISTEMA MOTO-
COMPRESOR DE PLANTA DE GAS AGUAYTÍA**

Presentado por el Bachiller:

APARCO CUCHULA HEBER

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO

HUANCAYO – PERÚ

2020

ASESOR

Ing. Edmundo Muñico Casas

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento va dirigido a Dios por que, “todas las cosas, todos los acontecimientos, para quien sabe leerlos con profundidad, encierran un mensaje que en definitiva remite a Dios”.

Agradecer a aquellos que contribuyeron con mi desarrollo personal, tanto a la plana docente, colaboradores en el trabajo y aquellos que me enseñaron que la vida es un regalo, donde uno decide cómo llevarla, el capitán eres Tú.

DEDICATORIA

A mis padres Juana y Octavio quienes me dieron el regalo de la vida junto a Dios y como no, a mis amados hermanos a quienes agradezco su aporte individual lleno de buenos valores y conocimientos, a Gaby y Hannah un futuro con belleza y esperanza.

Agradecerle a la vida ya que nos deja una enseñanza de que, una vez terminado el juego el rey y el peón vuelven a la misma caja.

A partir de cierto punto no hay retorno, ese es el punto que hay que alcanzar. (Kafka)

RESUMEN

La Investigación fue desarrollada en la planta de Gas Aguaytia que consta de tres procesos clave desde la extracción de hidrocarburos hasta la producción de gas seco, producción de NGL (Natural Gas Liquefied) y reinyección de agua. En el proceso de producción de gas seco se encuentra el sistema de reinyección de gas, que consta de dos motor-compresores para dicha reinyección. En la reinyección de gas existen fallas ocasionadas por algunos elementos durante el proceso de producción, las cuales se determinaron y que luego fueron analizadas, posteriormente se encontraron los componentes más críticos.

Así mismo la investigación realizada es de tipo tecnológico y tiene el nivel aplicado. Para el análisis se hizo a través de la herramienta del análisis de modos y efecto de fallas, ya que posteriormente se adaptó mediante tablas para identificar el modo y efecto de fallas latente o potencial de la falla, sus consecuencias, estimando el grado de severidad, el grado de ocurrencia, así como la detección para posteriormente ser calculado el número de prioridad de riesgo(NPR). Como resultado teniendo la bomba de lubricación forzada(A-3101), eje de transmisión (C-1825) con número de prioridad de riesgo de 224 y los controladores(3E-9335), bomba de lubricación(C-1231) y el empaque(B-1462) con 200. Dando como resultado que el número de prioridad de riesgo aceptable es de 52.09%, riesgo reducible deseable 37.5% y finalmente como riesgo inaceptable 10.41%, de los cuales se establecieron medidas correctivas con la finalidad de disminuir en NPR inaceptables, gracias al análisis de cada falla funcional se realizó un plan de acción.

Palabras claves: Fallas funcionales, análisis, motocompresor, planta de gas.

ABSTRAC

The investigation was developed in the Gas Aguaytia plant that consists of three key processes from the extraction of hydrocarbons to the production of dry gas, production of NGL (Natural Gas Liquefied) and reinjection of water. In the dry gas production process there is the gas reinjection system, which consists of two motor-compressors for said reinjection. In the gas reinjection there are failures caused by some elements during the production process, which were determined and then analyzed, later the most critical components were found.

Likewise, the research carried out is of a technological nature and has the applied level. For the analysis, it was done through the failure modes and effect analysis tool, since it was later adapted using tables to identify the mode and effect of latent or potential failures of the failure, its consequences, estimating the degree of severity, the degree of occurrence, as well as the detection to later be calculated the risk priority number (NPR). As a result, having the forced lubrication pump (A-3101), transmission shaft (C-1825) with risk priority number of 224 and the controllers (3E-9335), lubrication pump (C-1231) and the gasket (B-1462) with 200. Resulting in that the priority number of acceptable risk is 52.09%, desirable reducible risk 37.5% and finally as unacceptable risk 10.41%, of which corrective measures were established in order to decrease in Unacceptable NPR, thanks to the analysis of each functional failure, an action plan was made.

Keywords: Functional failures, analysis, motor compressor, gas factory.

ÍNDICE GENERAL

	Página
ASESOR	i
AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA.....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRAC	v
ÍNDICE GENERAL	vi
INDICE DE FIGURAS.....	x
INDICES DE TABLAS.....	xii
INTRODUCCION.....	1

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15

1.1.1. Problema general	15
1.3. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.3.1 Objetivo general	16
1.4. JUSTIFICACIÓN	16
1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES	16

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....	17
2.2 BASES TEÓRICAS	20
2.2.1 Falla	20
2.2.2 Clasificación de fallas.....	20
2.2.3 Análisis de falla	20
2.2.4 Consecuencias de las fallas.....	21
2.2.5 Análisis de modo y efecto de falla (AMEF).....	21
2.2.6 Etapas del Análisis de modo y efecto de falla.....	22
2.2.7 Tipos de análisis de modos y efecto de fallas	22
2.2.8 Finalidad del AMEF	23
2.2.9 Descripción del método.....	24
2.2.10 Mantenimiento.....	35
2.2.11 Sistema moto-compresor	36
2.3 BASES CONCEPTUALES	43
2.4 HIPÓTESIS	44

CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	47
3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN	47
3.3 NIVEL DE INVESTIGACIÓN	48
3.4 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	48
3.5 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN	48
3.5.1 Población	48
3.5.2 Muestra	48
3.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	49
3.6.1 Técnicas de recolección de datos	49
3.6.2 Instrumentos de recolección de datos.....	49
3.7 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	49

CAPITULO IV

ANALISIS DE FALLAS FUNCIONALES DEL SISTEMA MOTO-COMPRESOR

4.1 PROCESO DE ELABORACIÓN DEL AMEF	50
4.2 MOTOR DE COMBUSTIÓN	51
4.3 COMPRESOR	55
4.4 AERO ENFRIADOR	58
4.5 FILTRO (SCRUBBER).....	61
4.6 CILINDROS DE PRIMERA Y SEGUNDA ETAPA	63
4.7 IDENTIFICACIÓN DE FALLA FUNCIONAL	66
4.8 DETERMINACIÓN DE FALLAS FUNCIONALES DE CADA COMPONENTE.	68

4.9 TABLAS DE ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DEL SISTEMA MOTO-COMPRESOR.....	73
---	----

CAPITULO V

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

5.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.	83
5.1.1 Resultados obtenidos aplicando la metodología AMEF.	83
5.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS.	93
5.3 DISCUSIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	95
CONCLUSIONES.....	98
RECOMENDACIONES	99
BILBIOGRAFIA	100
ANEXOS	102

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Se aprecia una consistente caída de presión desde el 01/03/18 (líneas enmarcadas en rojo).	4
Figura 1.2 Se muestran las fallas en los compresores y las horas de pérdida que repercute en la producción.....	6
Figura 1.3 Informe relevante de fallas críticas de componentes del compresor.....	7
Figura 1.4 Informe de falla de descompensación de presión entre las etapas de compresión.....	8
Figura 1.5: Pozos, planta de Gas, Ductos y planta de fraccionamiento.	11
Figura 1.6: Diagrama funcional de planta de gas	13
Figura 1.7: Flujo de Gas en el sistema de reinyección.....	15
Figura 2.1 Esquema den número de prioridad de riesgo.	33
Figura 2.2: Descripción del sistema AMEF	35
Figura 2.3: Motor G3608 Caterpillar	37
Figura 2.4: Clasificación de compresores	38
Figura 2.5: Compresor Ariel de dos etapas.....	39
Figura 2.6: Sistema de enfriamiento de Gas y Agua.	40

Figura 2.7: PI&D del Sistema de enfriamiento.	40
Figura 2.8: Filtro de Gas o Scrubber.	41
Figura 2.9: Cilindro del compresor Ariel.	42
Figura 4.2: Grafico de funcionamiento del motor.	55
Figura 4.3: Grafico de funcionamiento del motor.	58
Figura 4.4: Grafico de funcionamiento del motor.	61
Figura 4.5: Diagrama funcional del Scrubber o Filtro.	63
Figura 4.6: Diagrama funcional del Cilindro.	66
Figura 5.1: Estado de falla del motor de combustión.	85
Figura 5.2: Estado de falla del Compresor.	86
Figura 5.3: Estado de falla del Aero enfriador.	87
Figura 5.4: Estado de falla del Filtro de Gas.	88
Figura 5.5: Estado de falla del Cilindro.....	89
Figura 5.6: Características en porcentaje de las fallas del sistema Moto compresor.	95

INDICES DE TABLAS

Tabla 2.1. Formato del modelo de AMEF.	25
Tabla 2.2: Clasificación de la gravedad del modo de fallo según la repercusión en el cliente/usuario	28
Tabla 2.3: Cuadro sobre clasificación según la Probabilidad de ocurrencia	30
Tabla 2.4: Cuadro de clasificación conforme la probabilidad de no detección	31
Tabla 2.5: Estado del número de prioridad de riesgo.....	34
Tabla 2.6: Operacionalización de la variable de estudio.	44
Tabla 4.1: Componentes del Motor de Combustión.	51
Tabla 4.2. Operación del motor de combustión.....	53
Tabla 4.3 Componentes del compresor reciprocante Ariel.	55
Tabla 4.4. Operación del compresor reciprocante Ariel.	57
Tabla 4.5: Elementos principales propensos a fallas del Aero enfriador	59
Tabla 4.6: Principios de operación del Aero enfriador.....	60
Tabla 4.7: Componentes del filtro propensos a fallas comunes.	61
Tabla 4.8: Principio de operación del filtro.	62
Tabla 4.9: Componentes del Cilindro.	64
Tabla 4.10: Principio de operación del Cilindro.	65

Tabla 4. 12: Falla funcional del motor de Combustión.	68
Tabla 4. 13: Falla funcional del Compresor.....	69
Tabla 4. 14: Falla funcional del Aero-enfriador(Cooler).....	70
Tabla 4. 15: Falla funcional del Filtro (Scrubber).....	71
Tabla 4. 16: Falla funcional del Filtro (Scrubber).....	72
Tabla 4.17: AMEF de Motor de Combustión.	74
Tabla 4.18: AMEF de Compresor Reciprocante.....	77
Tabla 4.19: AMEF de Aero Enfriador.	79
Tabla 4.20: AMEF de Filtro(Scrubber)	80
Tabla 4.21: AMEF de Filtro(Scrubber)	81
Tabla 5.1: Estado del número de prioridad de riesgo del motor de combustión....	84
Tabla 5.2: Estado de numero de prioridad de riesgo del compresor.....	85
Tabla 5.3: Estado de numero de prioridad de riesgo del motor del Aero enfriador.	86
Tabla 5.4: Estado de número de prioridad de riesgo del motor del filtro de Gas...	87
Tabla 5.5: Estado del número de prioridad de riesgo del Cilindro.....	88
Tabla 5.6: Plan de acción para los componentes con NPR críticos.	90
Tabla 5.7: Estado de las fallas con número de prioridad de riesgo aceptable.	93
Tabla 5.8: Estado de las fallas con número de prioridad de riesgo reducción deseable.	94
Tabla 5.9: Estado de las fallas con número de prioridad de riesgo inaceptable. ..	95

INTRODUCCION

El sistema de reinyección es una parte fundamental para la planta de gas ya que se usa para reinyectar el gas que no se usa en el proceso, por ello los reinyectores son imprescindibles en cuanto al proceso de producción de gasolina natural, el sistema de reinyección consta de cinco componentes básicos y elementales los cuales son: El motor CAT G3608, los Aero enfriadores, el filtro de gas o scrubber, el compresor junto a los cilindros donde se comprimen el gas. Este sistema está sometido a constantes paradas y arranques debido a las fallas de elementos críticos, producto de esa parada hace que exista un déficit en la producción de barriles de gasolina natural y por tanto repercute en la ganancia. Es por tal motivo que, para mitigar las fallas funcionales en la reinyección de gas, se analizaron cada una de las fallas, gracias al procedimiento del análisis se pudo realizar un plan de acción, el cual se desarrolló de forma eficaz gracias a la metodología del AMEF.

La presente investigación se divide por capítulos de la siguiente manera:

Durante el capítulo I se plantea el problema esencial en las situaciones que se encontró el sistema moto compresor, para después trazar un objetivo, justificar la razón del estudio y conocer las limitaciones que se tenían.

El capítulo II trata sobre el marco teórico, en el cual se tuvo estructurada los precedentes de estudio de los cuales se obtuvo información, así como la base teórica el cual son una base primordial y esencial para el desarrollo de este capítulo,

el marco conceptual, la hipótesis de una posible solución a la incógnita acompañado de la identificación de la operacionalización de variables tomados.

En el capítulo III se describe el método a aplicar, así como el tipo, nivel y diseño de investigación, esta pesquisa es de tipo básico y nivel explicativo. Adicionalmente se consideró la técnica e instrumentos de recolección de datos.

El capítulo IV se describe las partes fundamentales, comenzando con la identificación de elementos y funciones mediante diagramas funcionales y la relación que tiene con su contexto operativo de cada uno de los sistemas para posteriormente analizando las fallas funcionales que tiene cada uno, posteriormente se elaboraron el análisis de modo y efecto de falla críticos mediante el AMEF y el uso de tablas.

En el capítulo V, se exhibe los resultados de la investigación partiendo de la realización e interpretación de las tablas, gráficos de barras y gráfico circular, después de la aplicación del AMEF. Posteriormente se hizo una comparación y semejanza con los resultados de los antecedentes usados, se culminó presentando un plan de acción para los riesgos inaceptables ya que de esa manera se pueda reducir las paradas en el moto compresor.

Se espera que el presente trabajo pueda servir como documento de consulta para los profesionales dedicados al rubro.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La investigación se realizó en la planta de gas de la empresa Aguaytia Energy, ubicado en el distrito de Curimaná provincia de Padre Abad departamento de Ucayali. La planta de gas está ubicada a 30km aproximadamente del distrito mencionado el cual está a 96 km de la ciudad de Pucallpa.

La planta de gas de la empresa cuenta con dos reinyectores (cada una de ellas trabaja produciendo 50%), conformados por los mismos equipos que aquí se estudiarán, cuando ambos equipos sufren una parada se deja de reinyectar gas seco, eso implica que se produce poca producción de gasolina natural, cada moto compresor está diseñado para reinyectar 55 mmpcpd ello implica que la producción total de gasolina es de 1300 barriles por día, estos equipos son críticos y fundamentales que estén operando sin paradas intempestivas hasta su mantenimiento programado, ya que cada falla funcional toma tiempo en repararlo debido a varios factores que más adelante se estudiaran. A

continuación, se describen según número de orden y permiso de trabajo aquellas paradas del moto compresor.

El motocompresor tuvo una parada desde las 17:27 horas donde logística informo que los repuestos nuevos necesarios están por llegar a planta en los próximos días, se genera la OT 2592 y PT 7587 para la evaluación del caso, se coordina con operaciones para intervenir al sistema. Se decide buscar repuestos de segunda condición para poner operativo el motor, se pusieron anillos y baquelita espaciadora de segunda condición, la parada tuvo una duración de 6 horas aproximadamente donde se perdieron 150 barriles de gasolina natural, que en pérdidas económicas es un aproximado de \$10,500.00 (dólares americanos).

El día 04/03/18, se recibe el pedido de operaciones, para evaluar una baja presión de descarga en la segunda etapa de compresión. Ver Fig. 01



Figura 1.1 Se aprecia una consistente caída de presión desde el 01/03/18 (líneas enmarcadas en rojo).

Fuente: Área de operaciones – mantenimiento.

La presión normal debe fluctuar en 3500 PSI.

Se genera la OT (orden de trabajo) 17409 y PT (permiso de trabajo) 4782, para la evaluación del caso. Se efectúa purgado de la línea de gas (hacia el

manómetro), el cual se halló con suciedad. Luego de esta tarea, el equipo queda en servicio con 3,460 PSI a la descarga.

El día 06/03/18 se continua la evaluación (OT 17500 y PT 4847), se determina que externamente se agotaron todas las posibilidades y que el siguiente paso es inspeccionar el compresor a componente abierto. Preparación de repuestos, herramientas, se coordina con operaciones y se define que el momento propicio para hacer la actividad es el día 08/03/18 a primera hora. Se inicia los trabajos a las 09:00am y se pone en arranque la máquina a las 15:45pm el tiempo de parada del compresor fue por 6:45 horas teniendo una pérdida de 165 barriles de gasolina natural transformado en pérdidas económicas es un aproximado de \$11,550.00(Dólares americanos)

Las paradas que se tiene en el proceso de reinyección conformado por el motor y compresor principalmente, esas fallas funcionales que tienen cada elemento ocasiona una parada intempestiva de dicho sistema y debido a ello se deja de inyectar gas a los pozos y por lo tanto toda la planta disminuye su capacidad

de producir gasolina natural y eso repercute en la ganancia de la empresa, es por ello que nació esta investigación.

Sup. De Planta		C. Solano				Operador de Planta				E. Rojas	
#	Hours	Acum. Hours	Charge %	In Press. (psi)	Out Press. (psi)	Disch. Temp. (°F)	RPM	Time	%C2	HISA 6860 (a)	
Compressor	#1	17.24	141.636	84	1,030	3,330	120	00:00	0.0	30	
	#2	24.00	140.430	84	1,030	3,330	120	00:00	0.0		
	#3	24.00	173.421	99	440	1,100	115	00:00	0.0		
	#4	24.00	173.477	100	440	1,100	110	00:00	0.0		
Generator	#1	0.00	93.068		Slop Tank	Feet	Inches	Fraction (1/8")	Products	%C2	%C3
	#2	24.00	93.186		Total				Resid. Gas	6.62	0.045
Deethanizer	Top temp.	-100.00	Cond. Death. (Bbl)	Water level	3	5	0		NGL	1.0724	21.15
	Top press.	349.00	513	Well 9 water injection (Bbl)	3	9	0		CTA	TG1	TG2
	Bottom temp.	285.00	Cond. Monthly (Bbl)					606.00		84.00	84.00
	Reflux	14.70	1,381	Slop Tank water production (Bbl)				606.00			
Plant efficien.	C3 recovery	87.41		Recovered condensate injection (to the process)				0			
	C4 recovery	100.00		Water injection monthly accumulated (Bbl)				1,403			
	C5+ recover	100.00		% Plant				91.68	% CTA		
3. COMMENTS											
* Pta. 50.73 MMSCFD Death. 369 psi, Topo -100.6 °F, Reflux -142.5 °F, Fondo 285 °F, Expand 440 psi, PDI 701 10 psi											
* CTA: TG-1 con 84 MW las 24 hrs. TG-2 de 08:00 a 24:00 hrs F/S y DDDO a 06:00 con 84 MW // Pozos abiertos: 3, 5, 6, 2, 7 y 8 (24 hrs).											
* Pta.: PR= 19.97 Bbls/ Mmscfd, Rate Prod. NGL 42.20 Bbls/hrs. NGL a Frac. 174 psi.											
* Agua bombeada al Pozo 8: 500.00 Bbl.											
* Proceso: Planta con 48 MMSCFD por zona criogénica // CTA: Actual TG-1 y TG-2: 84 MW (COES).											
* Producción: Pozo 3: (70 InH2O), Pozo 6 (6.0 InH2O), Pozo 5 (37.0 InH2O).											
* Compresor 1: (06:30 a 06:40 ; 10:44 a 10:55 y 11:34 a 11:58 hrs) Salto F/S por cod. 529-02 "Fuel quality compensation failure", se repone quedando 0/5. 00:00 h se saca F/S por ingreso de TG-2 CTA.											
Sup. De Planta		C. Solano				Operador de Planta				E. Rojas	
#	Hours	Acum. Hours	Charge %	In Press. (psi)	Out Press. (psi)	Disch. Temp. (°F)	RPM	Time	%C2	HISA 6860 (a)	
Compressor	#1	3.36	141.641	103	1,070	3,300	101	00:00	0.0	30	
	#2	24.00	140.532	94	1,090	3,320	128	00:00	0.0		
	#3	23.85	173.493	98	440	1,130	120	00:00	0.0		
	#4	24.00	173.549	98	440	1,080	108	00:00	0.0		
Generator	#1	0.00	93.068		Slop Tank	Feet	Inches	Fraction (1/8")	Products	%C2	%C3
	#2	24.00	93.236		Total				Resid. Gas	6.61	0.074
Deethanizer	Top temp.	-101.90	Cond. Death. (Bbl)	Water level	3	7	0		NGL	1.184	22.64
	Top press.	347.00	480	Well 9 water injection (Bbl)				0	CTA	TG1	TG2
	Bottom temp.	280.00	Cond. Monthly (Bbl)					483.33		0.00	0.00
	Reflux	12.00	2,680	Slop Tank water production (Bbl)				483.33			
Plant efficien.	C3 recovery	83.89		Recovered condensate injection (to the process)				0			
	C4 recovery	100.00		Water injection monthly accumulated (Bbl)				2,713			
	C5+ recover	100.00		% Plant				88.88	% CTA		
3. COMMENTS											
* Pta. 68.38 MMSCFD Death. 362 psi, Topo -101.9 °F, Reflux -143 °F, Fondo 280 °F, Expand 440 psi, PDI 701 10 psi											
* CTA: TG-1: 00:00 a 21:35 h con 84 MW, 21:35 hrs salió F/S. TG-2: 00:00 a 00:30 h con 84 MW, 00:30 h salió F/S. // Pozos abiertos: 3, 5, 6, 2, 7 y 8 (24 hrs).											
* Pta.: PR= 20.26 Bbls/ Mmscfd, Rate Prod. NGL 40.83 Bbls/hrs. NGL a Frac. 151 psi.											
* Agua bombeada al Pozo 8: 463.33 Bbl.											
* Proceso: 00:30 h se reduce carga a Planta a 37 MMSCFD por salida de CTA // CTA: Actual TG-1 y TG-2: F/S (COES).											
* Producción: Pozo 3: (69 InH2O), Pozo 6 (5.58 InH2O), Pozo 5 (27 InH2O).											
* Compresor 1: (12:42 a 12:51 h) salió F/S por cod. 01 diag "No magnetic pickup signal". Se repone quedando 6/5. // Cromatógrafo: En inspección por falla en corrientes 3 y 4.											
* Compresor 1: (00:30 h) ingresó L/S por salida de CTA.											
Sup. De Planta		C. Solano				Operador de Planta				E. Rojas	
#	Hours	Acum. Hours	Charge %	In Press. (psi)	Out Press. (psi)	Disch. Temp. (°F)	RPM	Time	%C2	HISA 6860 (a)	
Compressor	#1	11.33	141.654	104	1,080	3,320	102	00:00	0.0	30	
	#2	24.00	140.546	96	1,090	3,320	129	00:00	0.0		
	#3	15.33	173.507	102	440	1,150	116	00:00	0.0		
	#4	24.00	173.571	101	440	1,140	111	00:00	0.0		
Generator	#1	0.00	93.068		Slop Tank	Feet	Inches	Fraction (1/8")	Products	%C2	%C3
	#2	24.00	93.282		Total				Resid. Gas	6.38	0.089
Deethanizer	Top temp.	-102.00	Cond. Death. (Bbl)	Water level	2	7	0		NGL	0.989	22.87
	Top press.	350.00	428	Well 9 water injection (Bbl)				317.38	CTA	TG1	TG2
	Bottom temp.	280.00	Cond. Monthly (Bbl)					317.38		0.00	0.00
	Reflux	11.70	3,708	Slop Tank water production (Bbl)				317.38			
Plant efficien.	C3 recovery	86.44		Recovered condensate injection (to the process)				0			
	C4 recovery	100.00		Water injection monthly accumulated (Bbl)				3,061			
	C5+ recover	100.00		% Plant				60.11	% CTA		
3. COMMENTS											
* Pta. 33.59 MMSCFD Death. 359 psi, Topo -102 °F, Reflux -143.6 °F, Fondo 280 °F, Expand 442 psi, PDI 701 10 psi											
* CTA: TG-1 y TG-2 F/S // Pozos abiertos: 3, 5, 2, 7 y 8 (24 hrs), 9 (13.21 hrs)											
* Pta.: PR= 24.85 Bbls/ Mmscfd, Rate Prod. NGL 34.5 Bbls/hrs. NGL a Frac. 145 psi.											
* Agua bombeada al Pozo 8: 847.38 Bbl.											
* Proceso: De 07:00 a 17:45 h Planta al 50% por MP Compresor 1. Actual Planta con 37 MMSCFD por zona criogénica // CTA: Actual TG-1 y TG-2: F/S (COES).											
* Producción: Pozo 3: (64 InH2O), Pozo 6 (5.3 InH2O), Pozo 5 (3.8 InH2O).											
* Compresor 1: (07:05 a 17:45 hrs) se sacó F/S para Mantenimiento de 1500 h (Mecánico, Eléctrico e instrumentos). Compresor 3 quedó F/S en stand by.											
* Cromatógrafo: En inspección por falla en corrientes 3 y 4.											
Sup. De Planta		C. Solano				Operador de Planta				E. Rojas	
#	Hours	Acum. Hours	Charge %	In Press. (psi)	Out Press. (psi)	Disch. Temp. (°F)	RPM	Time	%C2	HISA 6860 (a)	
Compressor	#1	23.01	141.678	97	1,030	3,300	93	00:00	0.0	30	
	#2	24.00	140.570	85	1,030	3,490	117	00:00	0.0		
	#3	24.00	173.531	101	430	1,080	110	00:00	0.0		
	#4	24.00	173.597	98	440	1,080	106	00:00	0.0		
Generator	#1	0.00	93.068		Slop Tank	Feet	Inches	Fraction (1/8")	Products	%C2	%C3
	#2	24.00	93.306		Total				Resid. Gas	6.84	0.044
Deethanizer	Top temp.	-100.00	Cond. Death. (Bbl)	Water level	3	4	0		NGL	1.2410	21.67
	Top press.	343.00	309	Well 9 water injection (Bbl)				0	CTA	TG1	TG2
	Bottom temp.	285.00	Cond. Monthly (Bbl)					489.82		0.00	84.00
	Reflux	14.70	3,714	Slop Tank water production (Bbl)				489.82			
Plant efficien.	C3 recovery	82.85		Recovered condensate injection (to the process)				0			
	C4 recovery	100.00		Water injection monthly accumulated (Bbl)				3,370			
	C5+ recover	100.00		% Plant				60.12	% CTA		
3. COMMENTS											
* Pta. 30.22 MMSCFD Death. 365 psi, Topo -100 °F, Reflux -142.5 °F, Fondo 285 °F, Expand 427 psi, PDI 701 10 psi											
* CTA: TG-1 F/S y TG-2 entra F/S desde las 07:50 h con 84 MW // Pozos abiertos: 3, 5, 6, 2, 7 y 8 (24 hrs).											
* Pta.: PR= 20.03 Bbls/ Mmscfd, Rate Prod. NGL 41.91 Bbls/hrs. NGL a Frac. 163 psi.											
* Agua bombeada al Pozo 8: 509.52 Bbl.											
* Proceso: De 06:00 a 07:45 h Planta con 37 MMSCFD, 07:45 h sube a 49 MMSCFD por zona criogénica por ingreso de CTA // CTA: Actual TG-1 F/S y TG-2: 84 MW											
* Producción: Pozo 3: (70 InH2O), Pozo 6 (5.8 InH2O), Pozo 5 (34.3 InH2O).											
* Compresor 1: (08:30 a 08:43 h), (15:12 a 15:24 h) salió F/S por cod. 425-00 "Detonación". Se calibra tiempo de quemado quedando 8/5.											
* Cromatógrafo: En inspección por falla en corrientes 3 y 4.											
Sup. De Planta		C. Solano				Operador de Planta				E. Rojas	

