

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO INTEGRAL PARA LAS
ESTACIONES DE SERVICIO DE GAS NATURAL VEHICULAR CON EQUIPO
COMPRESOR ASPRO, MODELO 115-3-12

GUSTAVO ANDRÉS GIL GONZÁLEZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2016

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO INTEGRAL PARA LAS
ESTACIONES DE SERVICIO DE GAS NATURAL VEHICULAR CON EQUIPO
COMPRESOR ASPRO, MODELO 115-3-12

GUSTAVO ANDRÉS GIL GONZÁLEZ

Monografía de grado presentada como requisito para optar el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director

JAVIER AUGUSTO PLATA MARTÍNEZ

Ingeniero de Petróleos

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2016

DEDICATORIA

En principio a Dios por la oportunidad brindada y el tiempo dado, luego a mi familia, quienes estuvieron allí apoyándome en todo sentido, a mi novia por entender y darme el tiempo necesario para culminar con éxitos los estudios, sin ustedes nada de esto sería posible.

Esto es para ustedes y por ustedes.

AGRADECIMIENTOS

A mi equipo de trabajo durante la carrera, Sr. Subteniente del Aire Manuel Fernando Caro, Sr. Capitán de Navío Raúl Núñez, fue un placer conocerlos y compartir la academia.

TABLA DE CONTENIDO

	pág
INTRODUCCIÓN	15
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
2. OBJETIVOS	19
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	19
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	19
3. JUSTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA	20
4. ANÁLISIS DE LA LITERATURA RECOPIADA.....	21
4.1 MARCO TEÓRICO.....	21
4.1.1 ¿Que es mantenimiento?.....	21
4.1.2 La evolución del mantenimiento.....	22
4.1.3 RCM (Reliability Centred Maintenance).....	24
4.1.4 PMO (Optimización del Mantenimiento Planeado)	25
4.2 MARCO CONCEPTUAL.....	26
4.2.1 Compresor	26
4.2.2 Gas natural	26
4.2.3 Estación de servicio de gas natural vehicular	28
4.3 MARCO LEGAL	29
4.3.1 Resolución 180928 del 2006.....	29

5. DESCRIPCIÓN DE INSTALACIONES Y EQUIPOS INVOLUCRADOS EN EL PROYECTO	30
5.1 ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN (ERM)	30
5.2 AREA DE COMPRESIÓN.	32
5.3 AREA DE ALMACENAMIENTO	34
5.4 AREA DE SUMINISTRO	35
5.5 AREA DE SISTEMAS Y DE CONTROL.....	36
5.6 SUB ESTACIÓN ELÉCTRICA.....	38
6. EQUIPOS BAJO ESTUDIO.....	39
6.1 SELECCIÓN GRUPOS DE TRABAJO.....	45
6.2 INDICADORES DE MANTENIMIENTO.....	47
6.3 OBJETIVOS Y METAS DEL AREA	48
7. PLAN DE MANTENIMIENTO ACTUAL.....	50
8. ANÁLISIS PLAN DE MANTENIMIENTO ACTUAL.....	55
9. PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO.....	59
9.1 METODOLOGÍA.....	59
9.2 ACCIONES A CORTO PLAZO (1 – 6 MESES).....	61
9.3 ACCIONES A MEDIANO PLAZO (6 – 12 MESES)	65
9.4 MANTENIMIENTO PREDICTIVO A IMPLEMENTAR	67
9.5 ANALISIS HISTORICO DE FALLAS	68
10. CONCLUSIONES	75
BIBLIOGRAFÍA.....	77
ANEXOS.....	81