Figura 1.2 Se muestran las fallas en los compresores y las horas de pérdida que repercute en la producción.

Fuente: Área de Operaciones – Aguaytia energy.

	Operaciones Gas	Código	08 IR-MAN-1°C
	COMPRESOR DE GAS NRO. 2 ALTA PRESION DE DESCARGA EN PRIMERA ETAPA	Fecha	01/06/2019
		Preparado por:	C. LAZON
		Revisado por:	R. IBARRA

I. OBJETIVO

Informar sobre los trabajos correctivos efectuados en el compresor, específicamente en la segunda etapa de compresión

II. ANTECEDENTES

- 2.1 El 22/05/2017 se detecta falla del cilindro Nro. 4, se reemplaza por uno de segunda condición, con anillos nuevos. Los pormenores se detallan en el informe:
 - 25 IR-MAN-PG-Compresor de Gas Nro 2_Rev00
- 2.2 El 08/03/2016 se instalan anillos nuevos en este mismo cilindro Nro. 4. Para mayor detalle ver el informe:
 - 04 IR-MAN-PG-Compresor de Gas Nro 2
- 2.3 El 31/05/2018, se recibe llamado de operaciones por detectarse alta presión de descarga en la primera etapa. Compresor indisponible desde las 17:27 horas.
 - Código de falla 540-07, A19: Alta presión de descarga en la primera etapa
- 2.4 Este síntoma de falla, nos induce a evaluar las válvulas, anillos y pistones en la segunda etapa de compresión.
- 2.5 Se genera la OT 25692 y PT 7587, para evaluación del caso. Preparación de herramientas, se coordina con operaciones y se inicia la actividad.

III. ACCIONES EJECUTADAS

Se inspeccionan los dos cilindros de segunda etapa (cilindros Nro. 2 y 4)



Figura 1.3 Informe relevante de fallas críticas de componentes del compresor.

Fuente: Área de operaciones – Aguaytia energy.

Existen diversas fallas en el reinyector, la gran parte de ello se debieron a fallas en el motor CAT G3608 y otras en el compresor recíprocante Ariel, se muestra en el siguiente gráfico una falla crítica de esta última.

	Operaciones Gas		Código	06 IR-MAN-PG
	COMPRESOR DE GAS NRO. 1 BAJA PRESION EN PRIMERA ETAPA		Fecha	26/04/2017
			Preparado por:	C. LAZON
			Revisado por:	R.TEJEDA

I. OBJETIVO

Informar sobre los trabajos correctivos efectuados en el compresor reinyector Nro. 1, específicamente en la primera etapa de compresión.

II. ANTECEDENTES

2.1 El día Jueves 05/04/18, se realizan trabajos correctivos en este compresor, en la segunda etapa de compresión, (durante el MP de 1500 horas).

2.2 Dicha labor fue reportada en la OT 14825, con informe de servicio MEC-072

2.3 El día 21/04/18, se recibe información de operaciones, en la que se reporta una baja presión de descarga en la primera etapa. Comparándola con el compresor Nro. 2, se tienen 350 PSI menos de presión.

Cuadro comparativo de presiones en primera etapa (Compresores 1 y 2)	
Fig. 01.- Compresor 1 - 1900 PSI	Fig. 02.- Compresor 2 - 2250 PSI
	

2.4 A partir de esta confirmación, se preparan los repuestos necesarios para su intervención (válvulas, anillos, etc.). Se reporta el día 23/04/18 la conformidad de las partes (D4 válvulas de succión y D4 de descarga inspeccionadas y preparadas, todas en buen estado).

2.5 Finalmente, se autoriza realizar el trabajo, el día 26/04/18, aprovechando pruebas de potencia efectiva y rendimiento de la TG-1 en CTA.

Figura 1.4 Informe de falla de descompensación de presión entre las etapas de compresión.

Fuente: Área de operaciones – Aguaytia energy.

Las barras y demás elementos que la conforman al pistón están sometidas a esfuerzos y cargas, el pistón se desplaza hacia el lado del cigüeñal, la fuerza ejercida del lado extremo del cigüeñal excede la fuerza del lado extremo del cabezal. Es importante describir que la carga sobre la barra, tanto a compresión como a tensión, está definida como la cantidad total de fuerza que se transfiere a la barra del pistón y es generada por la suma de dos fuerzas. (Mendoza, 2015)

El arrastre de líquido al ser el un fluido incompresible, la presencia de este en el proceso de compresión de gas, es el enemigo número uno que atenta contra la integridad mecánica de estos equipos. La presencia de líquido no sólo atenta contra la integridad de la barra, sino que pudiera ocasionar daños irreversibles en el cigüeñal. (Mendoza, 2015)

Error en el montaje de válvulas en los cilindros compresores: este es un factor con baja probabilidad de ocurrencia, sin embargo, no está exento de suceder. La válvula compresora está diseñada para permanecer cerradas, su apertura se da por la fuerza producida por el diferencial de presión entre el interior del cilindro y el laberinto de succión o descarga del gas según sea el caso. El flujo de gas a través de ellas se da en un solo sentido, es decir, trabaja bajo el principio de una válvula check. La colocación errónea de válvulas de succión en la descarga hará que estas funcionen como un “tapón”, lo cual producirá la compresión y re-compresión de este mismo gas, hasta el momento que este efecto genere una fuerza mayor a la máxima capacidad de carga de la barra y esta colapse. (Mendoza, 2015)

Una breve descripción de la planta y la empresa se describe líneas abajo, dando a conocer las características y ubicación exacta, así como el proceso en si hasta llegar al sistema reinjector.

La empresa AGUAYTÍA ENERGY del PERÚ S.R.L. opera y explota, con una concesión de 40 años, el gas natural extraído del lote 31-C ubicado en el distrito

de Curimaná. Las operaciones de la empresa abarcan en conjunto la explotación, procesamiento, transporte y almacenamiento, contando para ello con una planta de procesamiento de gas, un sistema de transporte por ductos para gas natural seco (NG) y líquidos de gas natural (LNG), una planta de fraccionamiento; así como la generación y transmisión de electricidad mediante una central térmica.

El sistema se inicia con la extracción de hidrocarburos de los pozos productores (pozo 3, pozo 5 y pozo 6) para después ser llevados a un sistema de gas de entrada llamado manifold (Juego de tuberías), la corriente de gas de entrada de 50MMSPCD proveniente de los pozos a 2500 psig, es reducida a 1100 psig, pasando luego a los Aero enfriadores para mejorar la obtención de líquidos ingresando posteriormente a un separador trifásico donde el vapor, condensado y agua libre son separados. La corriente de vapor es dirigida hacia el calentador de entrada, donde el gas pasa por el calentador para prevenir la formación de los hidratos. La corriente del gas de entrada es conducida al filtro separador de entrada, donde el agua y los hidrocarburos separados son enviados al sistema de drenaje cerrado.

Tanto el condensado y el gas son conducidos de manera separada a unos deshidratadores, para cada uno de ellos se cuenta con dos sistemas de deshidratadores donde mientras uno de ellos se encuentra en etapa de deshidratación, el otro está en etapa de regeneración, esta utiliza el flujo de gas proveniente de la descarga de los compresores residuales.

El gas seco es conducido hacia los deshidratadores de gas donde el vapor de agua es removido del gas de entrada y retenido con el tamiz molecular "Mole Sieve". Luego el gas deshidratado, pasa al filtro de polvo, para recolectar las partículas de polvo antes de que ingresen al intercambiador de gas de entrada. Luego el gas pasa por un turbo expansor para después ser llevado a una torre

de deethanizadora, luego llega a los moto-compresores donde será el campo específico de esta investigación.

El gas natural seco, es transportado por un gasoducto de 12" de diámetro y 39 Km de longitud hasta la estación de Neshuya, donde se divide en dos ductos, uno de 10" de diámetro y 85 Km de longitud con dirección a la central térmica de Aguaytía (CTA), donde es utilizado como combustible para las turbinas y otro de 6" de diámetro y 49 Km de longitud hacia la planta de fraccionamiento, en la ciudad de Pucallpa. Parte de la corriente gaseosa que no es transportada hacia la CTA es reinyectada a la formación, a través de pozos inyectoros ubicados en cercanías a la planta de gas. Por otra parte, los líquidos de gas natural, son transportados mediante un poliducto de 4" de diámetro y unos 105 Km de extensión desde la planta de gas hacia la planta de fraccionamiento, ubicada a 10Km de la ciudad de Pucallpa, donde son fraccionados en GLP y en gasolinas naturales.

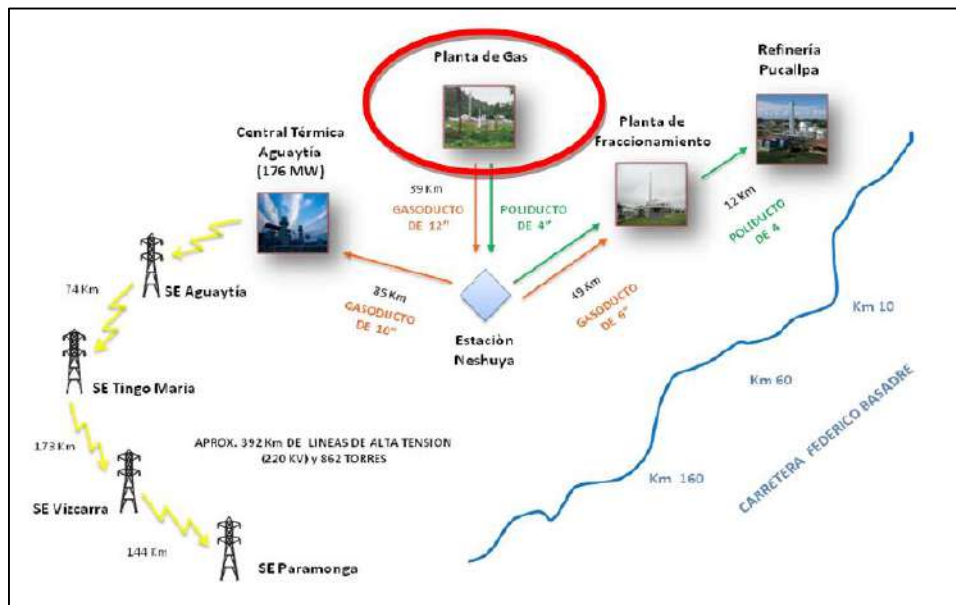


Figura 1.5: Pozos, planta de Gas, Ductos y planta de fraccionamiento.

Fuente: Área de Operaciones-Aguaytía Energy-Perú.

Son muchos los procesos para obtener gas y NGL, el estudio se centra en los moto-compresores, conocido como compresores de re inyección (se cuenta con cuatro unidades de moto-compresores), son los encargados de la compresión necesaria del gas seco que se separa en el proceso en la planta. Se sub divide en compresores residuales y compresores de reinyección, la primera envía en gas residual a la planta termoeléctrica de Aguaytia o por medio de los compresores de reinyección se reinyecta a los pozos.

Los compresores de reinyección utilizan el 50% para proporcionar la compresión necesaria para la entrega de gas residual a los pozos de reinyección. Los compresores están designados para comprimir y entregar gas de residuo a una presión y temperatura determinada. La primera etapa de succión de cilindro comprime el gas de residuo que salen de los compresores residuales y en la segunda etapa de succión se vuelve a comprimir al doble de la primera etapa aproximadamente.

DIAGRAMA FUNCIONAL DE PLANTA DE GAS

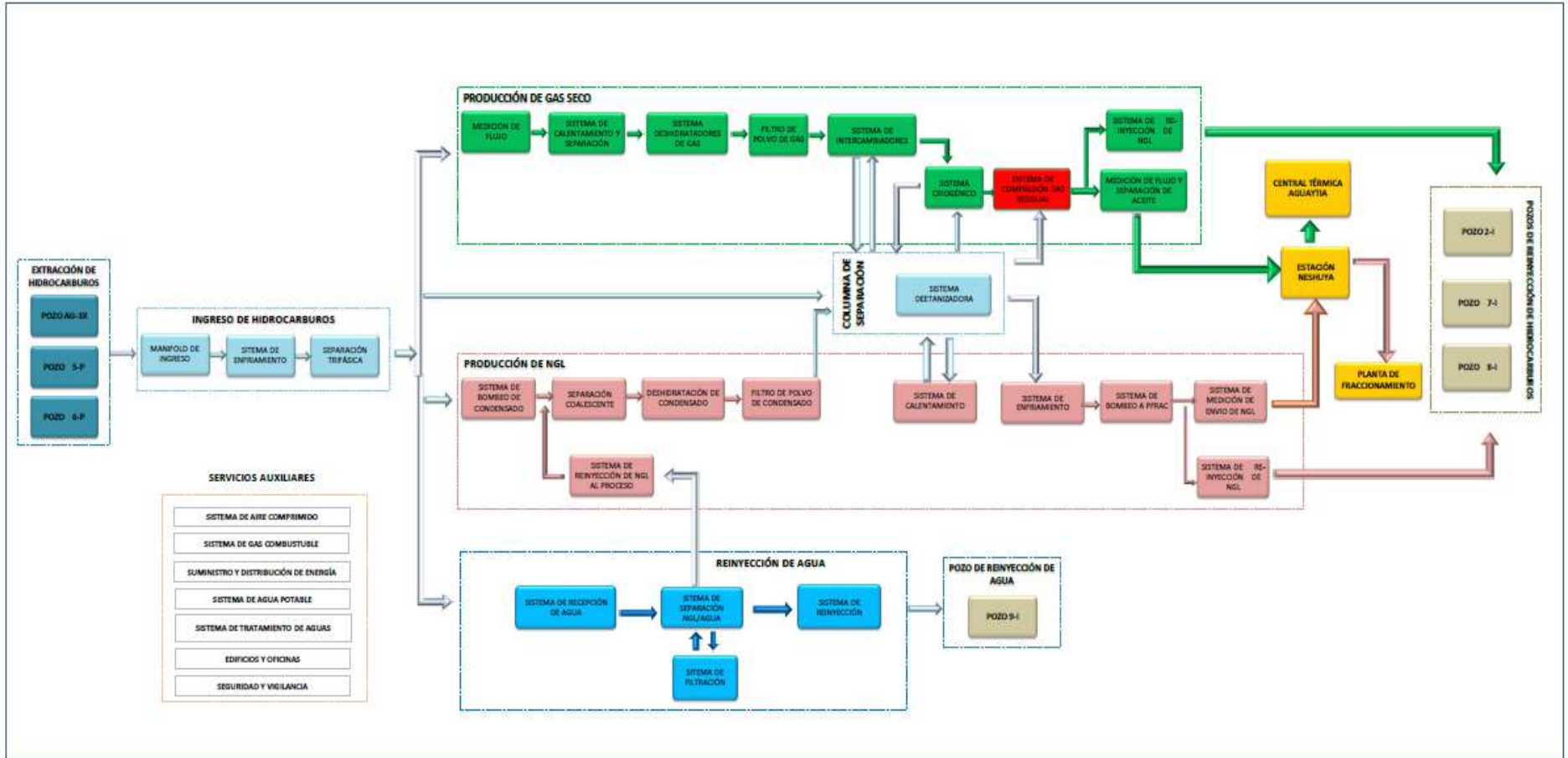


Figura 1.6: Diagrama funcional de planta de gas
 Fuente: Sector de Planeamiento Aguaytia Energy.

Este diagrama se constituye de la siguiente manera: comienza con la extracción de hidrocarburos (Pozos AG-3X, 5-P, 6-P), ingreso de hidrocarburos (manifold de ingreso, sistema de enfriamiento, separación trifásica), producción de gas seco (medición de flujo, sistema de calentamiento y separación, sistema de deshidratadores de gas, filtro de polvo de gas, sistema de intercambiadores, sistema criogénico, **sistema de compresión de gas**, sistema de reinyección de NGL, medición de flujo y separación de aceite), columna de separación (Deetanizadora), producción de NGL (sistema de bombeo de condensado, separación coalescente deshidratación de condensado, filtro de condensado, sistema de reinyección de NGL al proceso, sistema de calentamiento, sistema de enfriamiento, sistema de bombeo a fraccionamiento, sistema de medición de envío de NGL, sistema de reinyección de NGL) reinyección de agua (sistema de recepción de agua, sistema de separación de NGL/agua, sistema de reinyección, sistema de filtración) y culmina con los pozos de reinyección de agua y pozos de reinyección de hidrocarburos. El tema está centrado en el sistema de compresión de gas residual, el cual presenta diversas fallas funcionales en sus distintos sub sistemas, por lo que no permite una operación adecuada en el proceso, y repercute en la producción de NGL, así como en la reinyección de gas que están directamente ligados.

El sistema moto-compresor, que se cuenta en la planta que en total son cuatro, dos para sistema de compresión de gas residual y otros dos para sistema de compresión de reinyección de gas que se va a los pozos de reinyección, ambos tienen las mismas características de los mismos fabricantes, así que la investigación se realiza para uno solo, pero las fallas en los cuatro motocompresores son similares.

En la actualidad, debido a las fallas del sistema de compresión y la gran parte de las veces las fallas que ocurren en el equipo tardan tiempo para ser corregidas, es por tal motivo que se interrumpe el proceso ocasionando pérdida

de producción de la planta de gas lo cual representa pérdida de ganancias generadas para la empresa Aguaytia Energy Perú.

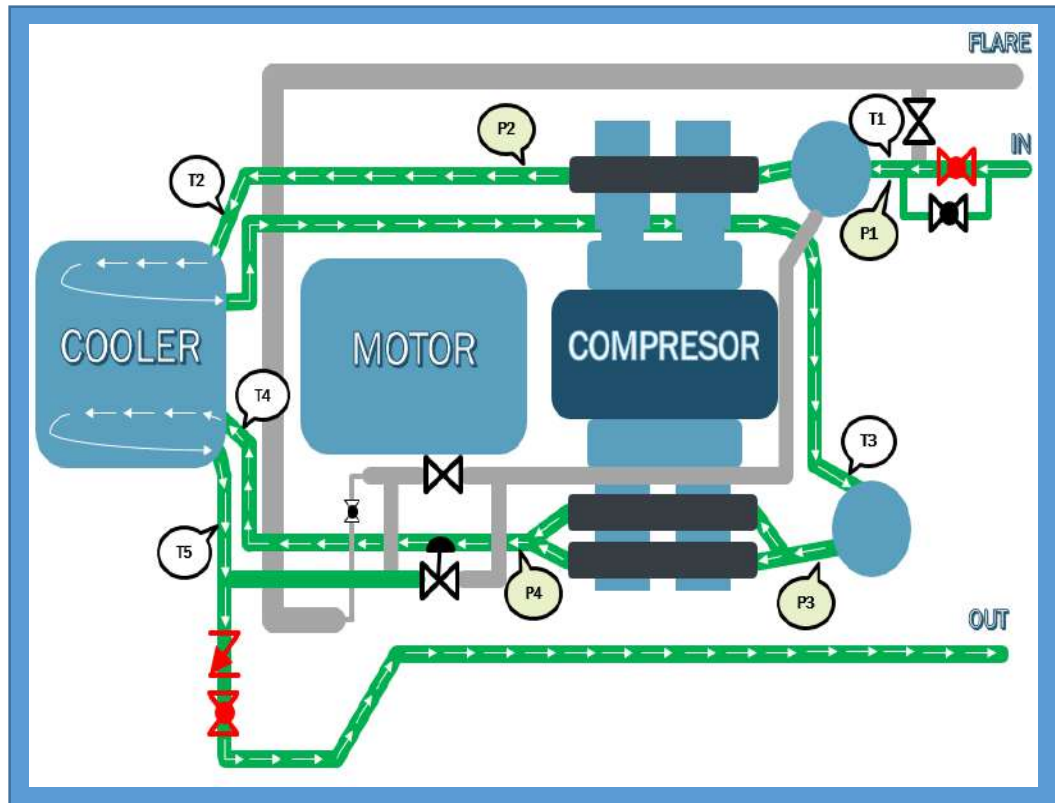


Figura 1.7: Flujo de Gas en el sistema de reinyección.

Fuente: Elaboración propia.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. Problema general

¿Cómo evaluar el sistema motocompresor para formular un plan de acción en la planta de gas de la empresa Aguaytia Energy?

1.3. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Objetivo general

Evaluar el sistema motocompresor mediante la metodología AMEF para formular un plan de acción en la empresa Aguaytia Energy.

1.4. JUSTIFICACIÓN

Los motivos por los cuales se realizó esta investigación es que el sistema moto-compresor de la empresa están sometidos a un plan de mantenimiento preventivo y correctivo acorde a las nuevas exigencias de la empresa, debido a que la gran mayoría de veces las fallas funcionales que presentan los equipos requieren de mucho tiempo para ser corregidas, dicho equipo ha sido diseñado para comprimir gas durante todo el tiempo hasta su MP programado, lo cual implica que las paradas por fallas funcionales del sistema de compresión generan pérdida de producción y disminución de ganancias para la empresa. Esta investigación se realizó para obtener una reducción de costos y la optimización en el tiempo de mantenimiento.

Esta investigación es valiosa ya que fue de gran utilidad en la empresa Aguaytia Energy, debido a que se logró diagnosticar los distintos modos y consecuencias de falla para optar por decisiones confiables ante un mantenimiento programado, se examinará los distintos elementos que están propensos a fallas. De la misma manera, esta investigación es primordial ya que se aplicará conocimientos actualizados en tecnología y mantenimiento.

1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES

El alcance de esta investigación es hasta el nivel explicativo(descriptivo) y estará encaminado a evaluar los distintos modos y efectos de fallas del sistema moto-compresor en la empresa Aguaytia Energy.

Las restricciones de esta investigación es que el estudio abarcará solo para el sistema de moto-compresores en la planta de gas, equipo denominado moto-compresores de reinyección ya que puede ser usado para otros modelos.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Patricio (2019) en su tesis de grado que titula: Análisis de falla funcional mediante la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad a la excavadora CAT 345CL. Esta investigación tiene como objetivo de aplicar el análisis de falla funcional y modelos estadísticos, para prevenir las fallas y por consiguiente la reducción de costos de mantenimiento. El tipo de investigación es tecnológica y el nivel de investigación es aplicada, la investigación se centró en la excavadora 345CL que operan en la unidad Minería Apumayo del Grupo Aruntani Sac. Se considera a la excavadora como equipo crítico de carguío ya que es generadora de gran parte de la producción minera. Se recopiló información de registro de paradas desde 01 de mayo de 2014 hasta 31 de diciembre de 2015, teniendo una disponibilidad 82,9 % considerado debajo de las exigencias mineras por encima de 85 %. El hecho de planificar y programar trabajos no es suficiente, es conveniente realizar un análisis cualitativo que indicará el tipo y clase de falla o análisis cuantitativo del tiempo de vida útil de

componente, esto representa como una oportunidad de mejora constante. (pág. 19)

Huiza (2018) en la tesis de grado titulada: Análisis de fallas funcionales del sistema turbina de gas en la Central Termoeléctrica Aguaytia. Dicha investigación se realizó con la finalidad de determinar las fallas de la turbina a gas, la investigación es de tipo básica y nivel descriptivo donde se aplicó la teoría como base y los datos actuales de la empresa. Para dicho análisis se usó la herramienta del análisis de modo y efecto de falla, gracias a esa herramienta se obtuvo tablas donde se identificaron el modo y efecto de falla potencial, sus consecuencias, estimando la severidad, grado de ocurrencia y detección para el cálculo de número de prioridad de riesgo. Se obtuvo como número de prioridad de riesgo aceptable un 65.52 %, riesgo reducible aceptable 22.48 % y como riesgo inaceptable un 11.49 %. La conclusión fue hallar los estados con mayor número de prioridad de riesgo e identificar los componentes que están en riesgo de falla, para realizar un plan de acción. (pág. 5)

Ortega (2017) en su tesis de grado con título: Determinación de fallas funcionales de los equipos críticos del transporte de mineral grueso en minera Las Bambas S.A. El objetivo de esta investigación es determinar las fallas funcionales de los equipos críticos de transporte de mineral grueso, esta investigación es de tipo básica y nivel descriptivo. Mediante esta metodología se realizó un estudio de criticidad a los 20 equipos del transporte de mineral grueso, como resultado teniendo la faja de sacrificio CVB001, faja overland CVB 003 y faja overland CVB004, con el mayor índice de criticidad de 32.2, por lo que se procede a determinar sus fallas funcionales utilizando la metodología de análisis de modos y efecto de falla (AMEF) dando como resultado el 39.68% fallas inaceptables, 41.27% fallas reducibles aceptables y 19.05% fallas aceptables, de los cuales se establecieron medidas correctivas con la finalidad de disminuir el NPR. (pág. 12)

Pajares (2019) en su tesis de grado con título: Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la línea de escaldado, envasado y sellado de quinua-salsas de la planta n° 09 de Danper Trujillo s.a.c. Esta investigación tiene como objetivo disminuir las paradas imprevistas producto de las fallas funcionales para aumentar la disponibilidad de éstos equipos. Esta investigación es de tipo experimental y nivel experimental, este método se basa en el análisis de las fallas funcionales con ayuda del análisis de modo y efecto de fallas (AMEF) para implementar actividades de mantenimiento, con la ayuda de la hoja de decisiones, recopilación de información del estado inicial de los indicadores de mantenimiento, evaluación de la criticidad de los equipos en estudio, información técnica de éstos, desarrollo de fichas técnicas que serán subidas al sistema SAP entre otras. Con la implementación de los nuevos planes de mantenimiento obtenidos con el RCM, se logró aumentar la disponibilidad de los equipos de planta en 3%, disminuir los costos de producción y mantenimiento que implican paradas imprevistas. Asimismo, se obtuvo una mejora en todos los indicadores de mantenimiento y nuevas estrategias proactivas para contrarrestar las fallas funcionales, así como también sus efectos y consecuencias. (pág. 4)

Canahualpa (2018) en su tesis de grado de nombre: Análisis de fallas críticas de sistemas auxiliares para incrementar la confiabilidad del rodillo compactador volvo en la municipalidad de Acopalca. Esta investigación tiene por objetivo incrementar la confiabilidad del motor diésel del rodillo compactador, esta investigación es de tipo tecnológico y de nivel aplicativo cuyo efecto se utiliza con el grupo de control, se evalúa los comportamientos de desempeño de trabajo de los sistemas auxiliares con el objetivo de incrementar la confiabilidad del rodillo compactador. Para incrementar la confiabilidad se aplicó estrategias mediante el cual se define las fallas, los tipos de falla, fallas funcionales y fallas críticas en los sistemas auxiliares como: admisión de aire, suministro de combustible, sistema de refrigeración, lubricación y sistema electromecánico. logrando así corregir positivamente la potencia del motor en 88 kW, puesto que

éste motor trabajaba con 74 kW originando fallas críticas. Como también se recupera el comportamiento de los parámetros energéticos originales; además se logra incrementar la confiabilidad del rodillo compactador. (pág. 4)

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Falla

Se define “falla” como la incapacidad de cualquier activo de hacer aquello que sus usuarios quieren que haga. (Moubray, 2004).

2.2.2 Clasificación de fallas

Las fallas se clasifican en:

- a) Fallas tempranas:** ocurren al principio de la vida útil y constituyen un porcentaje pequeño del total de fallas. Pueden ser causadas por problemas de materiales, de diseño o de montaje.” (Martinez B., 2010).
- b) Fallas adultas:** son las fallas que presentan mayor frecuencia durante la vida útil. Son derivadas de las condiciones de operación y se presentan más lentamente que las anteriores”. (Martinez B., 2010).
- c) Fallas tardías:** representan una pequeña fracción de las fallas totales, aparecen en forma lenta y ocurren en la etapa final de la vida del bien”. (Martinez B., 2010).

2.2.3 Análisis de falla

Se le define como un examen sistemático de algún componente o pieza que se encuentra dañada para poder encontrar la causa raíz de dicha falla ya que se puede usar esta información para tener una mejora de confiabilidad en dicho producto.

“El análisis de falla es la recopilación, análisis, revisión y clasificación de las fallas para determinar tendencias e identificar el bajo rendimiento de partes y componentes de un sistema”. (Mc Kena., 1997).

De la misma manera nos reitera que “es un proceso de sucesivas acciones de integración y desintegración de eventos, en el cual se aplican razonamientos, cuantitativos y lógicos logrando determinar a cabalidad el qué, cómo y por qué ocurrió la falla”. (PDVSA CIED., 1999).

2.2.4 Consecuencias de las fallas.

Algunas acciones correctivas y preventivas que son ocasionadas por una falla, tienen su fundamento en que aquellas consecuencias de fallas son más importantes que las características propias. De ahí la idea de que el mantenimiento proactivo no solo previene las fallas o reducir dichas consecuencias. (Tecsups., 2014).

2.2.5 Análisis de modo y efecto de falla (AMEF)

“El análisis de los modos y efectos de fallas (AMEF), constituye la herramienta principal del MCC, para la optimización de la gestión de mantenimiento en una organización determinada. Es un método sistemático que permite identificar los problemas antes que estos ocurran y puedan afectar o impactar a los procesos y productos en un área determinada, bajo un contexto operacional dado”. (Carlos P., 2016).

a) Definición

El análisis de modo y efecto de fallas (AMEF) está dirigido a lograr el aseguramiento de la calidad que, mediante la herramienta del análisis sistemático, contribuye a identificar y prevenir los modos de fallo, sea de un producto y/o proceso, de esta manera evalúa su gravedad, ocurrencia y detección, mediante los cuales se calcula en número de prioridad de riesgo(NPR) de manera que prioriza sus causas, sobre las cuales se tomará acción para evitar que puedan presentarse los modos de fallo. (Peña J., 2001).

$$\text{NPR} = \text{S} \times \text{O} \times \text{D} \quad (2.1)$$

Dónde:

NPR: Número de Prioridad de Riesgo.

S: Gravedad de fallo.

O: Probabilidad de ocurrencia.

D: Probabilidad de no detección.

2.2.6 Etapas del Análisis de modo y efecto de falla.

a) AMEF de Sistema

- Planeación del proyecto y definición.
- Asegura la compatibilidad de los componentes del sistema.
- Después de que las funciones del sistema se definen, aunque sea antes de seleccionar el hardware específico.

b) AMEF de Diseño

- Diseño del producto o servicio
- Se usa para analizar componentes de diseños. Se enfoca hacia los modos de falla asociados con la funcionalidad de un componente u operación causados por el diseño.

c) AMEF de Proceso

- Diseño del proceso y desarrollo.
- Se usa para analizar los procesos de instalación, fabricación y ensamble. Se enfoca a la incapacidad de producir el requerimiento que se pretende un efecto. Los modos de falla pueden derivar de causas identificadas en el AMEF de diseño.
- Cuando los planos del producto y sus especificaciones están disponibles.

2.2.7 Tipos de análisis de modos y efecto de fallas

Hay dos tipos de AMEF:

- **AMEF de proceso.** “Este debe ser efectuado durante la planeación de la calidad del producto antes del inicio de la producción. Este es

un documento vivo y necesita ser revisado y actualizado con base al descubrimiento de nuevas formas de fallas”. (Martínez L., 2004).

- **AMEF de diseño.** “Es una técnica analítica que evalúa tanto la probabilidad de falla como su efecto. El AMEF de diseño es documento vivo que debe ser actualizado de acuerdo a las necesidades y requerimientos del cliente. El contar con un AMEF de diseño provee al equipo la oportunidad de revisar previamente las características seleccionadas del producto/proceso para hacer los cambios necesarios”. (Martínez L., 2004).

2.2.8 Finalidad del AMEF

“El objetivo del AMEF es encontrar toda la forma en los cuales puede fallar un activo dentro de un proceso e identificar las posibles consecuencias o efectos de las fallas en función de tres criterios básicos: Seguridad humana, ambiente y producción. Para poder cumplir con este objetivo, los grupos de trabajo deben realizar el AMEF siguiendo la siguiente secuencia”. (Carlos P., 2016).

- ❖ “Explicar las funciones de los activos del área seleccionada y sus respectivos estándares de ejecución”. (Carlos P., 2016).
- ❖ “Definir las fallas funcionales asociadas a cada función del activo”. (Carlos P., 2016).
- ❖ “Definir los modos de fallas asociadas a cada falla funcional”. (Carlos P., 2016).
- ❖ “Establecer los efectos o las consecuencias asociadas a cada modo de falla”. (Carlos P., 2016).
- ❖ “Satisfacer al cliente Introducir en las empresas la filosofía de la prevención”. (Peña J., 2001).
- ❖ “Identificar los modos de fallo que tienen consecuencias importantes respecto a diferentes criterios: disponibilidad, seguridad, etc.”. (Peña J., 2001).

- ❖ “Precisar para cada modo de fallo los medios y procedimientos de detección”. (Peña J., 2001).
- ❖ “Adoptar acciones correctoras y/o preventivas, de forma que se supriman las causas de fallo del producto, en diseño o proceso”. (Peña J., 2001).

2.2.9 Descripción del método

Para considerar los parámetros en la construcción del análisis de modos y efectos de fallas se tiene el siguiente formato:

a) Nombre del producto componente

“En la primera columna del formato AMEF se escribe el nombre del producto sobre el que se va a aplicar. También se incluyen todos los subconjuntos y los componentes que forman parte del producto a analizar, bien sea desde el punto de vista de diseño del producto o del proceso que se vaya a utilizar para la fabricación”. (Peña J., 2001).

b) Operación o función

La segunda columna se completa con distinta información según se esté realizando un AMFE de diseño o proceso.

- ❖ “para el AMFE de diseño se incluyen las funciones que realiza cada uno de los componentes, además de las interconexiones existentes entre los componentes”. (Peña J., 2001)
- ❖ “Para el AMFE de proceso se reflejan todas las operaciones que se realizan a lo largo del proceso de fabricación de cada componente incluyendo las operaciones de aprovisionamiento, de producción, de embalaje, de almacenado y de transporte”. (Peña J., 2001)

c) Modo de fallo

“El modo de fallo se define como la forma en la que una pieza o conjunto pudiera fallar potencialmente a la hora de satisfacer el propósito de diseño/proceso, los requisitos de rendimiento y/o las expectativas del cliente”. (NTP 679., 2004)

“Los modos de fallo potencial se deben describir en términos “físicos” o técnicos, no como síntoma detectable por el cliente. El error humano de acción u omisión en principio no es un modo de fallo del componente analizado. Es recomendable enumerarlos correlativamente”. (NTP 679., 2004)

Luego de que se haya identificado cada falla funcional, el paso siguiente es identificar los eventos que son muy probable que causen cada uno de los estados de falla. Dichos eventos son conocidos como modo de falla. Es muy probable que los modos de falla repercutan en aquellos que han ocurrido en el mismo equipo o similar que opera en contextos similares, estas fallas que actualmente se previenen por regímenes de mantenimiento que se desarrollan y fallas que no se han producido aun, pero que se considera que son posibilidades reales en un contexto en cuestión. (Tecsups., 2014).

d) Efectos de falla

Comúnmente es el síntoma que se detecta por el usuario del modo de fallo, quiere decir que ocurre el fallo potencial como lo percibe el

cliente, pero de igual manera en cómo repercute en el sistema. La idea es tratar de descubrir las consecuencias no deseadas del fallo que se puede observar o detectar, y siempre deberían indicarse en términos de rendimiento o eficacia del producto. Hay que describir los síntomas tal y como lo haría el propio usuario. (NTP 679., 2004)

Los fallos potenciales ocurridos en la columna se describirán los efectos del mismo tal como lo hace el cliente. Dichos efectos corresponden a cada síntoma. Generalmente se hace referencia al rendimiento del sistema. Después de analizar una parte o componente se tendrá en cuenta la repercusión en el sistema, lo cual ofrece una descripción clara de dicho efecto. Un modo de fallo tiene muchos efectos, por esa razón a la hora de evaluar se elegirá el más grave. (Peña J., 2001).

- ❖ “Diseño: ruido, acabado basto, inoperante, olor desagradable, inestable, etc.” (Peña J., 2001).
- ❖ “Proceso: no puede sujetar, no puede alinearse, no puede perforar, no se puede montar, etc.” (Peña J., 2001).

e) Gravedad de fallo

“El índice de gravedad valora el nivel de las consecuencias sentidas por el cliente. Esta clasificación está basada únicamente en los efectos del fallo”. (Peña J., 2001).

El índice está en función de:

- ❖ “La insatisfacción del cliente. Si se produce un gran descontento, el cliente no comprará más”. (Peña J., 2001).
- ❖ “La degradación de las prestaciones. La rapidez de aparición de la avería. (Peña J., 2001).

La Severidad o índice de gravedad es independiente de la detección y frecuencia. Para el uso de criterios comunes en la empresa se ha de utilizarse una tabla de acuerdo a la clasificación de severidad de cada efecto de fallo, de manera que

se especifique la clasificación del grado de severidad de cada uno. En la tabla siguiente se muestra un ejemplo en que se relacionan el fallo con la severidad. Para una mejor aplicación contar con una tabla adaptadas al producto, servicio y diseño para los cuales se vayan a utilizar. (Peña J., 2001).

Tabla 2.2: Clasificación de la gravedad del modo de fallo según la repercusión en el cliente/usuario.

CRITERIO	Valor de S
Ínfima. El defecto sería casi imperceptible por el Usuario.	1
Escasa. El cliente puede notar un fallo menor, pero solo provoca una ligera molestia.	2 - 3
Baja. El cliente nota el fallo y le produce cierto enojo.	4 - 5
Moderada. El fallo produce disgusto e insatisfacción en el cliente.	6 - 7
Elevada. El fallo es crítico, originando un alto grado de satisfacción en el cliente.	8 - 9
Muy elevada. El fallo implica problemas de seguridad o de no conformidad de los reglamentos en vigor.	10

Fuente: Análisis de modos y efecto de falla (Peña J. ,2001).

Según el criterio de la prevención de riesgos laborales, la gravedad valora las consecuencias de la materialización de riesgos, de manera que se entiende como un accidente o daño más probable/habitual. El AMEF toma y enriquece este concepto introduciendo junto a la importancia del daño del tipo que, en el sistema, es lo mismo que el usuario/cliente percibe. El nivel de gravedad del AMEF nos estará dando el grado de importancia del fallo de un punto de vista de sus peores consecuencias, materiales como personales u organizacionales.

Siempre que la gravedad esté en los niveles de rango de gravedad por encima de 4 y la detectibilidad sea superior a 4 debe considerarse el fallo y las características que le corresponden como primordiales. Aunque el NPR resultante sea menor al especificado como límite, es conveniente actuar sobre los modos de fallo. Cuando al AMEF se les incorpora tal atención especial a aquellos aspectos críticos, el método es conocido como AMFEC, correspondiendo la última letra a tal aspecto cuantificable de la criticidad.

f) Causas de fallo

“En esta columna se reflejan las causas potenciales de fallo atribuibles a cada modo de fallo. La causa potencial se define como indicio de una debilidad del diseño cuya consecuencia es el modo de fallo. Las causas relacionadas deben ser lo más concisas y completas posibles, de modo que las acciones correctoras puedan ser orientadas hacia las causas pertinentes”. (Peña J. ,2001).

“Al igual que en la obtención de los efectos se hacía uso del diagrama “causa- efecto”, a la hora de detectar las causas de un fallo se hace uso del "Árbol de fallos" que permitirá obtener las causas origen de un fallo”. (Peña J. ,2001).

g) Probabilidad de ocurrencia

Es la probabilidad en la cual una causa potencial de fallo (causa específica) se produzca y dé lugar al modo de fallo. Hablamos de una evaluación subjetiva, con la cual se recomienda, si se dispone de una información, utilizar datos estadísticos o teóricos. Si se cuenta en la empresa con un control estadístico de procesos es de gran ayuda para objetivar el valor. Empero la experiencia es muy esencial. La frecuencia de los modos de fallo de un producto final con funciones esencial de seguridad, que fue adquirido de un proveedor, debería ser suministrada al usuario, como punto de partida por dicho proveedor.

“En esta columna se pondrá un valor de probabilidad de ocurrencia de la causa específica. Tal y como se acaba de decir, este índice de ocurrencia está íntimamente relacionado con la causa de fallo, y consiste en calcular la probabilidad de ocurrencia en una escala del 1 al 10”. (Peña J. ,2001). Como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 2.3: Cuadro sobre clasificación según la Probabilidad de ocurrencia.

CRITERIO	VALOR DE “O”
Muy Escasa probabilidad de ocurrencia. Defecto inexistente en el pasado.	1
Escasa probabilidad de ocurrencia, Muy pocos fallos en circunstancias pasadas similares.	2-3
Moderada probabilidad de ocurrencia. Defecto apareciendo ocasionalmente.	4-5
Frecuente probabilidad de ocurrencia. En circunstancias similares anteriores el fallo se ha presentado con cierta frecuencia.	6-7
Elevada probabilidad de ocurrencia. El fallo se ha presentado frecuentemente en el pasado.	8-9
Muy elevada probabilidad de fallo. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	10

Fuente: Análisis de modos y efectos de falla (Peña J., 2001).

Para la probabilidad de ocurrencia se tiene lo siguiente:

- Probabilidad de que se materialice la causa potencial de la falla. Para ello se debe evaluar los controles actuales que se utilizan con la intención de prevenir que se materialice dicha causa de la falla en el elemento designado.
- Probabilidad cuando ocurre la causa de la falla, ésta ocasione el efecto perjudicial que se indica. Para dicho cálculo se tiene que suponer que dicha causa de falla y

modo de falla son detectables mucho antes que el producto arribe al cliente.