LISTA DE TABLAS

pág

Tabla 1 Principales Componentes ERM GNV	32
Tabla 2 Principales componentes Compresor GNV	33
Tabla 3 Principales Componentes Batería de Almacenaje GNV	35
Tabla 4 Principales Componentes Surtidor GNV	36
Tabla 5 Principales Componentes Rack de Sistema y Tablero de Control	37
Tabla 6 Estaciones de Servicio Gas Natural Fenosa	39
Tabla 7 Venta Estaciones de Servicio GNF	40
Tabla 8 Costos de Operaciones & Mantenimiento Total por EDS	43
Tabla 9 Indicadores de Mantenimiento	47
Tabla 10 Metas de los Indicadores	49
Tabla 11 Programa de Mantenimiento Compresor ASPRO	50
Tabla 12 Programa de Mantenimiento Tablero de Control	53
Tabla 13 Programa de Mantenimiento Preventivo Surtidores ASPRO	54
Tabla 14 Clasificación Sistemas y Sub-Sistemas	63
Tabla 15 Matriz DOFA área de mantenimiento GNV	64
Tabla 16 Visitas de Inspección por Grupo de Trabajo	66
Tabla 17 TECSTA Fallas en el sistema	71
Tabla 18 DELTAGAS Falla en surtidor	72
Tabla 19 Visitas de Inspección por Grupo de Trabajo	87
Tabla 20 Rutina de Inspección y Visita Técnica Firma Contratista de Mantenimiento	88
Tabla 21 Rutina de Inspección y Visita Técnica Coordinador O&M GNF	90

LISTA DE ILUSTRACIONES

pág

Ilustración 1 Gas Natural.....	27
Ilustración 2 Ciclo del GNCV en la EDS.....	28
Ilustración 3 Estación de Regulación y Medición de Gas Natural Vehicular	31
Ilustración 4 Compresor IODM – 115 – 3 - 12.....	33
Ilustración 5 Batería de Almacenaje GNV	34
Ilustración 6 Surtidor de GNV y Componentes	35
Ilustración 7 Area de Sistemas y de Control	37
Ilustración 8 Diagrama de Pareto Ventas de M3 en EDS	42
Ilustración 9 Diagrama de Pareto para Costos de Operaciones & Mantenimiento en EDS	45
Ilustración 10 Emergencias en EDS 2015.....	69
Ilustración 11 Emergencias DELTAGAS.....	69
Ilustración 12 Emergencias TECSTA.....	70

LISTA DE ANEXOS

pág

Anexo A. Flujograma toma de decisiones técnicos firma contratista de mantenimiento	81
Anexo B. Flujograma toma de decisiones Coordinadores O&M GNV GNF.....	82
Anexo C. Formato Hoja de Vida de la EDS.....	82
Anexo D. Formato Inspección y Visita Técnica (IVT).....	86
Anexo E. Frecuencia Visita Técnica EDS.	87
Anexo F. Rutina de Inspección y visita Técnica en EDS.....	88
Anexo G. Formato Histórico de Datos EDS GNV (Control Operativo).	91

SIGLAS

GNF: Gas Natural Fenosa E.S.P S.A.

GNV: Gas Natural Vehicular.

ERM: Estación de Regulación y Medición.

EDS: Estación de Servicio.

MTTO: Mantenimiento.

RCM: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

PMO: Optimización del mantenimiento planeado.

RCA: Análisis de Causa Raíz.

O&M: Operaciones y Mantenimiento.

CAU: Central de Atención a Urgencias.

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO INTEGRAL PARA LAS ESTACIONES DE SERVICIO DE GAS NATURAL VEHICULAR CON EQUIPO COMPRESOR ASPRO, MODELO 115 – 3 – 12.¹

AUTOR: GUSTAVO ANDRÉS GIL GONZÁLEZ².

PALABRAS CLAVES: GAS NATURAL VEHICULAR, ESTACIÓN DE SERVICIO, COMPRESOR, MANTENIMIENTO, PMO.

DESCRIPCIÓN O CONTENIDO: El diseño de un plan de mantenimiento integral que vincule y relacione la totalidad de los equipos presentes en las estaciones de servicio de gas natural vehicular, tiene como objetivo tener unificado el control de los costos de operación y mantenimiento que se derivan del servicio que se presta.

El diseño que se presenta en este proyecto busca unificar en un solo programa de mantenimiento, la relación de todos los equipos bajo custodia y el histórico de actividades que se lleva a cabo en cada uno de ellos, además de sugerir algunas actividades y técnicas que se pueden implementar para darle un mayor flujo a la información que se maneja y una eficiencia más alta en cuanto a los tiempos y recursos que día a día se requieren; para llevar a cabo todo lo anterior, es indispensable implementar el uso de un software de mantenimiento que ayude a darle orden a la información de ahora en adelante, así mismo, es igual de importante rescatar los históricos que se tienen de cada uno de los equipos para empezar a establecer prioridades en costos, prioridades en tiempos de ejecución y prioridades en tiempos de servicio.