Aquí se indican algunas acciones de frecuencia que se deben considerar:

- “Cambiar el diseño, para reducir la probabilidad de que la causa de fallo pueda producirse”. (Peña J., 2001).
- “Incrementar o mejorar los sistemas de prevención y/o control que impiden que se produzca la causa de fallo”. (Peña J., 2001).

“El consejo que se da para reducir el índice de frecuencia de una causa es atacar directamente la “raíz de la misma”. Mejorar los controles de vigilancia debe ser una acción transitoria, para más tarde buscar alguna solución que proporcione una mejora de dicho índice”. (Peña J., 2001).

h) Probabilidad de no detección

Indica la probabilidad de que, la causa de modo de fallo aparecido llegue al cliente. Se define la “no-detección”, para que el índice de prioridad suba de forma análoga al resto de índices a medida que aumenta de dicho riesgo. Después de lo dicho se puede deducir que el índice se relaciona de manera íntima con los controles de detección actual y la causa. (Peña J., 2001).

Debajo se muestra una tabla en la cual hay valores de detección:

Tabla 2.4: Cuadro de clasificación conforme la probabilidad de no detección.

CRITERIO	VALOR DE "D"
Muy escasa. El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes.	1
Escasa. El defecto aunque es obvio y fácilmente detectable podría raramente escapar a algún control primario, pero sería posteriormente detectado.	2-3
Moderada. El defecto es una característica de bastante fácil detección.	4-5
Frecuente. Defectos de difícil detección que con relativa frecuencia llegan al cliente	6-7
Elevada. El defecto es de naturaleza tal, que su detección es relativamente improbable mediante los procedimientos convencionales de control y ensayo.	8-9
Muy elevada. El defecto con mucha probabilidad llegará al cliente, por ser difícil detectable.	10

Fuente: Análisis de modos y efectos de falla (Peña J., 2001).

No se debe confundir el control y detección, ya que una operación de control resultante es muy eficaz al 100%, pero es colateral ya que la detección puede resultar nula cuando las piezas no conformes son finalmente enviadas por error al usuario.

“Para mejorar este índice será necesario mejorar el sistema de control de detección, aunque por regla general aumentar los controles signifique un aumento de coste. Algunos cambios en el diseño también pueden favorecer la probabilidad de detección”.
(Peña J., 2001).

i) Número de prioridad de riesgo(NPR)

“El Número de Prioridad de Riesgo (NPR) es el producto de la probabilidad de ocurrencia, la gravedad, y la probabilidad de no

detección, y debe ser calculado para todas las causas de fallo. El NPR es usado con el fin de priorizar la causa potencial del fallo para posibles acciones correctoras”. (Peña J., 2001).

j) Acción correctora

Aquí se incluye la descripción breve de la acción correctora que se recomienda. Para ello es necesario seguir un cierto orden de primacía para su selección. El orden de prioridad en general es el siguiente:

“Para un mismo nivel de calidad o un mismo valor del índice de prioridad NPR en dos casos, suele ser más económico el caso que no emplea ningún control de detección. Es en general más económico reducir la probabilidad de ocurrencia de fallo que dedicar recursos a la detección de fallos”. (Peña J., 2001).

“Es conveniente considerar aquellos casos cuyo índice de gravedad sea 10, aunque la valoración de la frecuencia sea subjetiva y el NPR menor de 100 o del valor considerado como límite”. (Peña J., 2001).

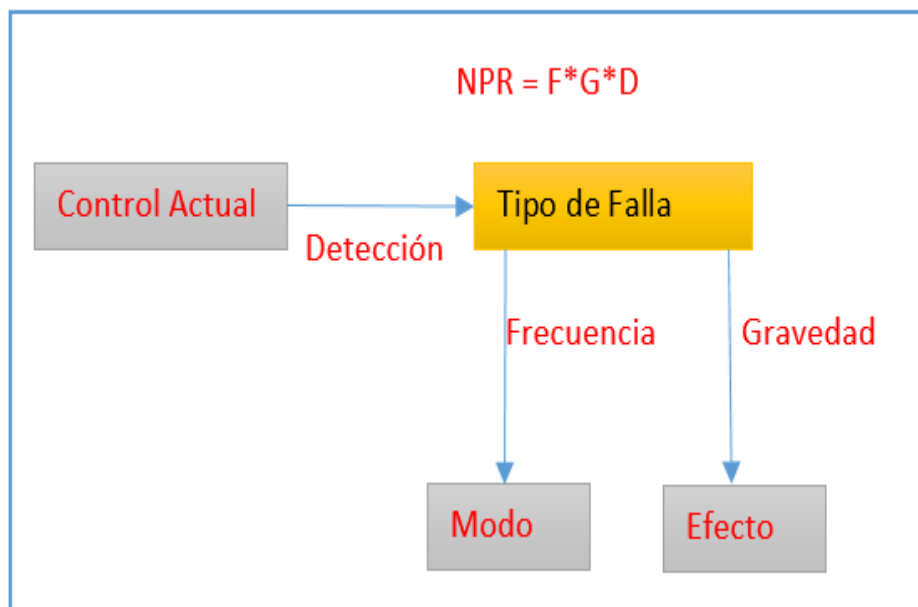


Figura 2.1 Esquema del número de prioridad de riesgo.

Fuente: Huenumán R.R – Análisis de falla

Figura 2.2: Descripción del sistema AMEF

Fuente: Villarroel H.J. – Análisis de falla

2.2.10 Mantenimiento

“Es una función empresarial a la que se encomienda el control constante de las instalaciones, así como el conjunto de trabajos de separación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento continuo y el buen estado de conservación de las instalaciones productivas, servicios e instrumentación de los establecimientos. Se caracteriza por que es el desarrollo de un servicio en favor de la producción”. (Tecsups, 2014).

También es definido como un “conjunto de técnicas destinados a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible y con el máximo rendimiento. Lo clasifica de la siguiente forma los tipos de mantenimiento”. (García G., 2003).

a) Mantenimiento Correctivo

Consiste en la reparación de averías y/o fallos funcionales a medida que se van produciendo; es decir solo se corrige lo que ya no funciona. Es una acción reactiva no programada. Genera órdenes de trabajo por rotura; en donde el elemento ya ha perdido toda su funcionalidad.

El encargado de detectar la avería es mayoritariamente el personal de producción (operadores); son ellos quienes reportan la avería al personal especializado en realizar su reparación.

b) Mantenimiento Preventivo

Es cualquier mantenimiento planeado y es llevado a cabo para hacer frente a las fallas potenciales que se presentan. Puede hacerse con base en el uso o en el tiempo. En este se lleva a cabo de acuerdo a horas de funcionamiento o un calendario establecido y requiere un alto nivel de planeación, las tareas que se realizan son conocidas, así como sus frecuencias donde se necesitan conocimientos acerca de la distribución de las fallas o la confiabilidad del equipo.

c) Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo (MPd) normalmente se realiza separadamente del mantenimiento preventivo, especialmente si lo realiza el departamento de ingeniería. Sin embargo, sirve para el mismo propósito que el MP: prevenir fallas del equipo, prediciendo cuando va a fallar un cierto componente. El mantenimiento predictivo está sujeto a una serie de pruebas y análisis(criterios) tales como:

- Análisis de vibraciones.
- Análisis de aceites.
- Termografía, etc.

Se realiza en base en las condiciones es llevado a cabo en condiciones conocidas del equipo, donde la condición del equipo determina vigilando los parámetros clave del equipo cuyos valores se ven afectados por la condición de éste.

2.2.11 Sistema moto-compresor

El equipo moto-compresor consta de los siguientes subsistemas las cuales se consideraron para el estudio:

a) Motor de compresión a gas G3600

Los motores G3600 proporcionan una amplia gama de opciones de potencia que se adaptan a su aplicación compresión de gas. Los motores G3600 ofrecen la más alta disponibilidad en la industria y prolongados intervalos de funcionamiento entre reacondicionamientos. Los operadores que utilizan los Motores G3600 en su flota disfrutan de la ausencia casi total de tiempos de inactividad no programados, de la potencia adecuada para su aplicación, los costos de operación más bajos y cumplimiento de las normas con respecto a las emisiones. Las aplicaciones ideales para los Motores G3600 incluyen estaciones centralizadas de recolección, procesamiento de gas, transmisiones y aplicaciones de almacenamiento. Motor de Gas CAT G3608 A4 con clasificaciones:

1.864 -1.995 bkW (2.500 - 2.675 bhp) a 1.000 rpm. Cumple con las normas NSPS (Estándares de rendimiento de fuentes nuevas) del sitio.

Los motores a gas G3600 para aplicaciones de compresión está controlado electrónicamente, chispa de encendido, turbo cargador, etapas individuales de enfriamiento en el motor de combustión interna. Los motores Caterpillar G3600 están mejor diseñados que los robustos motores diésel 3600 en plataforma y están más optimizados para aplicaciones de compresión. Tienen un diseño avanzado y un proceso de fabricación con la más alta calidad, confiabilidad y durabilidad.



Figura 2.3: Motor G3608 Caterpillar

Fuente: Manual – Guía Caterpillar.

b) Compresor

Los compresores son máquinas que tienen por finalidad aportar una energía a los fluidos compresibles, tales como el aire que es el fluido comprimido con mayor frecuencia, pero también se comprimen el gas natural, el oxígeno, el nitrógeno, y otros gases de importancia industrial. Esto se realiza mediante un trabajo ejercido por el compresor que es transferido a la sustancia que pasa por él, convirtiéndose en energía de flujo, aumentando la presión y energía

cinética del fluido. La energía necesaria para efectuar este trabajo la proporciona un motor eléctrico o de combustión interna.

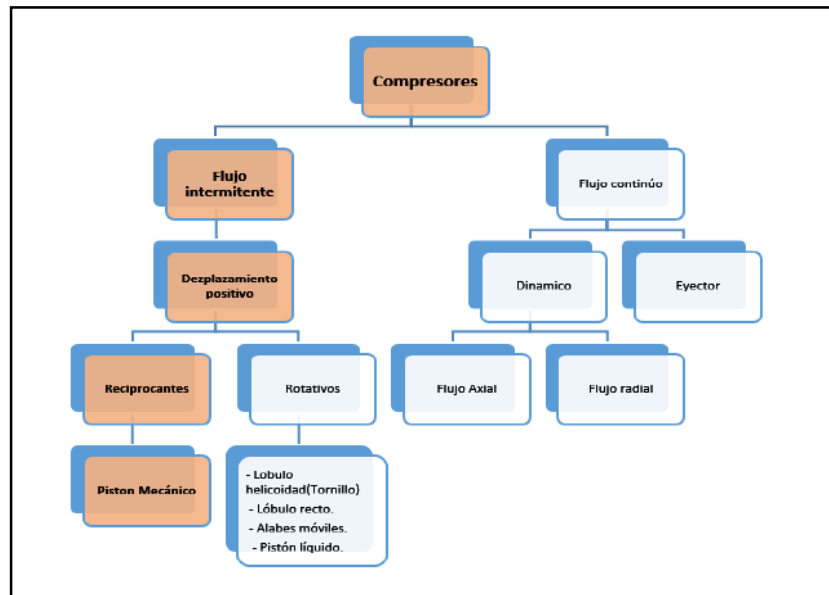


Figura 2.4: Clasificación de compresores

Fuente: Elaboración propia.

La compresión consta de dos compresores reciprocantes impulsados por un motor a gas. La corriente de gas natural que se origina en el tope de la torre de etanizadora es comprimida a 1170 psi. Este gas residual puede ser enviado a la planta termoeléctrica de Aguaytia (CTA) o puede ser reinyectada a los pozos de gas a través de los dos compresores de reinyección. Los dos compresores de reinyección utilizan el 50% para proporcionar la compresión necesaria para la entrega de gas residual a los pozos de reinyección. Los compresores están designados a comprimir y entregar gas de residuo a 4200 psi y 120 °F. La primera etapa de succión de cilindro de gas es 5.875" y comprime el gas de residuo desde 1175 psi a 1800 psi. En la segunda etapa de succión hay dos cilindros de 4.25" y comprime el gas de residuo desde 1800 psi de succión a 4200 psi de descarga. El compresor entrega flujo lleno a la planta a 4200 psi

y 120 °F. Ambos compresores son unidades empaquetadas autónomas idénticas y separadas. Ellos son Ariel de dos fases con motor de cilindro de gas de fase dual impulsado por compresores, manejados por motores de gas Caterpillar modelo G3608 cada unidad tiene su propio aceite lubricante y sistemas de agua de enfriamiento y enfriador de aire, aceite agua e intercambiadores de gas de proceso. Cada unidad proporciona 2225 BHP a 1000 RPM de velocidad del motor. Se ejecutan en paralelo de forma manual por el regulador de velocidad en el rango de 750-1000 RPM.

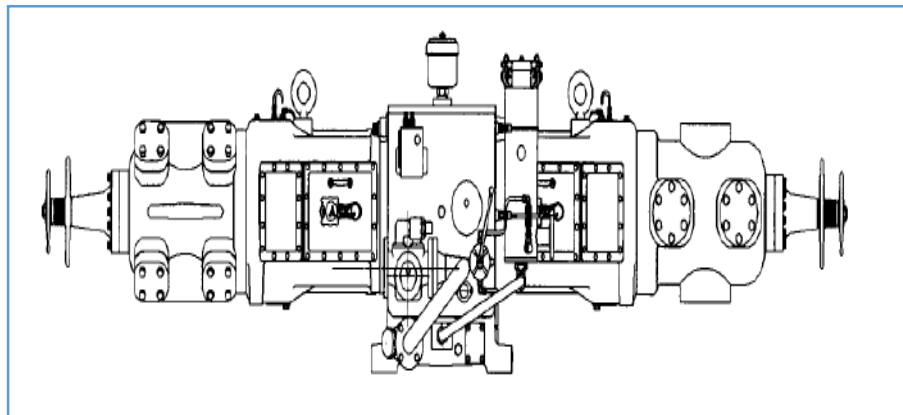


Figura 2.5: Compresor Ariel de dos etapas

Fuente: Manual de compresores Ariel.

c) Aero Enfriador (Cooler)

Intercambiador de calor que consta de paquetes de tubos aleteados en 3 secciones definidas (gas de entrada al compresor, gas de salida del compresor, agua de enfriamiento al motor y misceláneos) enfriados por ventiladores directos acoplados al motor CAT G3600. El enfriador de reinyección entre etapas es un aspa manejado por el motor del compresor y está provista de rejillas manuales. La rejilla actual se localiza en el enfriador de reinyección de descarga. Sirve para enfriar la descarga de gas entre etapas desde 215 °F a 120 °F como máximo para succión a la 2° etapa de compresión. La caída

de presión máxima por el enfriador es de 10 a 25 psi. Y es protegido de sobrepresión por la válvula PSV-1404/1504 puesto a 2490 psi.



Figura 2.6: Sistema de enfriamiento de Gas y Agua.
Fuente: Área de Mantenimiento Aguaytia-Energy.

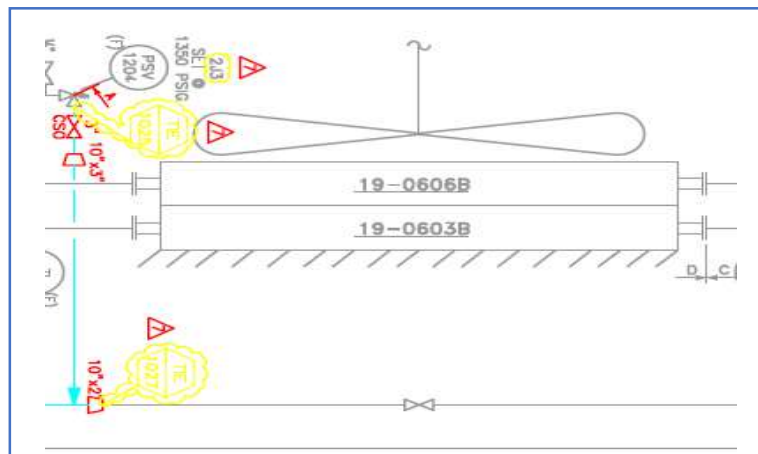


Figura 2.7: PI&D del Sistema de enfriamiento.
Fuente: Área de Mantenimiento Aguaytia-Energy.

d) Filtro de Gas (Scrubber)

El scrubber de gas combustible sirve para extraer cualquier agua o hidrocarburos líquidos arrastrados que pueden haber llevado a más

con el residuo y el gas de entrada. Una almohadilla de malla instalado en el scrubber ayuda uniendo las gotas liquidas, las gotas gravitan a los fondos del scrubber y vacían automáticamente al sistema del tubo de drenaje cerrado. El gas combustible originado del flujo de gas de residuo vía el intercambiador de gas de entrada, 15-0601, es la fuente primaria de gas combustible para la planta. El gas combustible reemplaza el suministro de inicio que se origina en el flujo de gas de la planta a través del separador de gas de tres fases o llamado separador trifásico 16-0301.

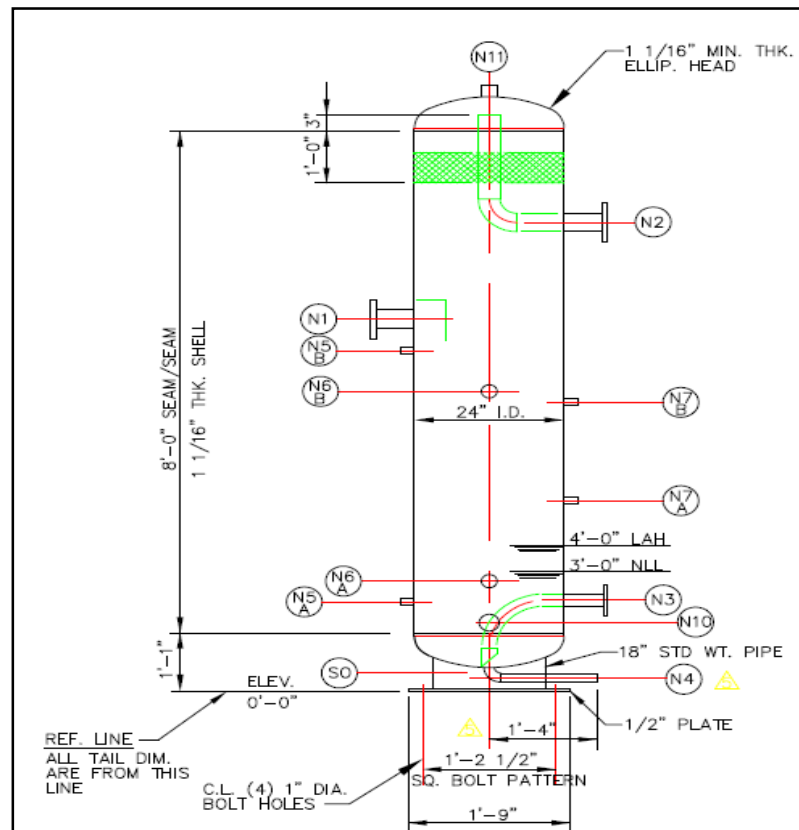


Figura 2.8: Filtro de Gas o Scrubber.

Fuente: Área de Planeamiento Aguaytia-Energy.

e) Cilindros

Los pistones se desplazan dentro de los cilindros hasta que las válvulas de actúen de acuerdo con el diseño. Donde el diseño y la

selección del cilindro no debe exceder cierta presión, así como la presión de succión, los cilindros deben cumplir ciertos requerimientos: La presión de trabajo permisible para cualquier cilindro no debe estar en exceso, verificar que los cilindros de compresión puedan operar dentro de todos los parámetros, las cargas sobre las barras del pistón no deben exceder las recomendaciones del fabricante, la carga efectiva nunca debe exceder más arriba del 3% de los BHPs disponibles del motor.



Figura 2.9: Cilindro del compresor Ariel.
Fuente: Área de mantenimiento – Aguaytia Energy.

2.3 BASES CONCEPTUALES

- a) **Análisis de falla.** Menciona que el análisis de falla es la recopilación, análisis, revisión y clasificación de las fallas para determinar tendencias e identificar el bajo rendimiento de partes y componentes de un sistema. (Mc Kena T. 1997).
- b) **Falla.** Es la incapacidad de cualquier activo de hacer aquello que sus usuarios quieren que haga. (Moubray IV J.M. 2004)
- c) **Falla funcional.** Es definida como una ocurrencia no previsible, que no permite que el activo alcance el estándar de ejecución esperado en el contexto operacional en el cual se desempeña, trayendo como consecuencia que el activo no pueda cumplir con su función o la cumpla de forma ineficiente (Parra, Carlos 1998)
- d) **Modo de falla.** Es cualquier evento que causa una falla funcional. (Moubray IV J.M. 2004).
- e) **Efecto de falla.** Los efectos de la falla describen qué pasa cuando ocurre un modo de falla. (Moubray IV J.M. 2004).
- f) **Planta de Gas.** Es una instalación que procesa gas natural para recuperar los líquidos del gas natural (condensado, gasolina natural y gas de petróleo licuado) conocido como planta procesadora de gas natural.
- g) **Motor.** Es la parte sistemática de una maquina capaz de hacer funcionar el sistema transformando algún tipo de energía (eléctrica, de combustible fósiles, etc.) en energía mecánica capaz de realizar un trabajo.
- h) **Compresor.** Es una máquina, cuyo trabajo consiste en incrementar la presión de un fluido. Al contrario que otro tipo de máquinas, el compresor eleva la presión de fluidos compresibles como el aire y todo tipo de gases.
- i) **Confiabilidad.** Puede definirse como “La probabilidad de que un equipo cumpla una misión específica (no falle) bajo condiciones de operación determinadas en un periodo determinado” (Parra, Carlos 2016).

j) **Mantenibilidad.** Puede definirse como “La probabilidad de que un equipo sea devuelto a un estado en el que pueda cumplir su misión en un tiempo dado, luego de la aparición de una falla, utilizando procedimientos de mantenimiento preestablecidos”. (Parra, Carlos 2016).

2.4 HIPÓTESIS

Al evaluar el sistema motocompresor de la planta de gas Aguaytia Energy mediante la metodología AMEF, se formulará un plan de acción que luego se presentará a la empresa.

Tabla 2.6: Componentes críticos de cada subsistema.

Variable de Estudio: Fallas funcionales		
DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSION COMPONENTES	FACTOR
Una evaluación de falla es un examen detallado de un equipo dañado donde se recopila, analiza, revisa y clasifica las fallas para hallar la causa raíz de tipo de falla y emplear dicha información con la finalidad de optimizar la confiabilidad de dicho equipo.	Fallas en el motor (Caterpillar - 4WF0046) de combustión.	Bujía (141-8951)
		Bobina (7W-4377)
		Buffer(112-2932)
		Sensor de combustión(159-3219)
		Magneto(7E-8245)
		Pistón (7C-0415)
		Cilindros (7C-0401)
		Válvula Check (7E-1629)
		Sensor de Detonación (9X-4836)
		Sensor de Presión de Aceite (3E-3530)
		Sensor de Temperatura del agua (7X-1043)
		Motor de arranque (4W-0695)

	Controladores (3E-9335)
	Sello (190-2463)
	Amortiguador del tubo de escape (123-5717)
	Controlador electrónico del motor (136-7350)
	Controlador buffer de Combustión (112-2932)
Fallas en el compresor recíprocante (Ariel JGD/4)	crucetas
	sensores
	Bielas
	Dámper
	Bomba de Lubricación
	Bomba de Lubricación Forzada(A-3101)
	Filtro de aceite(A-0661)
	Bloque de Distribución DNFT(Digital No Flow Timer)
Fallas en el sistema de Enfriamiento (AXC - Modelo F)	Fajas de transmisión(C-1958)
	Aletas de Ventilación(A-2254)
	Disipador de calor (B-1456)
	Sensores de vibración(A-1624)
	Eje de transmisión(C-1825)
	Chumacera(B-3251)

Fallas en el Filtro de Succión (DRW 9420017)	Válvula de drenaje(V- 1632)
	Filtro de Gas (Strainer) (A-2543)
	Bolla(B-1636)
Fallas en los cilindros	Válvulas(A-0639)
	Anillos de empaquetadura BTUU (B-1690)
	Empaque (Packing)(B- 1462)
	Banda de Desgaste(A- 2129)
	Anillo del pistón(A-2127)
	Pistón(C-1237)
	Vástago del pistón(C- 1247)

CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El método más adecuado a esta investigación es inductivo-deductivo, ya que tomará investigaciones realizadas anteriormente para llegar a analizar las distintas fallas para llegar a la conclusión de que esta pesquisa pueda servir a otra máquina del mismo modelo y marca. Es sistémico ya que enlaza hechos que parecen dispersos y se define una teoría que agrupa elementos en una totalidad.

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es tecnológica ya que se aplicará teoría y datos actualizados para el estudio de la moto-compresor y el resultado nos mostrará un modelo actual que nos permitirá verificar el tipo de comportamiento que tiene el moto-compresor.

“La investigación tecnológica tiene como propósito aplicar el conocimiento científico para solucionar los diferentes problemas que benefician a la

sociedad. Sus niveles son la experimentación y la aplicación.”. (Espinoza M., 2010 pág.76).

3.3 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación es aplicado, porque “tiene como propósito aplicar los resultados de la investigación experimental para diseñar tecnologías de aplicación inmediata en la solución de los problemas de la sociedad.” (Espinoza M., 2010 pág.76).

3.4 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño será el aplicada, debido a que se recogerá datos de moto-compresor en el estado en el cual se encuentra Teniendo como muestra “M” y como observación de las muestras a “O” al sistema moto compresor.

“Recoge información actualizada de varias muestras sobre un mismo objeto de investigación y lo caracteriza sobre la base de una comparación. Sirve para estudios de diagnóstico descriptivo comparativos, caracterizaciones sobre la base de varios factores”. (Espinoza M., 2010 pág.73).

3.5 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

La unidad de observación está formada por objeto de estudio, en este apartado es la producción de gas seco el cual se encuentra ubicado en la planta de gas lote 31C.

3.5.1 Población

En la presente investigación la población fue delimitado por el sistema de reinyección de la planta de Gas ubicado en el lote 31-C.

3.5.2 Muestra

La evaluación de las fallas del sistema motocompresor mediante la metodología AMEF.

3.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.6.1 Técnicas de recolección de datos

La técnica adecuada son el documental y empírica. El primero se usará para realizar el marco teórico y el marco conceptual, así mismo se recolectará datos del registro de archivos y distintos documentos. La ficha de observación será el instrumento que se usará, así como hojas de reporte e inspección.

La técnica empírica se usará para la recolección de datos del objeto estudiar(moto-compresor), la técnica empírica es la más adecuada por medio de la medición y observación. Todo lo mencionado permitirá abonar datos de las fallas donde se emplearán fichas de registro, datos del sistema scada y reportes que se realizan en el equipo.

3.6.2 Instrumentos de recolección de datos

En este instrumento, para la recolección de datos se utilizará la tabla de análisis de modo y efecto de fallas (AMEF) acompañado de fichas de control de la planta diario, lecturas de control de operación, control de equipos semanal, así como también el reporte de tendencias según el software scada.

3.7 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

La estadística descriptiva es la técnica de procesamiento y análisis de datos que se usará con el primero determinaremos parámetros para la tendencia central, moda, media, ya que también se realizará una tabla de frecuencias, histograma, lo cual tendrá una asistencia mediante el software SPSS. Dicho programa nos ayudará a determinar los parámetros obtenidos en otros moto-compresores de características similares.

CAPITULO IV

ANALISIS DE FALLAS FUNCIONALES DEL SISTEMA MOTO-COMPRESOR

4.1 PROCESO DE ELABORACIÓN DEL AMEF

En el tratado del sistema de reinyección de gas de la planta de Gas se tiene el equipo Moto-Compresor el cual presentan partes importantes como el cooler, motor, compresor, cilindros de 1° y 2° etapa y el scrubber. Cada una de estas partes tienden a tener fallas debido al continuo funcionamiento, para ello existe el **ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA (AMEF)**, donde el objetivo básico es encontrar todas las formas o modos en los cuales puede fallar un activo dentro de este proceso, para así identificar las posibles consecuencias o efectos de las fallas en función a algunos criterios básicos para un

mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC), estos criterios son seguridad humana, seguridad ambiental y seguridad para la operación(producción).

Para la elaboración del AMEF se consideró el siguiente proceso:

- Identificación de funciones y diagrama funcional del proceso
- Identificación de modos de falla y sus efectos.
- Identificación de posibles causas raíz.
- Estimación del grado de severidad, ocurrencia y detección.
- Calcular el RPN y evaluar el riesgo final.
- Tomar acciones para reducir el riesgo.

Los datos se ubicarán en una tabla para una aplicación correcta del AMEF.

4.2 MOTOR DE COMBUSTIÓN

El motor es imprescindible para la generación de movimiento y torque que pueda transmitir al compresor de gas.

Tabla 4.1: Componentes del Motor de Combustión.

Fallas en el motor de combustión (Caterpillar - 4WF0046).	
Componentes	Función
Bujía (141-8951)	Las bujías se encargan de suministrar la chispa de encendido para que se inflame el carburante dentro de la cámara de combustión, además alivian el calor que se genera en el motor.
Bobina (7W-4377)	La bobina es un dispositivo de inducción electrónica ya que es el fenómeno que origina la producción de un cuerpo expuesto a un campo variable, el cual forma parte del encendido del motor de combustión interna que cumple con la función de elevar el voltaje

	normal a un valor aproximado de 1000 veces mayor con el propósito de producir la chispa en la bujía.
Buffer(112-2932)	El buffer es un tablero de conexiones o también conocido como amortiguador de corriente que alimenta y distribuye corriente hacia la bobina.
Sensor de combustión(159-3219)	Este sensor tiene la función de medir el tiempo de quemado.
Magneto(7E-8245)	Este componente da el inicio o la chispa de encendido(Ignición) del arranque al motor también se le describe como generador de corriente base o primaria para el motor.
Pistón (7C-0415)	Forma una pared móvil de la cámara de combustión transmitiendo la energía producida de los gases de combustión al cigüeñal mediante movimientos rotativos dentro del cilindro.
Cilindros (7C-0401)	El cilindro esencialmente guía al pistón, oponiendo la menor resistencia posible al deslizamiento asegurando la hermeticidad de los gases de combustión, en el cilindro están unidas partes como el cigüeñal, culata, filtros, cárter, etc.
Válvula Check (7E-1629)	la función básica de esta válvula es que permite el paso de flujo de fluidos en una sola dirección, aislando completamente la zona anterior de donde ahora están los fluidos.
Sensor de Detonación (9X-4836)	Estos sensores monitorean el desempeño del motor para detectar la detonación. El sensor está instalado en el centro del banco de cilindros.
Sensor de Presión de Aceite (3E-3530)	Hay dos sensores de presión de aceite del motor. Los sensores se encuentran en la parte superior de

	la carcasa del filtro de aceite. Uno de los sensores mide la presión de aceite no filtrada. El otro mide la presión de aceite filtrada.
Sensor de Temperatura del agua (7X-1043)	El sensor de temperatura del agua se encuentra en la carcasa del regulador de temperatura del agua. Para controlar la temperatura del refrigerante, el elemento debe estar en contacto con el refrigerante .
Motor de arranque (4W-0695)	Impulsar al motor para el arranque
Controladores (3E-9335)	Mostrar parámetros de los medidores durante la operación del motor.
Sello (190-2463)	Retener el aceite interno del motor y proteger ingreso del polvo.
Amortiguador del tubo de escape (123-5717)	Absorber las vibraciones, dilatación y flujo de gases de escape.
Controlador electrónico del motor (136-7350)	Muestra la información de la situación, diagnóstico y parada en una pantalla LED e indicadores luminosos.
Controlador buffer de Combustión (112-2932)	Recibe y envía la señal de ignición al sistema de módulo de control.
Fuente: Elaboración propia.	

Tabla 4.2. Operación del motor de combustión.

PRINCIPIOS DE OPERACIÓN	
Proceso	Descripción
Detenido	El conmutador de control de modalidad que es un interruptor giratorio de cuatro posiciones, con

	funciones de OFF-RESET/STOP/STAR/AUTOMATIC, ubicadas en el panel de control o tablero CMS(Control Module System) está en modo OFF-RESET (Panel apagado).
Operación	Luego que el motor CAT queda en marcha se requieren de verificaciones constantes y periódicas para asegurarse que los componentes se reemplacen cuando fuere indispensable.
Parada	La parada del motor CAT es manual y forzoso, el primero bajando las revoluciones del motor para posteriormente poner en STOP y el segundo por acciones de fallas en componentes.
Disparo	Cuando el motor CAT se detiene por acción de una detonación se cierra automáticamente la válvula de ingreso de gas. Se sigue el procedimiento establecido para el apagado normal.
Advertencia	La adecuada temperatura del agua que es refrigerante para el motor, la mala regulación de aire/combustible, etc. Tienen el potencial de dañar al motor y demás componentes.
Fuente: Elaboración Propia.	

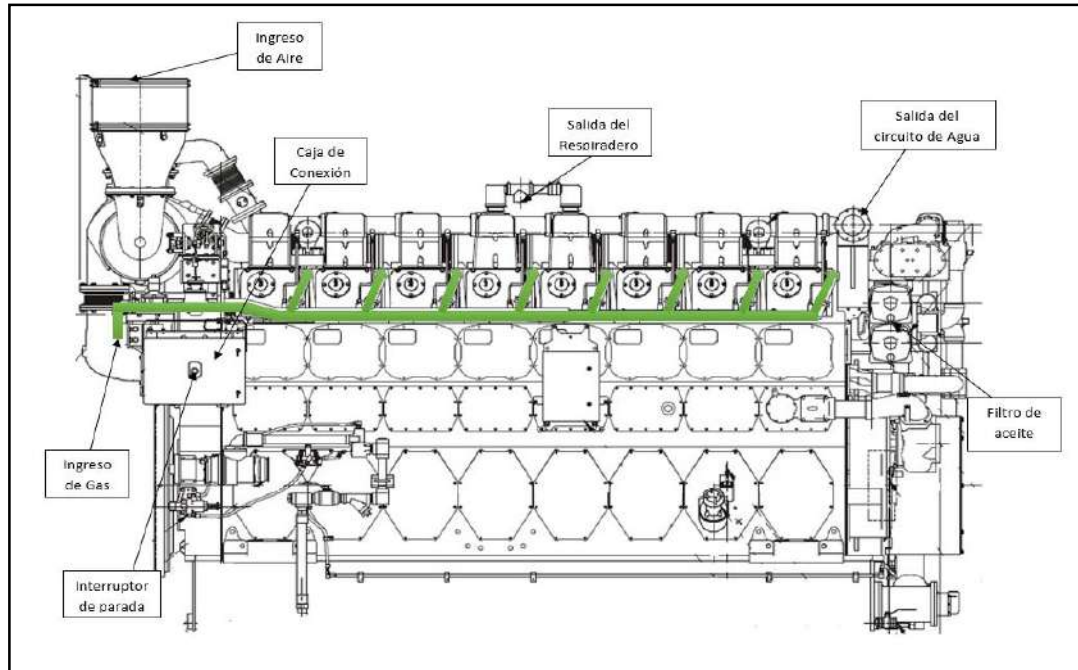


Figura 4.1: Grafico de funcionamiento del motor.

Fuente: Elaboración propia.

4.3 COMPRESOR

Dispositivo mecánico que tienen como objetivo aumentar la presión de un gas, por efecto de la disminución de su volumen específico, a través de la aplicación de un trabajo.

Tabla 4.3 Componentes del compresor reciprocante Ariel.

Fallas en el Compresor (Ariel – JGD/4).	
Componentes	Función
Crucetas (A-3094)	Tiene la función de articular y alinear el vástago del pistón con la biela. El perno de cruceta sirve para asegurar el sistema y facilitar la unión. La cruceta se desliza sobre la guía a través de los materiales

		antifricción que lleva en las zapatas. La superficie de contacto es normalmente de metal blanco o se trata de superficies con aporte de babbit que pueden remetalarse.
Bielas (A-3093)		Las bielas convierten el movimiento rotativo del cigüeñal en un movimiento rectilíneo recíproco en el pistón. La parte superior que va contra el pistón o la cruceta, es normalmente cerrada mientras que la parte inferior toma al cigüeñal es normalmente en dos mitades.
Damper (4C-6508)		El dämpfer es el componente que absorbe las vibraciones del cigüeñal, limita la vibración torsional del cigüeñal. Los daños o falla en el dämpfer pueden aumentar las vibraciones torsionales. Esto puede provocar daños en el cigüeñal y en otros componentes del motor. Un dämpfer deteriorado puede causar ruido excesivo.
Bomba de Lubricación (C-1231)	de (C-1231)	Bombear aceite hacia el filtro y posteriormente a la bomba de lubricación forzada.
Bomba de Lubricación Forzada(A-3101)	de	La bomba de lubricación forzada inyecta aceite Shell Omala S2 G320 a los packings del compresor
Filtro de aceite(A-0661)		la principal función del filtro es remover las impurezas rigurosamente la primera vez (eficiencia) así mismo tiene la función de atrapar y retener impurezas hasta el siguiente cambio de filtro(Capacidad)
Bloque de Distribución(A-6423)	de	Suministrar la cantidad necesaria de aceite al diámetro interno de los cilindros y a las empaquetaduras del vástago.

DNFT(Temporizador digital sin flujo)(A-6348)	Controlar y medir el tiempo de ciclado de la lubricación del aceite a todas las partes necesarias del compresor-cilindro.
Fuente: Elaboración propia.	

Tabla 4.4. Operación del compresor recíprocante Ariel.

PRINCIPIOS DE OPERACIÓN	
Proceso	Descripción
Detenido	El motor CAT no está en funcionamiento, por lo tanto no transmite movimiento al compresor recíprocante.
Operación	Luego que el motor CAT se encuentra en funcionamiento, transmite el movimiento al compresor, el cual empieza con su función principal la de comprimir gas, para ello se tienen que aperturar la válvula Fisher desde el panel instalado frente al panel principal del compresor.
Parada	La parada del compresor es automático, cuando hay fallas en los sensores u otros componentes ya sea del motor CAT o del compresor mismo.
Disparo	Cuando existe diferencia de presión de gas, el sensor de presión diferencial actúa haciendo que el compresor Ariel deje de funcionar. Consecuentemente se ventea al mismo para proteger de una sobrepresión en los ductos.
Advertencia	Partículas de sólidos en el gas pueden dañar a los componentes del compresor.
Fuente: Elaboración Propia.	

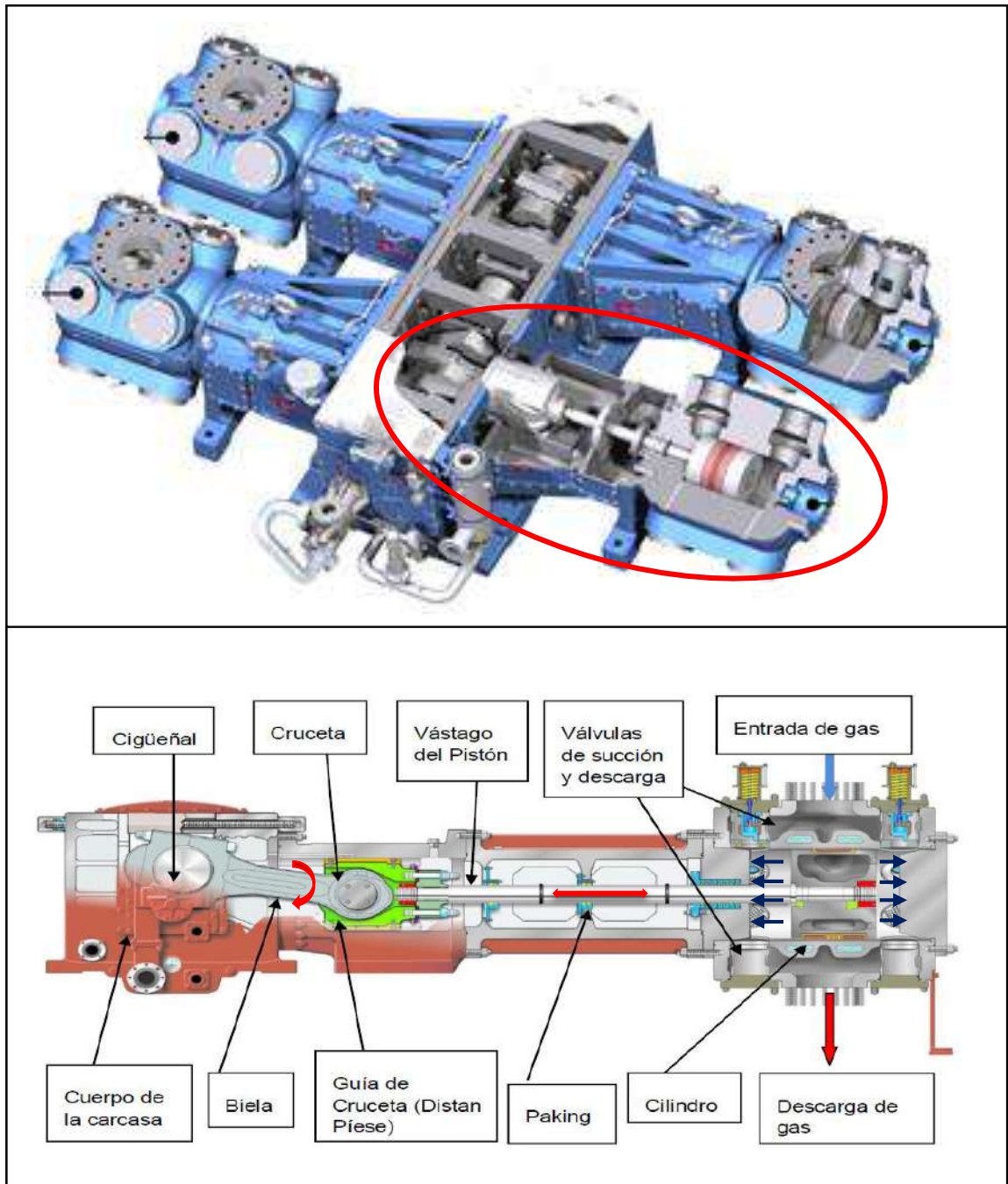


Figura 4.2: Grafico de funcionamiento del motor.

Fuente: Elaboración propia.

4.4 AERO ENFRIADOR

Los Aero enfriadores o comúnmente llamados ventiladores, son equipos apropiados para la extracción de aire de un medio hacia otro, existen de tipo

axiales y radiales, la función primordial es la de disipar calor que se produce en los equipos de combustión y que requieran constante refrigeración.

Tabla 4.5: Elementos principales propensos a fallas del Aero enfriador

Fallas en el Aero enfriador (AXC – Modelo F).	
Componentes	Función
Correa de transmisión(C-1958)	Cintas continuas o correas continuas que basan su función principal en la transmisión de movimientos, su funcionamiento está basado principalmente en las fuerzas de fricción.
Aletas de ventilación(A-2254)	Componentes metálicos de aluminio que direccionan el flujo de aire para enfriar el refrigerante que contiene los tubos aleteados.
Disipador de Calor(B-1456)	La función primordial de este elemento consiste en intercambiar calor de los refrigerantes del motor, este elemento está cubierto por aletas de aluminio, lo cual implica que son muy frágiles a la hora de hacer un mantenimiento con presión de agua.
Sensores de vibración(A-1624)	Este elemento proporciona información a la caja de interfaz y el código de falla es visualizado en el módulo de control del motor. Dicha información es utilizada para una supervisión constante y mantenimiento para una mejor operación.
Eje de transmisión(C-1825)	Transmitir la fuerza a las aletas de ventilación para la captación y dirección del aire.

Chumacera(B-3251)	Soportar cargas radiales del eje de transmisión
Fuente: Elaboración propia.	

Tabla 4.6: Principios de operación del Aero enfriador

PRINCIPIOS DE OPERACIÓN	
Proceso	Descripción
Detenido	Cuando el motor CAT está detenido, el aeroenfriador también lo estará puesto que recibe el movimiento por medio de poleas y fajas para reducir la velocidad.
Operación	Al encender el motor CAT automáticamente el aeroenfriador empieza a girar cumpliendo así su función.
Parada	La parada del aeroenfriador es automático y consecuente cuando el motor CAT está apagado o tiene una parada intempestiva.
Disparo	Cuando el eje de transmisión de movimiento del Motor-Aeroenfriador tiene una alta vibración entonces un sensor que protege de este fallo actúa haciendo que todo el sistema de compresor se apague.
Advertencia	La mala alineación de las poleas pueden causar altas vibraciones en el eje de transmisión al aeroenfriador.
Fuente: Elaboración Propia.	

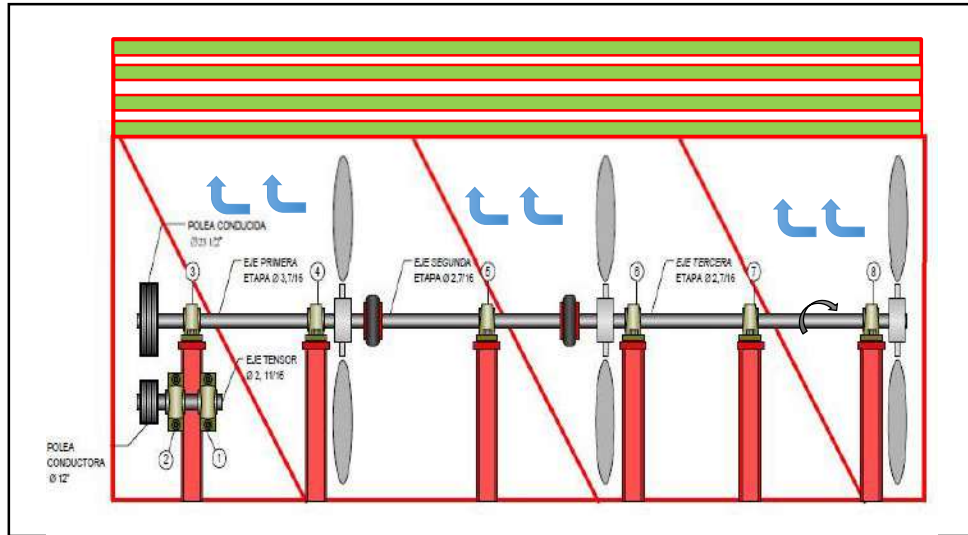


Figura 4.3: Grafico de funcionamiento del motor.