Para finalizar, este documento presenta todas y cada una de las sugerencias del autor, que buscan volver al área de gas natural vehicular de la empresa gasNatural Fenosa, más eficiente y eficaz en la custodia de los equipos y la ejecución de las actividades correspondientes a las estaciones de servicio de gas natural vehicular.

¹ Monografía.

² Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director: Javier Augusto Plata Martínez, Ingeniero de Petróleos.

SUMMARY

TITLE: DESIGNING A COMPREHENSIVE PLAN FOR MAINTENANCE SERVICE STATIONS WITH VEHICULAR NATURAL GAS EQUIPMENT ASPRO COMPRESSOR MODEL 115-3 - 12.³

AUTHOR: GUSTAVO ANDRÉS GIL GONZÁLEZ⁴.

KEYWORDS: GNV, SERVICE STATION, COMPRESSOR, MAINTENANCE, PMO.

DESCRIPTION OR CONTENTS: The design of a comprehensive maintenance plan that links and list all the teams in service stations for natural gas vehicles, aims to have unified control operating costs and maintenance arising from service provided.

The design presented in this project seeks to unify into a single maintenance program, the relationship of all teams in custody and historic activities carried out in each of them, and suggest some activities and techniques they can implement to give greater information flow is handled and higher efficiency in terms of time and resources required daily; to carry out the above, it is essential to implement the use of maintenance software that helps bring order to information from now on, so it is equally important to rescue historical we have of each of the teams to start prioritizing cost runtimes priorities and priorities in service times.

Finally, this paper presents each and every one of the author's suggestions, looking back to the area of vehicular natural gas company gasNatural Fenosa, more efficient and effective in keeping the equipment and the implementation of activities under the service stations for natural gas vehicles.

³ Monograph.

⁴ School of Engineering Physics and Mechanics. Specialization in Maintenance Management. Director: Javier Augusto Plata Martínez, Petroleum Engineer.

INTRODUCCIÓN

El gas natural vehicular es un combustible sustituto de la gasolina y su principal motivador de compra e instalación es el Ahorro, actualmente el GNV representa cerca del 8% de la producción de gas natural de Colombia y el 8,2% de la canasta de combustibles automotrices (TERPEL, 2016), para la ciudad de Bogotá y sus alrededores existen más de 160 Estaciones De Servicio de Gas Natural Vehicular con un promedio de 150 000 carros en consumo mensual, la demanda actual para la empresa gasNatural Fenosa con su red de estaciones de servicio (50 en total) está en promedio en 6 millones de metros cúbicos que son distribuidos gracias a las estaciones de servicio de gas natural vehicular sobre las cuales es objeto de estudio este documento, en el área de operaciones y mantenimiento de los equipos bajo custodia.

En la actualidad de la empresa no existe un plan de mantenimiento integral donde se relacione y se almacene la información de todos los equipos que componen la estación de servicio, solamente existe un plan de mantenimiento para lo relacionado con el equipo de compresión, igualmente tampoco existe un software de mantenimiento que lleve la relación al día de cada uno de los trabajos que se desarrollan, este proyecto sugiere la implementación de un software de mantenimiento que relacione las actividades que se llevan a cabo en toda la estación de servicio, y plantea un diseño de un plan de mantenimiento que abarca la totalidad de los equipos presentes con sugerencias de las actividades que se deben llevar a cabo en cada uno de los mismos y los intervalos de tiempo para su ejecución.