Fuente: Elaboración propia.

4.5 FILTRO (SCRUBBER)

Recipiente en forma de botella gigante cuya función primordial es la de separar los líquidos condensados del flujo de agua saturada del gas de regeneración. El filtro o scrubber está equipado por un eliminador de neblina que junta gotas líquidas del gas que sale del mismo. Las gotas líquidas se caen entonces al fondo del scrubber.

Tabla 4.7: Componentes del filtro propensos a fallas comunes.

Fallas en el Scrubber o Separador (DRW 9420017).	
Componentes	Función
Válvula de drenaje(V-1632)	Las válvulas de drenaje se abren mediante la conexión a un sistema neumático, el mismo que está conectado con un sensor de nivel.
Filtro de Gas (Strainer)(A-2543)	Tiene la función de separar impurezas como el agua, que se colan en el ducto de gas que es combustible para el motor.
Bolla(B-1636)	Elemento parecido a un flotador que sirve para dar una señal al sensor de nivel, para que se apertura

	neumáticamente la válvula de drenaje que drena el agua que se acumula.
Fuente: Elaboración propia.	

Tabla 4.8: Principio de operación del filtro.

PRINCIPIOS DE OPERACIÓN	
Proceso	Descripción
Detenido	El scrubber no opera cuando no hay flujo de gas que entre al Motor CAT.
Operación	Cuando se enciende el motor el scrubber entra en funcionamiento que tiene una válvula check el cual permite el paso del gas en una sola dirección.
Parada	El scrubber no tiene dispositivos de apagado asociados con el mismo, el scrubber de gas de regeneración.
Disparo	Al drenar el gas lo que queda en la parte baja del scrubber es agua o impurezas solidas lo cual debería drenarse automáticamente, en cuanto no sucede este último se enciende la alarma y el sensor actúa apagando el sistema de compresor.
Advertencia	Cuando la válvula de drenaje no funciona, podría dar pase a partículas de agua y sólidos al motor y eso ocasionaría desgaste y otros problemas en componentes de la misma
Fuente: Elaboración Propia.	

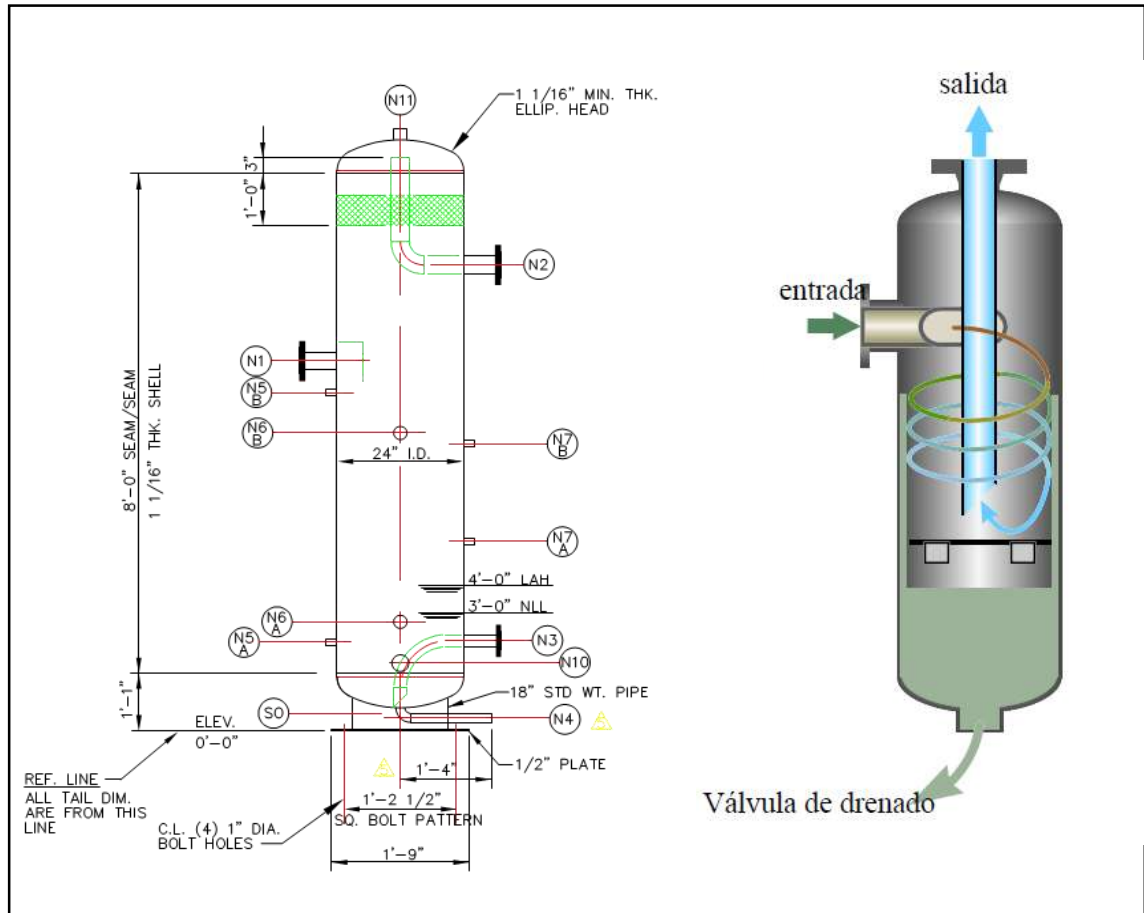


Figura 4.4: Diagrama funcional del Scrubber o Filtro.

Fuente: Elaboración propia.

4.6 CILINDROS DE PRIMERA Y SEGUNDA ETAPA

Es un cilindro de doble efecto en el cual las válvulas se localizan en los laterales en forma radial al diámetro de los cilindros. Este dispositivo está compuesto por diversos componentes que cumplen sus funciones según se describe en la tabla siguiente 4.9.

Tabla 4.9: Componentes del Cilindro.

Fallas en los Cilindros de 1° y 2° Etapa (Ariel Corporación).	
Componentes	Función
Válvulas(A-0639)	Las válvulas cierran la cámara de compresión durante la expansión y la compresión. Durante la succión y la descarga deben estar abiertas para permitir el llenado de la cámara(succión) o permitir que el gas fluya(descarga). Las válvulas se abren y cierran por el diferencial de presión que actúa sobre sus elementos de cierre. El tiempo de cierre y apertura se determina por la presión diferencial y por el diseño de la válvula.
Anillos de empaquetadura BTUU (B-1690)	Cada conjunto de anillos BTUU incluye anillos de sellado múltiple que se cargan a diferentes presiones. El anillo de corte radial es de acción única y admite la salida del flujo de gas fuera de la copa en la carrera de aspiración. El anillo con corte tangencial primero genera un sello y, cuando se acumula la presión, el primer anillo sin cortes se comprime contra el vástago. A medida que la presión sigue aumentando, el segundo anillo sin cortes se sella contra el vástago. Cuando la presión se reduce, los anillos se descargan.
Empaque (Packing; B-1462)	El empaque son sellos laberínticos cuya función es evitar que la presión del cilindro pueda ingresar en el Carter. La caída de presión se produce en pasos a través de un cierto número de rings o anillos que se encuentran en containers o copas. A mayor presión mayor copas. Dependiendo del caso pueden ser lubricados o no, refrigerados o no, con o sin venteo, con o sin purga.

Banda de Desgaste (A-2129)v	Cumple la función de guiar el pistón y el vástago del cilindro hidráulico en su recorrido.
Anillo del pistón (A-2127)	Tiene la función de sellar la cámara de combustión y regular el consumo de aceite del cilindro.
Pistón (C-1237)	Constituir una pared movediza de la cámara de combustión y transmitir la energía mecánica que producen los gases de combustión.
Vástago del pistón (C-1247)	Permitir la transmisión de fuerza que se genera por la presión de entrada de aceite en los cilindros hidráulicos.
Fuente: Elaboración propia.	

Tabla 4.10: Principio de operación del Cilindro.

PRINCIPIOS DE OPERACIÓN	
Proceso	Descripción
Detenido	Al inicio de la operación las válvulas de 8" y 2" están cerradas de la misma manera la válvula Fisher y todo el ingreso hacia el compresor y las válvulas de succión permanecen cerradas.
Operación	Después del encendido de motor CAT y que este a las revoluciones establecidas, se apertura la válvula de 2" gradualmente hasta aperturar por completo para después abrir la de 8" y el compresor ARIEL comienza a comprimir gas entrando por la válvula de succión.
Parada	Durante el apagado normal del moto-compresor se cierran las válvulas de ingreso de gas, posteriormente se abren las válvulas de alivio o venteo para su quemado en el sistema flare.
Disparo	En el proceso de disparo del moto-compresor los sensores de protección se activan, lo cual hace que el sistema de

	compresion se apague o en el peor de los casos generar un shut down(apagado total) de planta.
Advertencia	El pase de mol sieve y otras partículas a la cámara del cilindro puede ocasionar fuga de gas y desprendimiento de partículas de los anillos u otros componentes del cilindro.
Fuente: Elaboración Propia.	

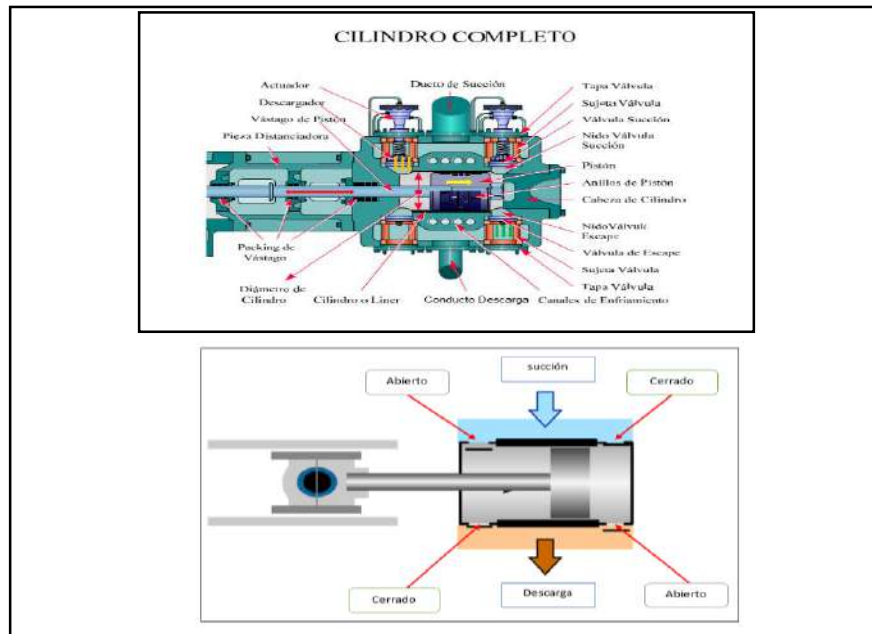


Figura 4.5: Diagrama funcional del Cilindro.

Fuente: Elaboración propia.

4.7 IDENTIFICACIÓN DE FALLA FUNCIONAL

Luego de haber detallado las funciones del sistema motor-compresor, se dará paso a determinar la falla funcional.

Tabla 4.11: Fallas funcionales del sistema moto compresor.

SISTEMA MOTO-COMPRESOR		
Componentes	Modelo	Fallas funcionales
Fallas en el motor de combustión.	Caterpillar - 4WF0046	No transmitir movimiento para la compresión de los gases en el compresor Ariel
Fallas en el compresor reciprocante	Ariel JGD/4	No transmitir movimientos rotativos para la compresión de gas en el cilindro. El compresor no puede comprimir y entregar gas de residuo a una presión(3700 Psi) y temperatura(120 °F) determinada.
Fallas en el sistema de Enfriamiento	AXC - Modelo F	No enfriar la descarga de los gases entre etapas desde 220°F a 215°F como máximo para la succión de la 2da etapa de compresión. Así como tampoco puede enfriar el refrigerante del motor para un buen funcionamiento de ello.
Fallas en el Filtro de Succión	DRW 9420017	No separar los líquidos condensados del flujo de agua saturada del gas de regeneración, ya que está equipada por un eliminador de neblina que una vez juntado las gotas liquidas producto del gas caen al fondo del scrubber.
Fallas en los cilindros		No subir la presión del gas para la reinyección a los pozos.
FUENTE: Elaboración propia.		

4.8 DETERMINACIÓN DE FALLAS FUNCIONALES DE CADA COMPONENTE

Tabla 4. 12: Falla funcional del motor de Combustión.

Componentes	N° de Parte	Fallas funcionales
Bujía	141-8951	No suministrar la chispa de encendido para inflamar el combustible dentro de la cámara de combustión.
Bobina	7W-4377	No transformar la corriente o no elevar la corriente proveniente del magneto
Buffer	112-2932	Fallar en el tablero de conexiones ya que esta no alimenta ni distribuye la corriente hacia la bobina.
Sensor de combustión	159-3219	No medir el tiempo de quemado del combustible.
Magneto	7E-8245	No dar la chispa para el encendido (ignición) del arranque al motor y no genera corriente base o primaria hacia el motor.
Pistón	7C-0415	No constituir una pared móvil de la cámara de combustión por lo tanto no hay transmisión de movimiento rotativo al cigüeñal.
Cilindros	7C-0401	Oponer resistencia al deslizamiento del pistón de manera que hay escape de gas de combustión en la cámara de la misma.
Válvula Check	7E-1629	No permitir el flujo correcto del fluido permitiendo escape de la misma.
Sensor de Detonación	9X-4836	No monitorear el desempeño del motor para detectar la detonación.

Sensor de Presión de Aceite	3E-3530	No medir la presión de aceite que no se filtra así como el otro sensor no mide la presión de aceite filtrada.
Sensor de Temperatura del Agua	7X-1043	Fallar en el sensor de control de temperatura del refrigerante.
Motor de arranque	4W-0695	No generar movimiento de arranque
Controladores	3E-9335	No mostrar parámetros de los medidores durante la operación del motor
Sello	190-2463	No retener el aceite interno del motor y no proteger el ingreso de polvo.
Amortiguador del tubo de escape	123-5717	No absorber las vibraciones, dilatación y flujo de gases de escape.
Controlador electrónico del Motor	136-7350	No muestra información de la situación o información errónea
Controlador Buffer de Combustión	112-2932	No recibe y no envía la señal de ignición al SCM.(sistema de módulo de control)
FUENTE: Elaboración propia.		

Tabla 4. 13: Falla funcional del Compresor.

Componentes	N° de Parte	Fallas funcionales
Crucetas	A-3094	No articular ni alinear el vástago del pistón con la biela.

Bielas	A-3093	No lograr convertir el movimiento rotativo del cigüeñal en un movimiento rectilíneo en el pistón dentro del cilindro.
Dámper	4C-6508	No absorber las vibraciones del cigüeñal así como tampoco limitar la vibración torsional del cigüeñal.
Bomba de Lubricación	C-1231	No bombear aceite
Bomba de lubricación Forzada	A-3101	La bomba de lubricación forzada no inyecta aceite a los packings.
Filtro de aceite	A-0661	No remover las impurezas en la primera vez así como tampoco puede atrapar y retener las partículas dañinas hasta el siguiente cambio de filtro.
Bloque de distribución	A-6423	No suministrar la cantidad necesaria de aceite a las partes del compresor y cilindro.
DNFT (Temporizador Digital Sin Flujo)	A-6348	No controlar ni medir el tiempo de ciclado de la lubricación.
FUENTE: Elaboración propia.		

Tabla 4. 14: Falla funcional del Aero-enfriador(Cooler).

Componentes	N° de Parte	Fallas funcionales
Fajas de Transmisión	C-1958	No transmitir movimiento debido a una rotura por alta temperatura o ya que está basado en las fuerzas de fricción.

Aletas de Ventilación	A-2254	No permiten la dirección al flujo de aire que enfrían al refrigerante que contiene los tubos metálicos, así mismo no puede enfriar a la tubería contenida de gas.
Disipador de Calor	B-1456	No intercambiar calor de los refrigerantes del motor así como no puede disminuir la temperatura del gas que tienen paso por aquellos tubos.
Sensores de Vibración	A-1624	No proporcionar información por excesiva vibración en los ejes de transmisión hacia la caja de interfaz.
Eje de transmisión	C-1825	No transmitir la fuerza a las aletas de ventilación.
Chumacera	B-3251	No soportar cargas radiales del eje de transmisión
FUENTE: Elaboración propia.		

Tabla 4. 15: Falla funcional del Filtro (Scrubber).

Componentes	N° de Parte	Fallas funcionales
Válvula de drenaje	V-1632	No aperturar para la purga automática de los residuos desechables.
Filtro de Gas (Strainer)	A-2543	No separar impurezas como el agua que se colan en el ducto de gas.
Bolla	B-1636	No mandar señal al sensor de nivel para luego aperturar la válvula de drenaje de agua que se acumula.
FUENTE: Elaboración propia.		

Tabla 4. 16: Falla funcional del Filtro (Scrubber).

Componentes	N° de Parte	Fallas funcionales
Válvulas	A-0639	No cerrar ni aperturar del todo para la succión y compresión debido a la interferencias de partículas sólidas o líquidas de manera que no permite que el gas fluya en su ciclo normal.
Anillos de Empaquetadura BTUU	B-1690	No reducir las fugas de los cilindros a un mínimo en condiciones reales de funcionamiento y no proporcionar un control máximo de aceite.
Empaque(Packing)	B-1462	No pueden evitar que la presión del cilindro ingrese al cárter.
Banda de Desgaste	A-2129	No guiar al pistón ni al vástago del cilindro hidráulico en su recorrido.
Anillo del pistón	A-2127	No sellar la cámara de combustión ni regula el consumo de aceite en el cilindro.
Pistón	C-1237	No constituir una pared hermética de la cámara de combustión por consecuencia no puede transmitir energía mecánica.
Vástago del Pistón	C-1247	No permitir la transmisión de fuerza que se genera por la presión de entrada de aceite en los cilindros hidráulicos.
FUENTE: Elaboración propia.		

4.9 TABLAS DE ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DEL SISTEMA MOTO-COMPRESOR

Con el análisis de modo y efecto de fallas (AMEF) se determinó cuáles son:

- ❖ Modo de falla Crítico.
- ❖ Efecto de falla Critico.
- ❖ Causa de la falla Critica.
- ❖ El número de prioridad de falla (RPN).

$$\mathbf{RPN = S \times O \times D} \quad (4.1)$$

Donde:

S: Severidad

O: Ocurrencia

D: Detección

Costa B. M. (2010), dice que para el diagnóstico del número de prioridad de riesgo(RPN) se consideró el riesgo siguiente:

- ❖ **RPN < 125: ACEPTABLE**
- ❖ **200 > RPN > 125 : REDUCCIÓN ACEPTABLE**
- ❖ **RPN > 200 : INACEPTABLE**

Para los análisis de la severidad, ocurrencia y detección se realizará una apreciación de 01 hasta 10 según la teoría establecida en la Tabla 2.2, Tabla 2.3, y la Tabla 2.4.


Tabla 4.17: AMEF de Motor de Combustión.

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA											
	SISTEMA		MOTOCOMPRESOR	MARCA	CATERPILLAR	Elaborado por: Heber Aparco C.			S: Severidad		
	SUBSISTEMA		MOTOR DE COMBUSTION	N° DE PARTE	4WF0046	Auditor: Cristihan Huamani			O: Ocurrencia		
	PLANTA DE GAS AGUAYTÍA (ORAZUL)									D: Detección	
ELEMENTO	CÓDIGO DE FALLA	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	N°	CAUSA DE FALLA	DE	S	O	D	NPR	ESTADO
Bujía(141-8951)	MF-01	No da la chispa de encendido	Interrupción del proceso de reinyección.	1	Partículas de suciedad	de	8	3	4	96	ACEPTABLE
Bobina(7W-4377)	MF-02	Combustión incompleta	Interrupción del proceso de reinyección.	2	No envía la cantidad suficiente de voltaje a las bujías.	de	6	4	4	96	ACEPTABLE
	MF-03	Problemas de arranque	Interrupción del proceso de reinyección.	3	No envía la cantidad suficiente de voltaje a las bujías.	de	7	3	6	126	REDUCCION ACEPTABLE
Buffer(112-2932)	MF-04	Mala distribución de corriente a la bobina.	Interrupción del proceso de reinyección.	4	Falta de mantenimiento	de	7	2	7	98	ACEPTABLE
	MF-05	Cable deteriorado o en mal estado.	Detonaciones en el motor.	5	Desgaste natural de operación.	de	8	3	6	144	REDUCCION ACEPTABLE

Sensor de combustión(159-3219)	MF-06	Falsa señal o aterramiento.	Detonaciones en el motor.	6	Falta de mantenimiento.	7	3	5	105	ACEPTABLE
Magneto(7E-8245)	MF-07	Goteo de aceite	Interrupción del proceso de reinyección.	7	Retén deteriorado	8	3	5	120	ACEPTABLE
Pistón(7C-0415)	MF-08	Adherencia excesiva del carbón en la cabeza del pistón.	Pérdida de torque en el motor	8	Paso excesivo de aceite por anillos desgastados o la inadecuada mezcla de aire – combustible.	6	3	6	108	ACEPTABLE
	MF-09	Contacto diagonal incorrecto de la falda y cabeza del pistón.	Pérdida de torque en el motor	9	Muñón del cigüeñal rectificado inadecuadamente o ensamble desalineado.	8	3	5	120	ACEPTABLE
Cilindros(7C-0401)	MF-10	Ralladura en la pared del cilindro	Pérdida de torque en el motor	10	Bielas desalineadas o torcida, buje mal trabajado.	8	2	6	96	ACEPTABLE
Válvula Check(7E-1629)	MF-11	Escape de gas	Detonaciones en el motor.	11	Falta de mantenimiento.	7	3	6	126	REDUCCION ACEPTABLE
Sensor de Detonación(9X-4836)	MF-12	Falsa señal o aterramiento.	Detonaciones en el motor.	12	Falta de mantenimiento.	7	3	6	126	REDUCCION ACEPTABLE
Sensor de Presión de Aceite(3E-3530)	MF-13	Sensor obstruido.	Envía una lectura falsa.	13	Mantenimiento deficiente.	7	5	5	175	REDUCCION ACEPTABLE


Sensor de Temperatura del Agua(7X-1043)	MF-14	Falsa señal o aterramiento.	Interrupción del proceso de reinyección.	14	Falta de mantenimiento.	8	4	5	160	REDUCCION ACEPTABLE
Motor de arranque(4W-0695)	MF-15	Falla del solenoide.	Interrupción del proceso de reinyección.	15	Corto circuito.	8	4	6	192	REDUCCION ACEPTABLE
Controladores(3E-9335)	MF-16	Falla en la tarjeta	Falsa lectura o lectura nula.	16	Tiempo de servicio o corto circuito.	7	4	6	168	REDUCCION ACEPTABLE
	MF-17	Señal errática.	Falsa lectura o lectura nula.	17	Falso contacto o corto circuito.	7	3	5	105	ACEPTABLE
	MF-18	Condición climática.	Disminución del tiempo de vida del motor.	18	Sulfatación de tarjeta y deterioro del material.	7	5	5	200	INACEPTABLE
Sello(190-2463)	MF-19	Fuga de aceite.	Interrupción del proceso de reinyección.	19	Tiempo de servicio del material.	8	4	5	160	REDUCCION ACEPTABLE
Amortiguador del tubo de escape(123-5717)	MF-20	Fugas de gas	Interrupción del proceso de reinyección.	20	Desgaste y deterioro del material.	8	3	5	120	REDUCCION ACEPTABLE
Controlador electrónico del Motor(136-7350)	MF-21	Señal errática.	Falsa lectura o lectura nula.	21	Falso contacto o corto circuito.	7	3	5	105	ACEPTABLE
Controlador Buffer de Combustión(112-2932)	MF-22	Falso contacto o corto circuito.	Interrupción del proceso de reinyección.	22	Desgaste y deterioro del material.	8	2	7	112	ACEPTABLE

Tabla 4.18: AMEF de Compresor Reciprocante.

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA										
	SISTEMA	MOTOCOMPRESOR	MARCA	ARIEL	Elaborado por: Heber Aparco C.	S: Severidad				
	SUBSISTEMA	COMPRESOR	N° DE PARTE	JGD/4	Auditor: Cristihan Huamani	O: Ocurrencia				
	PLANTA DE GAS AGUAYTÍA (ORAZUL)									D: Detección
ELEMENTO	CÓDIGO DE FALLA	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	N°	CAUSA DE FALLA	S	O	D	NPR	ESTADO
Crucetas(A-3094)	MF-01	Des alineamiento de la cruceta.	Interrupción del proceso de reinyección.	1	Des alineamiento del eje de transmisión o en el montaje de transmisión.	8	3	6	144	REDUCCION ACEPTABLE
Bielas(A-3093)	MF-02	Desgaste del pasador.	Parada del sistema de compresión.	2	Desgaste y deterioro del material.	7	4	4	112	ACEPTABLE
Dámper(4C-6508)	MF-03	Altas vibraciones en el cigüeñal.	Problemas en ajuste del dámper por mal torque.	3	Excesiva vibración proveniente del motor.	7	3	5	105	ACEPTABLE
	MF-04	Presencia fuga de silicona interna del dámper.	Tapón en mal estado o rotura en el cuerpo del dámper	4	Excesiva vibración proveniente del motor.	6	3	6	108	ACEPTABLE

Bomba de lubricación.(C-1231)	MF-05	Presencia de partículas extrañas.	Daño a componentes del compresor.	5	Desgaste de materiales y falta de mantenimiento.	8	5	5	200	INACEPTABLE
Bomba de lubricación forzada.(A-3101)	MF-06	Fractura del alojamiento	La bomba no impulsa aceite a los packing.	6	Desgaste y deterioro del material.	8	4	7	224	INACEPTABLE
Filtro de aceite(A-0661)	MF-07	Falla en el filtrado de aceite	Desgaste de materiales por partículas no filtradas	7	Mantenimiento del filtro y tiempo de desgaste.	6	3	5	90	ACEPTABLE
Bloque de distribución(A-6423)	MF-08	Obstrucción de agujeros	Parada del sistema de compresión.	8	Aceite con partículas.	7	3	5	105	ACEPTABLE
DNFT (Temporizador digital sin flujo)(A-6348)	MF-09	Fuga de aceite en los conectores.	Parada del sistema de compresión.	9	Falta de mantenimiento o ajuste en las conexiones.	7	4	6	168	REDUCCION ACEPTABLE

Tabla 4.19: AMEF de Aero Enfriador.

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA										
	SISTEMA	MOTOCOMPRESOR	MARCA	AXC MODELO "F"	Elaborado por: Heber Aparco C.				S: Severidad	
	SUBSISTEMA	AEROENFRIADOR	N° DE PARTE		Auditor: Cristihan Huamani				O: Ocurrencia	
	PLANTA DE GAS AGUAYTÍA (ORAZUL)									D: Detección
ELEMENTO	CÓDIGO DE FALLA	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	N°	CAUSA DE FALLA	S	O	D	NPR	ESTADO
Fajas de transmisión(C-1958)	MF-01	Rotura de fajas	Parada del sistema de reinyección.	1	Desalineamiento de las poleas a consecuencia se tiene altas temperaturas.	8	2	7	112	ACEPTABLE
Aletas de ventilación(A-2254)	MF-02	Deterioro de las aletas.	Disminución de la eficacia en el enfriamiento.	2	Falla en el mantenimientos de las aletas.	7	3	5	105	ACEPTABLE
Disipador de calor(B-1456)	MF-03	Roturas o disipadores doblados.	Disminución de la eficacia en el enfriamiento	3	Limpieza inadecuada de los disipadores de calor.	8	3	5	120	REDUCCION ACEPTABLE
Sensores de vibración(A-1624)	MF-04	Cable eléctrico averiado.	Parada del sistema de reinyección.	4	Mantenimiento deficiente.	8	2	7	112	ACEPTABLE

Eje de transmisión(C-1825)	MF-05	Vibración excesiva en el eje.	Parada del Aero enfriador.	5	Falta de ajuste en la chumacera.	8	4	7	224	REDUCCION ACEPTABLE
Chumacera(B-3251)	MF-06	Rotura o desalineamiento de la chumacera.	Parada del sistema de reinyección.	6	Falla en el ajuste de la chumacera.	8	5	4	160	REDUCCION ACEPTABLE

Tabla 4.20: AMEF de Filtro(Scrubber)



ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA										
	SISTEMA	MOTOCOMPRESOR		MARCA	DRW	Elaborado por:			S: Severidad	
	SUBSISTEMA	FILTRO(SCRUBBER)		N° DE PARTE	9420017	Auditor:			O: Ocurrencia	
	PLANTA DE GAS AGUAYTÍA (ORAZUL)									D: Detección
ELEMENTO	CÓDIGO DE FALLA	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	N°	CAUSA DE FALLA	S	O	D	RPN	ESTADO
Válvula de drenaje(V-1632)	MF-01	Falla en la apertura de la válvula.	Pase de partículas de agua al sistema de compresión.	1	Falla en el sensor de la válvula	8	3	4	96	ACEPTABLE
Filtro de Gas. (Strainer)(A-2543)	MF-02	Pase de partículas por el strainer.	Fallas en los elementos del compresor Ariel.	2	Strainer deteriorado por el tiempo de uso.	7	3	5	105	ACEPTABLE
Bolla(B-1636)	MF-03	Deterioro de la bolla	Pase de partículas de agua al sistema de compresión.	3	Tiempo de uso o falta de mantenimiento..	7	4	4	112	ACEPTABLE

Tabla 4.21: AMEF de Filtro(Scrubber)

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA										
	SISTEMA	MOTOCOMPRESOR	MARCA	ARIEL			Elaborado por: Heber Aparco C.			S: Severidad
	SUBSISTEMA	CILINDRO	N° DE PARTE				Auditor: Cristihan Huamani			O: Ocurrencia
PLANTA DE GAS AGUAYTÍA (ORAZUL)									D: Detección	
ELEMENTO	CÓDIGO DE FALLA	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	N°	CAUSA DE FALLA	S	O	D	RPN	ESTADO
Válvulas(A-0639)	MF-01	Resortes Dañados u obstruidos.	Falla en la presión diferencial de las etapas del compresor.	1	Pase de partículas al sistema de compresión de gases.	8	4	5	160	REDUCCION ACEPTABLE
	MF-02	Sello deteriorado.	Falla en la presión diferencial de las etapas del compresor.	2	Tiempo de uso o falta de mantenimiento.	8	2	6	96	ACEPTABLE
Anillos de empaquetadura a BTUU(B-1690)	MF-03	Deterioro en los anillos.	Desgaste de elementos del compresor así como parada de la misma.	3	Pase de partículas de agua o mol sieve.	7	3	5	105	ACEPTABLE
Empaque(Packing)(B-1462)	MF-04	Falla en la purga de Gas.	Excesiva presión y deterioro del packing.	4	Pase de partículas liquidas o sólidas.	8	5	5	200	INACEPTABLE
Banda de desgaste(A-2129)	MF-05	Deterioro de la banda de desgaste.	Daños colaterales de los demás elementos del compresor.	5	Falla en el montaje de la banda después de un mantenimiento.	7	3	4	84	ACEPTABLE

Anillo del pistón(A-2127)	MF-06	Rotura de los anillos.	Daños colaterales de los demás elementos del compresor.	6	Ingreso de partículas sólidas o líquidas en los anillos.	8	3	4	96	ACEPTABLE
Pistón(C-1237)	MF-07	Ralladuras en el cuerpo del pistón.	Falla en la relación de compresión de gases.	7	Ingreso de partículas sólidas o líquidas en los anillos.	7	3	4	84	ACEPTABLE
Vástago del pistón(C-1247)	MF-08	Deflexión en el vástago.	Parada del sistema de reinyección.	8	Falla en el montaje después de un mantenimiento.	8	4	4	128	REDUCCION ACEPTABLE

CAPITULO V

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

5.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

El manejo y aplicación de AMEF (Análisis de Modos y Efecto de Falla) del sistema Moto compresor mediante el uso de tablas dinámicas incluyó calcular el número de prioridad de riesgo (NPR) de cada elemento del sistema mencionado, donde se pudo identificar y clasificar las fallas en aceptables, reducibles aceptables e inaceptables.

5.1.1 Resultados obtenidos aplicando la metodología AMEF.

Tras la aplicación del AMEF al sistema moto compresor se obtuvieron los siguientes resultados donde se muestran los componentes con mayor y menor número de riesgo y los cuales fallan de manera constante y que implican una mayor parada del sistema. En las siguientes tablas se observarán elementos críticos de cada subsistema que se estudió en esta investigación.

Tabla 5.1: Estado del número de prioridad de riesgo del motor de combustión.

MOTOR DE COMBUSTION		
COMPONENTE	NPR	ESTADO
141-8951	96	ACEPTABLE
7W-4377	96	ACEPTABLE
7C-0401	96	ACEPTABLE
112-2932	98	ACEPTABLE
159-3219	105	ACEPTABLE
136-7350	105	ACEPTABLE
3E-9335	105	ACEPTABLE
7C-0415	108	ACEPTABLE
112-2932	112	ACEPTABLE
7E-8245	120	REDUCCION DESEABLE
7C-0415	120	REDUCCION DESEABLE
123-5717	120	REDUCCION DESEABLE
7W-4377	126	REDUCCION DESEABLE
7E-1629	126	REDUCCION DESEABLE
9X-4836	126	REDUCCION DESEABLE
159-3219	144	REDUCCION DESEABLE
7X-1043	160	REDUCCION DESEABLE
190-2463	160	REDUCCION DESEABLE
3E-9335	168	REDUCCION DESEABLE
3E-3530	175	REDUCCION DESEABLE
4W-0695	192	REDUCCION DESEABLE
3E-9335	200	INACEPTABLE
FUENTE: Elaboración propia		

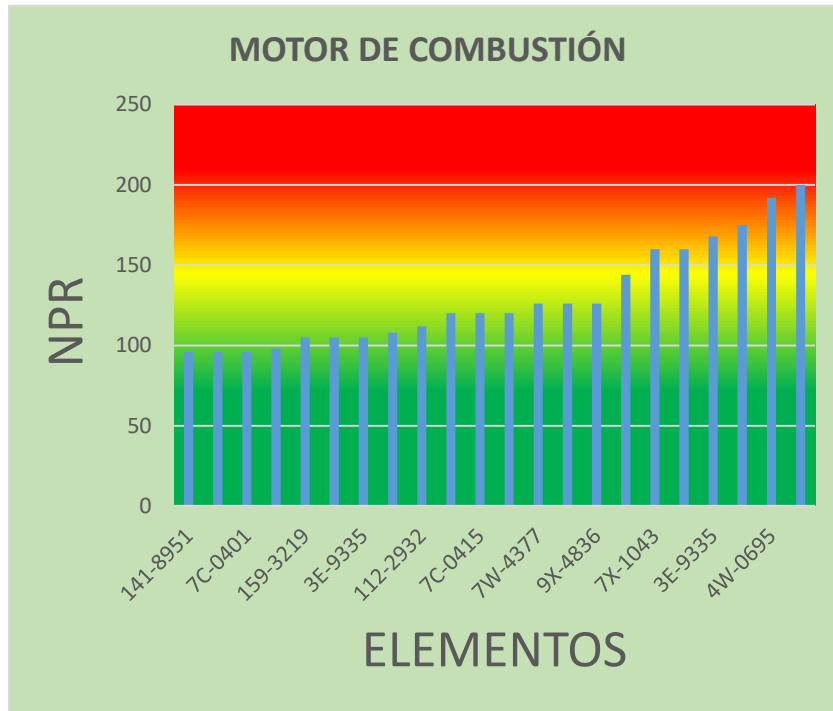


Figura 5.1: Estado de falla del motor de combustión.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.2: Estado de numero de prioridad de riesgo del compresor.

COMPRESOR		
COMPONENTE	NPR	ESTADO
A-0661	90	ACEPTABLE
A-6423	105	ACEPTABLE
4C-6508	105	ACEPTABLE
4C-6508	108	ACEPTABLE
A-3093	122	ACEPTABLE
A-3094	144	REDUCCION DESEABLE
A-6348	168	REDUCCION DESEABLE
C-1231	200	INACEPTABLE
A-3101	224	INACEPTABLE
FUENTE: Elaboración propia		

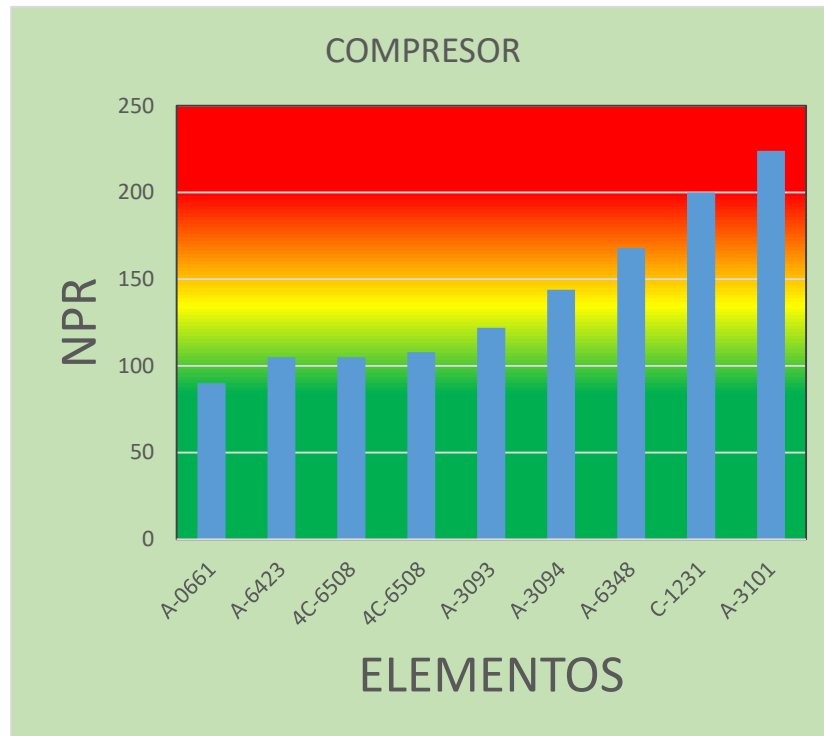


Figura 5.2: Estado de falla del Compresor.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.3: Estado de numero de prioridad de riesgo del motor del Aero enfriador.

AERO ENFRIADOR		
COMPONENTE	NPR	ESTADO
A-2254	105	ACEPTABLE
C-1958	112	ACEPTABLE
A-1624	112	ACEPTABLE
B-1456	120	REDUCCION DESEABLE
B-3251	160	REDUCCION DESEABLE
C-1825	224	INACEPTABLE
FUENTE: Elaboración propia		

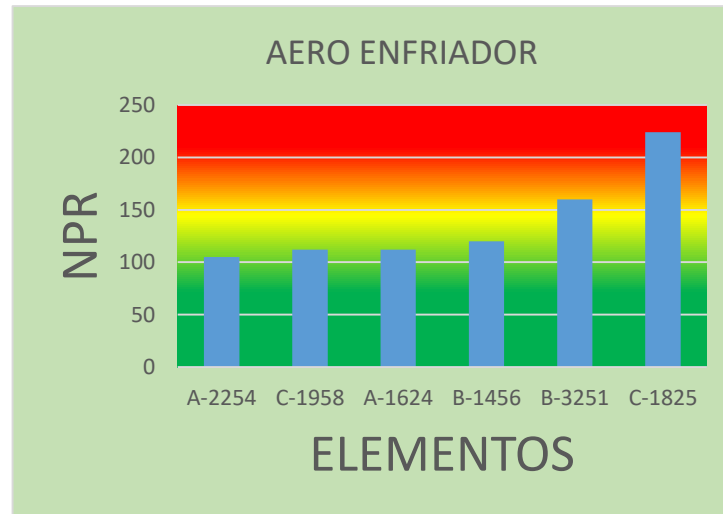


Figura 5.3: Estado de falla del Aero enfriador.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.4: Estado de número de prioridad de riesgo del motor del filtro de Gas.

FILTRO DE GAS		
COMPONENTE	NPR	ESTADO
V-1632	96	ACEPTABLE
A-2543	105	ACEPTABLE
B-1636	112	ACEPTABLE
FUENTE: Elaboración propia		

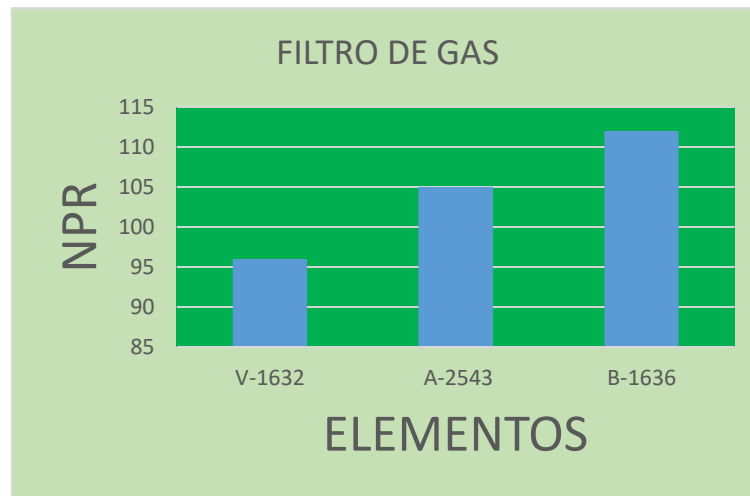


Figura 5.4: Estado de falla del Filtro de Gas.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.5: Estado del número de prioridad de riesgo del Cilindro.

CILINDRO		
COMPONENTE	NPR	ESTADO
A-2129	84	ACEPTABLE
C-1237	84	ACEPTABLE
A-0639	96	ACEPTABLE
A-2127	96	ACEPTABLE
B-1690	105	ACEPTABLE
C-1247	128	REDUCCION DESEABLE
A-0639	160	REDUCCION DESEABLE
B-1462	200	INACEPTABLE
FUENTE: Elaboración propia		

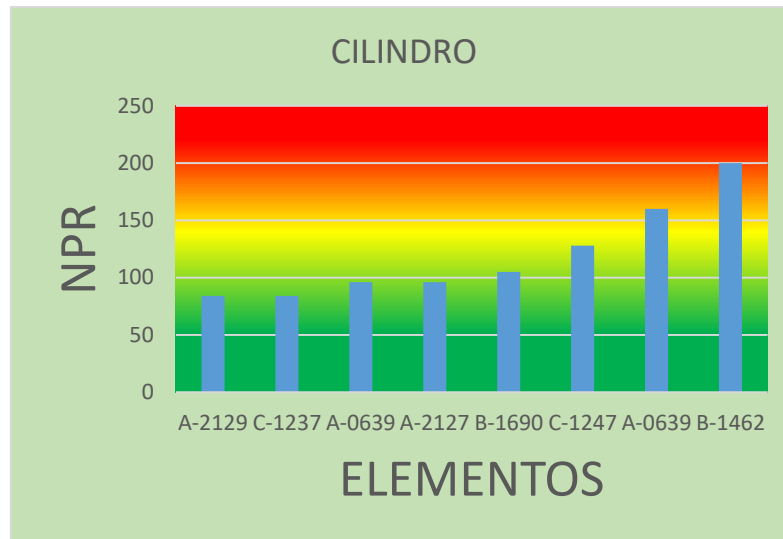


Figura 5.5: Estado de falla del Cilindro.

Fuente: Elaboración propia.

Las tablas realizadas después del análisis de modos de fallas al sistema moto compresor muestran los NPR de los elementos los cuales se ordenó en forma descendente los datos de acuerdo al número de prioridad de riesgo de cas elemento para así determinar las características de las fallas.

Luego de la elaboración de las tablas, se hizo gráficos para observar las zonas de riesgo aceptable, reducible e inaceptable.

Tabla 5.6: Plan de acción para los componentes con NPR críticos.

PLAN DE ACCION						
COMPONENTE	PLAN		TIEMPO (Hh:mm)	FRECUENCIA	INVOLUCRADOS	ENCA- - RGADO
	OBJETIVO	TAREAS REQUERIDOS				
Controladores (3E-9335)	Mantener un control óptimo de Mantenimiento.	1. Inspección diaria de parte del operador de campo.	3:00:00	DIARIO	Técnico especialista en Mantenimiento y Operador	O & M
		2. Realizar un plan de mantenimiento para los controladores		TRIMESTRAL		
		3. Manejar un cableado de acuerdo a normas establecidas para una rápida acción ante una falla.				
		4. Analizar las tendencias registradas por los controladores.				
		1. Realizar un montaje optimo en los mantenimientos y disponer un buen plan del mismo.				

Bomba de Lubricación(C-1231)	Plan de Mantenimiento e inspecciones.	2.Inspeccionar los niveles de aceite.	4:00:00	TRIMESTRAL	Técnico Mecánico	O & M
		3.Tener en stock anillos disponibles ante cualquier falla de la bomba.				
		4.Incluir en el Plan de Mantenimiento Periodo y cambio de repuestos necesarios.				
Bomba de lubricación forzada(A-3101)	Inspección Visual rutinaria y plan de mantenimiento	1. Inspección diaria de parte del operador de campo.	3:00:00	TRIMESTRAL	Técnico Mecánico	O & M
		2. Incluir en el plan de mantenimiento para la inspección interna de la bomba de lubricación forzada.				
		3. Mantener una tribología correcta de los aceites que son usados para la lubricación.				
	Plan de Mantenimiento	1. Realizar un alineamiento de eje en los Planes de Mantenimiento programados.				
		2. Mantener un buen ajuste en las chumaceras donde están apoyadas el eje de transmisión.				