Este documento no centra su diseño en una sola técnica o metodología del mantenimiento, más bien, establece una sinergia entre varias técnicas, con el fin de

determinar cuál puede ser más eficiente de acuerdo a la novedad o falla que se presente, además de sugerir acciones a tomar de acuerdo a la necesidad del equipo; para finalizar, el objetivo simbólico de este proyecto es salir de la zona de confort y los paradigmas que hasta el momento rigen cada una de las actividades que se desarrollan en los equipos, es importante tener presente que las actividades son tercerizadas y no hay un modelo de acción a seguir que establezca prioridades y rutinas que salgan de lo propuesto por el fabricante y su modelo conservativo de mantenimiento.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La línea de suministro al público de gas natural vehicular de la empresa gasNatural Fenosa en la ciudad de Bogotá D.C. y sus alrededores, se encuentra dividida en un grupo de 50 estaciones de servicio, donde se comprime el gas bajo un mismo principio pero con dos marcas de equipos diferentes, Galileo y Aspro, Fabricantes argentinos. El 94 % de los equipos son Marca Aspro y de ese total, el 85 % son referencia IODM 115-3-12; para llevar a cabo una operación y mantenimiento del total de los equipos que contempla una EDS, se hace necesario contar con personal técnico calificado, disponibilidad de repuestos y de un plan de mantenimiento preventivo que incluya rutinas de inspección para cada EDS donde se validen y tomen datos operativos en terreno del funcionamiento de cada uno, dichas actividades han sido ejecutadas siempre por terceros, es decir, por firmas contratistas representantes para Colombia de cada una de las marcas, estas firmas cumplen a cabalidad con los programas de mantenimiento sugeridos por fabrica pero no generan ni ofrecen alternativas de mejora para mitigar los daños que día a día se presentan en las Estaciones de servicio.

Ahora bien, en estos momentos la compañía y por políticas estratégicas desde la alta gerencia , se determinó que se deben proponer programas y planes de mejora, que permitan generar un ahorro considerable en la operación año tras año, buscando ser más eficaces y eficientes con los recursos. Actualmente se cumple con los planes de mantenimiento dados por fabrica y se utilizan los repuestos suministrados por los mismos a través de sus representantes, pero se ha evidenciado notablemente una disminución en la calidad de estos, lo cual ha generado un aumento en los problemas día a día, que obliga a rotar dichos repuestos más seguido y esto produce más avisos de emergencia y paradas no programadas.

El presente proyecto busca diseñar un plan de mantenimiento integral para el 100 % de los equipos de una estación de servicio de gas natural vehicular, mejorando la calidad de los repuestos a partir de nuevos proveedores que suministren mejores materiales, buscando así alargar las rutinas de mantenimiento preventivas por horas de uso y planteando condiciones mínimas y máximas de operación que permitan detectar anomalías en los equipos antes de que ocurran los daños, esto es aplicado para equipos marca Aspro, de referencia IODM 115-3-12.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un plan de mantenimiento integral para las estaciones de servicio de gas natural vehicular con equipo de compresión ASPRO, Modelo 115-3-12.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Elaborar un plan de mantenimiento preventivo para la rutina de inspección quincenal que abarque la totalidad de equipos de la estación de servicio de gas natural vehicular.

Evaluar el plan de mantenimiento actual y buscar opciones de mejora en la gestión de activos y repuestos para los mismos.

Identificar según históricos la mayor falla o incidencia que se presenta en los equipos y determinar un plan de acción para las más relevantes.

3. JUSTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

Día a día resulta imperativo para las organizaciones, diseñar y ejecutar planes de acción que optimicen los recursos en función de los objetivos del negocio y de esta manera volver más rentable el mismo a lo largo del tiempo, para esto, se deben formar grupos interdisciplinarios en las diferentes áreas de operación de la compañía, de tal manera que haya una sinergia general que logre mejorar los indicadores de acuerdo a cada una de las áreas involucradas; para el caso del área de mantenimiento y operación, es determinante que su gestión sea eficaz y eficiente, conservando los equipos en el mejor estado posible. De acuerdo a lo anterior, es de vital importancia para el área diseñar e implementar un plan de mantenimiento integral que cubra con todas y cada una de las partes que componen la estación de servicio de gas natural vehicular, teniendo en cuenta factores de seguridad y normatividad vigente.

Este plan de mantenimiento integral busca optimizar los recursos y asegurar ciertas condiciones de confiabilidad en la estación, de tal forma que se vayan a mínimo las paradas inesperadas, los avisos de emergencia y más aún, aquellos daños significativos en cada uno de los equipos.