Eje de transmisión(C-1825)	e inspección visual.	3.Mantener una buena lubricación en los puntos de giro del eje.	4:00:00	TRIMESTRAL	Técnico Mecánico	O & M
		4. Realizar una inspección visual diario por parte del operador de campo.			Operador de Campo	
Empaque(Packing)(B-1462)	Realizar un Mantenimiento optimo en el Empaque.	1.Mantener repuestos de elementos críticos del empaque e incluir en el plan de mantenimiento.	5:00:00	TRIMESTRAL	Técnico Mecánico	O & M
		2. Inspeccionar los anillos en los planes de mantenimiento.			Operador de Sala	
		3. Realizar un buen montaje en los planes de mantenimiento.				
		4.Monitoreo por parte del operador de sala en el sistema SCADA cuando hay diferencia de presión excesiva.				
Fuente: Elaboración propia.						

5.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS.

Después de haber identificado los riesgos de falla se procedió a analizar el porcentaje equivalente individualmente de cada riesgo del sistema moto compresor mediante tabla y gráfico.

Tabla 5.7: Estado de las fallas con número de prioridad de riesgo aceptable.

ESTADO DE LAS FALLAS ACEPTABLES			
ELEMENTO	NPR	ESTADO	PROCENTAJE
141-8951	96	ACEPTABLE	52,09%
7W-4377	96	ACEPTABLE	
7C-0401	96	ACEPTABLE	
112-2932	98	ACEPTABLE	
159-3219	105	ACEPTABLE	
136-7350	105	ACEPTABLE	
3E-9335	105	ACEPTABLE	
7C-0415	108	ACEPTABLE	
112-2932	112	ACEPTABLE	
A-0661	90	ACEPTABLE	
A-6423	105	ACEPTABLE	
4C-6508	105	ACEPTABLE	
4C-6508	108	ACEPTABLE	
A-3093	122	ACEPTABLE	
A-2254	105	ACEPTABLE	
C-1958	112	ACEPTABLE	
A-1624	112	ACEPTABLE	
V-1632	96	ACEPTABLE	
A-2543	105	ACEPTABLE	
B-1636	112	ACEPTABLE	
A-2129	84	ACEPTABLE	
C-1237	84	ACEPTABLE	
A-0639	96	ACEPTABLE	

A-2127	96	ACEPTABLE
B-1690	105	ACEPTABLE
FUENTE: Elaboración propia		

Tabla 5.8: Estado de las fallas con número de prioridad de riesgo reducción deseable.

ESTADO DE LAS FALLAS REDUCCIBLES ACEPTABLES				
ELEMENTO	NPR	ESTADO	PROCENTAJE	
7E-8245	120	REDUCCION DESEABLE	37,50%	
7C-0415	120	REDUCCION DESEABLE		
123-5717	120	REDUCCION DESEABLE		
7W-4377	126	REDUCCION DESEABLE		
7E-1629	126	REDUCCION DESEABLE		
9X-4836	126	REDUCCION DESEABLE		
159-3219	144	REDUCCION DESEABLE		
7X-1043	160	REDUCCION DESEABLE		
190-2463	160	REDUCCION DESEABLE		
3E-9335	168	REDUCCION DESEABLE		
3E-3530	175	REDUCCION DESEABLE		
4W-0695	192	REDUCCION DESEABLE		
A-3094	144	REDUCCION DESEABLE		
A-6348	168	REDUCCION DESEABLE		
B-1456	120	REDUCCION DESEABLE		
B-3251	160	REDUCCION DESEABLE		
C-1247	128	REDUCCION DESEABLE		
A-0639	160	REDUCCION DESEABLE		
FUENTE: Elaboración propia				

Tabla 5.9: Estado de las fallas con número de prioridad de riesgo inaceptable.

ESTADO DE LAS FALLAS INACEPTABLES			
ELEMENTO	NPR	ESTADO	PROCENTAJE
3E-9335	200	INACEPTABLE	10,41%
C-1231	200	INACEPTABLE	
A-3101	224	INACEPTABLE	
C-1825	224	INACEPTABLE	
B-1462	200	INACEPTABLE	
FUENTE: Elaboración propia			



Figura 5.6: Características en porcentaje de las fallas del sistema Moto compresor.

Fuente: Elaboración propia.

5.3 DISCUSIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Las tablas mostradas en la parte superior se identificaron el estado del moto compresor después de la aplicación de la metodología AMEF donde se puede

observar las fallas más trascendentales para una atención y tomar las medidas preventivas antes de su posible fallo.

Gracias al análisis de modo y efecto de falla se determinó cuáles componentes son de mayor riesgo o con mayor criticidad, de manera que se clasificó en tres niveles, riesgos críticos, riesgos reducibles y riesgos aceptables. Estos resultados se asemejan a los resultados que se obtuvieron por Huiza A. en su tesis de grado ya que cuando se aplica el AMEF se logra encontrar los componentes que tienen mayor consecuencia cuando falla, de la misma manera ayudo a clasificar en los mismos niveles de criticidad con la finalidad de buscar un plan de acción para aquellos riesgos con mayor criticidad. De la misma manera en la tesis de grado de Ortega Ñ. se lograron determinar el componente de mayor criticidad y aquellos que tienen menor riesgo crítico.

Las semejanzas que tienen con los antecedentes ocurren por que se aplica la metodología de análisis de modo y efecto de falla a cada sistema para las distintas operaciones en diferentes rubros, y el resultado que se obtiene al usar esta metodología es que se encuentra el componente con mayor criticidad o con mayor falla funcional. La propuesta de aplicación y plan de mantenimiento basado en AMEF permitirá evitar fallas inesperadas del equipo que se quiera estudiar de manera que se logrará una mejora en el plan de mantenimiento así mismo se pretende evitar fallas inesperadas que pueden incurrir en costos por pérdida de producción.

En la investigación realizada sobre el análisis del sistema moto compresor de Gas incluyo un estudio de elementos que fueron identificados mediante diagramas funcionales, para su posterior conocimiento de sus fallas y aplicar el análisis de modo y efecto de fallas(AMEF) donde se pudo identificar en dichas tablas el elemento, modo de falla potencial y sus efectos potenciales. De la misma manera se calculó en número de prioridad de riesgo en base a la severidad, grado de ocurrencia y detección los cuales se hicieron apreciaciones respectivas acorde a la teoría establecida. Los resultados entre las tablas y gráficos mostrados evidencian la buena aplicación del AMEF ya

que hubo una reducción de fallas de algunos elementos que son aceptables como fallas potenciales que causan pérdidas de producción y ello implica en la reducción de ganancias, gracias al análisis de modo y efecto de fallas se obtuvieron estimaciones de ganancia monetaria para la empresa Orazul Energy y una mejora en el plan de mantenimiento.

Gracias al estudio se realizó algunas tareas recomendadas para los estados con mayor índice de prioridad de riesgo(NPR) tal y como se muestra en la tabla siguiente.

CONCLUSIONES

1. Se concluye que para esta investigación se identificaron el diagrama funcional de todo el proceso para luego determinar las funciones de cada una, posteriormente se identificaron los modos de falla y efecto de ellos. Después de analizar las fallas del sistema moto compresor de gas de todos los componentes: Motor de combustión, Compresor, Aero enfriador, Filtro(Scrubber) y Cilindro. Se obtuvo como riesgos críticos a los siguientes elementos: Controladores(3E-9335), Bomba de lubricación(C-1231), Bomba de lubricación forzada(A-3101), Eje de transmisión(C-1825) y empaque(B-1462) siendo equivalente al 10.41%.
2. Al desarrollar el análisis de modo y efecto de fallas(AMEF) también se detectaron fallas con menor riesgo para el sistema moto compresor como son: Banda de desgaste (A-2129), Pistón (C-1237), Válvulas (A-0639), Filtro de aceite (A-0661).
3. Se puede señalar que mediante la metodología del análisis de modo y efecto de falla se determinó aquellos elementos de mayor criticidad ya que gracias a ello se pudo realizar un plan de acción para la reducción los elementos críticos, se tuvo una clasificación acorde a los NPR obtenidos y es tal y como sigue:
Después de la aplicación del AMEF:
 - ❖ ACEPTABLE: 52.09%
 - ❖ REDUCCION DESEABLE: 37.5%
 - ❖ INACEPTABLE: 10.41%
4. Al poseer la lista de elementos de cada sistema conlleva a llevar controles adecuados para la aplicación de un buen plan de mantenimiento. Para colaborar con ello se presentó un plan de acción.

RECOMENDACIONES

1. El AMEF debe ser realizado antes de que una falla potencial de diseño del producto o del proceso sea percibida o detectada en el producto y/o en el proceso. Puede llegar a reducir o eliminar el riesgo de implantar cambios correctivos, los cuales pudieran crear mayores complicaciones. Se recomienda formar un equipo de trabajo, estos equipos deben caracterizarse por tener un responsable o coordinador con conocimientos en AMEF
2. Para no tener muchas complicaciones a la hora de seleccionar el sistema más crítico en el cual se deba aplicar la metodología, se recomienda ver el histórico de fallas que mayormente se repiten y que causan mayor pérdida de producción.
3. Instaurar la adquisición de los repuestos en cantidad y tiempos óptimos de los elementos críticos encontrados mediante el análisis de modo y efecto de fallas, estableciendo un stock mínimo y máximo considerando la criticidad de los elementos y reposición automática de los mismos.
4. Ejecutar cada uno de los planes de mantenimiento establecidos para permitir que dicho mantenimiento se realice en el menor tiempo posible, considerando que se hace un buen trabajo de montaje en cada elemento, para evitar interrupción en la operación.
5. Es recomendable usar el AMEF para sistemas que tengan mayor criticidad en la planta de Gas, de esa forma reducir el riesgo de una interrupción en la producción, para tener un buen control de los equipos de la planta. De la misma manera se recomienda reducir el riesgo inaceptable del sistema moto compresor.

BILBIOGRAFIA

1. CATERPILLAR Guía de operación de motores G3600.
2. Patricio A. G (2019). *Análisis de falla funcional mediante la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad a la excavadora CAT 345CL*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann Ciudad Tacna, Perú.
3. Huiza A.W.G (2018). *Análisis de fallas funcionales del sistema turbina de gas en la central termoeléctrica Aguaytia*. Universidad Nacional Del Centro del Perú. Huancayo, Perú.
4. Ortega Ñ.D (2017). *Determinación de fallas funcionales de los equipos críticos del transporte de mineral grueso en minera las bambas S.A*. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú.
5. Pajares M.Y.F (2018). *Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la línea de escaldado, envasado y sellado de quinua-salsa de la planta N° 09 de danper Trujillo S.A.C*. Universidad Nacional de Trujillo, Perú.
6. Canahualpa C.T.W (2018). *Análisis de fallas críticas de sistemas auxiliares para incrementar la confiabilidad del rodillo compactador volvo en la municipalidad de acopalca*. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú.
7. Espinoza M. C. A. (2010). *Metodología de investigación tecnológica pensando en sistemas* (1ra edición). Huancayo: Imagen Gráfica.

8. Espinoza M. C. A. (2014). *Metodología de investigación tecnológica. Pensando en sistemas* (Segunda ed.). Huancayo, Perú: Soluciones Gráficas S.A.C.
9. Moubray J.M. (2004). *Mantenimiento centrado en confiabilidad II* (edición en español). Buenos Aires, Argentina-Madrid, España.
10. Sánchez Carlessi, H., & Reyes Meza, C. (1996). *Metodología y diseños en la investigación científica* (Segunda ed.). Lima, Perú: Gráfica Los Jazmines.
11. Tecsup. (2007). *Mantenimiento Industrial*. Lima. Perú
12. Tecsup. (2010). *Gestión del Mantenimiento basado en confiabilidad*. Lima. Perú.
13. Martínez B. K. J. (2010). *Análisis de fallas aplicados a los equipos de carga tipo scoop de la Mina Isidora El Callao - Estado Bolívar*. Universidad de Oriente Núcleo Bolívar. Ciudad Bolívar. Venezuela.
14. Mackenna T. (1997). *Glosario de términos de confiabilidad y mantenimiento*. Houston, Texas.U.S.A.
15. Parra C. (2016). *Mantenimiento centrado en confiabilidad*. Ingecon. Lima Perú.
16. Peña J. (2001). *Análisis modal de fallos y efectos de falla*. Blog.pucp.edu.pe.Lima. Perú.

ANEXOS

EQUIPO	COMPONENTE (ITEM MANTENIBLE)	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	MECANISMO DE FALLA	CAUSAS DE FALLA	MTBF	Unidad MT	EVOLUCIÓN DEL TIEMPO DE VIDA	TIEMPO SERVICIO	Unidad TS	EFFECTO DE LA FALLA
MOTOR DE ARRANQUE	CAT 4W0695	IMPULSAR AL MOTOR PARA EL ARRANQUE	NO GENERAR MOVIMIENTO DE	FALLA DE SOLNOIDE	FALLA A TIERRA	CORTO CIRCUITO	1	Año	Error aleatorio	4	Año	indisponibilidad del e
					FALSO CONTACTO	FALSA SEÑAL	1	Año	Error aleatorio	10	Año	indisponibilidad del e
				AGARROTAMIENTO	CONTAMINACIÓN INTERNA	POR HUMEDAD DE GAS	1	Año	Error aleatorio	4	Año	indisponibilidad del e
					DESGASTE DE COMPONENTE	TIEMPO DE VIDA UTIL	4	Año	Error aleatorio	4	Año	indisponibilidad del e
					FALTA DE LUBRICACION	DEPOSITO VACIO	6	Año	Edad predecible	4	Año	indisponibilidad del e
CONTROL GP CAT	CATERPILLAR; 3E9335	Mostrar parámetros de los	No mostrar parámetros	FALLA DISPLAY	FALLA EN LA TARJETA	TIEMPO DE SERVICIO	0	Año	Tiempo impredecible	20	Año	DE VISUALIZACION D
					CABLE A TIERRA	CORTO CIRCUITO	0	Año	Tiempo impredecible	20	Año	DE VISUALIZACION D
				SEÑAL ERRÁTICA	BORNERA	FALSO CONTACTO	0	Año	Tiempo impredecible	20	Año	DE VISUALIZACION D
					FUSILES	CORTO CIRCUITO	0	Año	Tiempo impredecible	20	Año	DE VISUALIZACION D
				CONDICION CLIMATICA	HUMEDAD	SULFATACION DE TARJETA	0	Año	Edad predecible	20	Año	DE VISUALIZACION D
						REEDUCCION DE TIEMPO DE VI	0	Año	Tiempo impredecible	20	Año	DE VISUALIZACION D
						RADIACION SOLAR		Año	Edad predecible	20	Año	DE VISUALIZACION D
								Año			Año	
SEAL CAT(SELLO)	CATERPILLAR; 190-2463	1.Retener el aceite interno del motor. 2. Proteger ingreso del polvo	No sella.	Fuga de aceite.	Degradacion del material.	Tiempo de servicio de maerial.	4	Año	Edad predecible	4	Año	CONSUMO DE ACE
						EXCESO DE JUEGO RADIAL	4	Año	Error aleatorio	4	Año	CONSUMO DE ACE
						TEMPERATURA DE ACEITE	4	Año	Error aleatorio	4	Año	CONSUMO DE ACE
						MAL MONTAJE	4	Año	Tiempo impredecible para aumentar la	4	Año	CONSUMO DE ACE
PISTON ROD	TC 4-3/8D; ARIEL; C-1839 ÉMBOLO	1. Comprimir gas de la succion de fra etapa en doble.	No comprime	presion menor a 365 Psi	1. Anillos metálicos rotos. 2. Disminuicoin de alojamiento de anillos.	1.Falta de lubricacion. 2. Esfuerzo termico.	4	Año	Edad predecible	4	Año	indisponibilidad del e
	Vástago	1.Mantener concentricidad de 0.003"	No mantener concentricidad de 0.003"	1. encontrar el eje azulejo.	1. Packing desalineado. 2. Error de montaje.	1.Falta de lubricacion. 2. Falta de informacion.	4	Año	Edad predecible	4	Año	indisponibilidad del e
				2. Vibracion en el cilindro.	Eje pandeado	Esfuerzo mecanico por otros componentes.	4	Año	Edad predecible	4	Año	indisponibilidad del e
EXHAUST BELLOWS	CATERPILLAR; 123-5717	Absorber las vibraciones, dilatacion y flujo de gases de escape	no absorber las vibraciones, dilatacion y flujo de gases de escape.	fugas de gas	Fisura, deformación	desgaste y deterioro de material, al	4	Año	Edad predecible	4	Año	equipo en funcionam

Anexo 1. Tabla de análisis causa raíz de componentes críticos.

Para: Roberto Tejeda / Jefe de Mantto.
 C.C: Cristihan Huamani / Sup. de Mantto.
 De: Bill Mathews / Mecanico de Planta



Cod. Rep Pgm.rd
 Trabajos del día: 01/03/2019

ULTIMO MANTTO		Próx Serv. Mantto		ULTIMO CAMBIO OIL			Repor #		190-3033		Falta para Mantto
Ultimo Serv. Mantto	Próx Serv. Mantto	Hrs Turbo	Cambio oil	Hrs Oil mot.	Hrs oil compr.	Diarias	Totales	Motor	Compr.		
Motocompresor # 1	14/03/2019	126368			142381	Horas	Horas	Oil Pres	Oil Press	323 hrs.	
07-ene-19	141.642	143.142	16.451	137.177	5.642	438					13 d.
1.- Unidad trabajando dentro de las condiciones de operación.						18,50	11361	72	72		
2.- Se realiza toma de lecturas, inspecciona parámetros y realiza chequeo de funcionamiento.						Tip parad	Codigo	Hora inicio	Hra final		
3.- Inspección y regulaciones del Tiempo de Quemado.						0:00	540-07	6:54	8:00		
4.- Unidad F/S 06:54 a 08:00, 14:42 a 18:20, 19:23 a 19:32, 21:47 a 21:55, 00:20 a 00:26 y a las 03:53 a 04:06 por No Flow cod: 5							0,000	14:42	18:20:00		
5.-Unidad F/S a las 13:25a 13:35 con cod: 094-00							0,94-00	13:25	13:35		
Motocompresor # 2	07/04/2019	123569			589	Diarias	Totales	Motor	Compr.	911 hrs.	
03-feb-19	141.121	142.621	18.141	138.117	3.593	589					38 d.
1.- Unidad trabajando dentro de las condiciones de operación.						24,00	17635	Oil Pres	Oil Press		
2.- Se realiza toma de lecturas, inspecciona parámetros y realiza chequeo de funcionamiento.						Tip parad	Codigo	Hora inicio	Hora final		
3.- Inspección y regulaciones del Tiempo de Quemado.						0:00	0,000	0:00	0:00		
							0	0:00	00:00:00		
								0:00	0:00		
Motocompresor # 3	23/04/2019	153134			2.883	Diarias	Totales	Motor	Compr.	1276 hrs.	
19-feb-19	174.492	175.992	21.582	171.833	2.883	2.883					53 d.
1.- Unidad trabajando dentro de las condiciones de operación						24,00	25.274	Oil Pres	Oil Press		
2.- Se realiza toma de lecturas, inspecciona parámetros y realiza chequeo de funcionamiento.						Tip parad	Codigo	Hora inicio	Hora final		
3.- Inspección y regulaciones del Tiempo de Quemado.						0:00	0:00	0:00	0:00		
							0	00:00:00	00:00:00		
							0	0:00	0:00		
Motocompresor # 4	20/03/2019	144786			5.915	Diarias	Totales	Motor	Compr.	460 hrs.	
16-ene-19	173.764	175.264	30.018	168.889	5.915	5.915					19 d.
1.- Unidad trabajando dentro de las condiciones de operación.						24,00	38.672	Oil Pres	Oil Press		
2.- Se realiza toma de lecturas, inspecciona parámetros y realiza chequeo de funcionamiento.						Tip parad	Codigo	Hora inicio	Hora final		
3.- Inspección y regulaciones del Tiempo de Quemado.						0:00	0	0:00	0:00		
							0	0:00	0:00		
								0:00	0:00		

Anexo 2. Tabla de fallas en operación con código de falla.

		OBSERVACIONES 4	OBSERVACIONES 5
FECHA DE REPORTE	REPORT NUM.		
28-feb-17	190-2362		
01-mar-17	190-2363		
02-mar-17	190-2364		
03-mar-17	190-2365	4.-Ajuste en conectores de linea del sensor del combustible y terminales de sistemas electricos, se realiza prueba de arranque y queda	
04-mar-17	190-2366		
05-mar-17	190-2367		
06-mar-17	190-2368		
07-mar-17	190-2369	4 - 02:30 salió la unidad F/S por código 529-02 Falla en compensación de combustible, queda deparada para su inspección el día de Hoy.	
08-mar-17	190-2370	con carga, en observación.	
09-mar-17	190-2371		
10-mar-17	190-2372	actuador de válvula wastegate, se instala los dos actuadores y la unidad queda en servicio con carga.	
11-mar-17	190-2373		
12-mar-17	190-2374		
13-mar-17	190-2375		
14-mar-17	190-2376	4.- En la madrugada se tuvo shutdown de Planta. Se repone a las 02:03 a.m.	
15-mar-17	190-2377		
16-mar-17	190-2378		
17-mar-17	190-2379		
18-mar-17	190-2380	4.- Se cambió regulación de actuador de fuel gas.	
19-mar-17	190-2381		
20-mar-17	190-2382	os en la memoria del SCM.	
21-mar-17	190-2383		
22-mar-17	190-2384		
23-mar-17	190-2385		
08-abr-17	190-2341		
09-abr-17	190-2342		
10-abr-17	190-2343		
11-abr-17	190-2344		
12-abr-17	190-2345		
13-abr-17	190-2346		
14-abr-17	190-2347		
15-abr-17	190-2348	4.- Unidad salió de servicio 3 veces de 15.50 a 16.00, 16.25 a 16.40 17.58 a 18.10 código 172-00 alta temperatura de aire, se monitorea	
16-abr-17	190-2349	4.- Unidad sale de servicio de 10.21 a 10.28 por código 325-00 detonación se resetea y entra en servicio	
17-abr-17	190-2350		
18-abr-17	190-2351		
19-abr-17	190-2352		
20-abr-17	190-2353		
21-abr-17	190-2354	calibración , cilindro # 6 baja temperatura.	
22-abr-17	190-2355		
23-abr-17	190-2356	alta temperatura de entrada de aire al omor.	
24-abr-17	190-2357	de la valvula LV 503, de 15.34 a 16.11 hrs, por código 5 diag, de 00.40 a 1.10 Trabajo de calentamiento de planta	
25-abr-17	190-2358		
26-abr-17	190-2359		
27-abr-17	190-2360		
28-abr-17	190-2361		
29-abr-17	190-2362		
30-abr-17	190-2363		

Anexo 4. Tabla de fallas registradas en tiempos de operación.



Anexo 5. Sistema de compresores y cilindros.



Anexo 6. Capacitación de compresores de la corporación Ariel.



Anexo 7. Reunión con los compañeros de trabajo y oficinas de trabajo.