4. ANÁLISIS DE LA LITERATURA RECOPIADA

4.1 MARCO TEÓRICO

4.1.1 ¿Que es mantenimiento? “Conjunto de Técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento”.⁵

Según García Garrido, Santiago y su libro Gestión Integral de Mantenimiento, para un efectiva gestión sobre los activos de la empresa, es imprescindible desarrollar estrategias de mantenimiento que permitan extender su vida util, haciendo los equipos mas confiables a un menor costo, para ello sugieren las siguientes estrategias:

- Mantenimiento Preventivo

Determina condiciones operativas de confiabilidad y disponibilidad de los equipos buscando reducir los tiempos entre actividades correctivas, detecta fallas repetitivas, disminuye paradas imprevistas y aumenta la vida util de los equipos disminuyendo los costos de reparación.

- Mantenimiento Predictivo

⁵ GARRIDO, Santiago. Organización y Gestión Integral de Mantenimiento, Madrid: Díaz de Santos S.A., 2003.

Determina el estado de la maquina en operación, haciendo seguimiento a sintomas presentados durante su funcionamiento, se basa en actividades o ensayos no destructivos que buscan detectar cambios anormales en las condiciones del equipo.

- Mantenimiento Correctivo

Determina las actividades de mantenimiento a llevar a cabo cuando el equipo ya ha presentado la falla, indica problemas estrategicos de mantenimiento y afecta la disponibilidad de los equipos de manera considerable aumentando los costos de reparación.

4.1.2 La evolución del mantenimiento⁶. Desde el inicio de la historia, el hombre siempre ha tenido la necesidad de mantener sus equipos y herramientas, desde la más rudimentaria hasta la más especializada, esto buscando minimizar fallas y poder contar con ellas durante la operación de cual fuera el proceso, Jhon Moubray en su publicación Reliability-Centered Maintenance RCM II, establece una línea cronológica de tres generaciones por las que ha pasado el mantenimiento con metodologías específicas, para esto menciona lo siguiente:

- Primera Generación

Una generación cronológicamente establecida hasta la II guerra mundial, donde no había una industria muy mecanizada y la disponibilidad de los equipos no era tan importante dentro del proceso de producción, además que era maquinaria sencilla de un único propósito, lo cual la hacía confiable y fácil de reparar, esto daba como

⁶ MOUBRAY, Jhon. Reliability-Centered Maintenance, New York: Industrial Press Inc, 1997.

resultado un programa de mantenimiento sencillo realizado por personal poco calificado.

- Segunda Generación

La II Guerra Mundial y la demanda de productos para el desarrollo de la misma, además de la falta de mano de obra humana y la obligación de la mecanización de muchos procesos, llevo que hacia el año de 1950, se hubieran construido un sin número de equipos más complejos, los cuales eran parte fundamental de cada empresa y su disponibilidad cogió importancia significativa ya que se debía minimizar las fallas con actividades de prevención, esto da como resultado el nacimiento del concepto de mantenimiento programado, que para esas épocas consistía en una revisión periódica completa del funcionamiento y desempeño del equipo.

- Tercera Generación

Establecida desde mediados de los años 70, indica el proceso de cambio en las empresas de la época donde se evidencia la necesidad de diseñar, implementar, planear y controlar un sistema de mantenimiento que día a día sale del sistema de producción y se convierte en un área independiente, la mecanización y automatización ha aumentado, esto requiere de un conocimiento más específico para preservar la función de cada uno de los equipos, además que se evidencia la importancia del mismo dentro del ciclo de producción y las graves consecuencias que se pueden presentar debido a periodos improductivos generados por fallas en los equipos.

4.1.3 RCM (Reliability Centred Maintenance).⁷ El mantenimiento centrado en confiabilidad, fue desarrollado durante los años 1960 y 1970, tuvo origen en la industria aeronáutica y se encarga de analizar cada sistema y su modo de falla teniendo en cuenta su entorno, para que sea considerado RCM, la norma SAE JA1011 propone las siguientes preguntas para responder en esta secuencia:

- a) ¿Cuáles son las funciones deseadas y los estándares de desempeño asociados del activo en su contexto operacional presente (Funciones)?
- b) ¿De qué manera puede fallar al cumplir sus funciones (Fallas Funcionales)?
- c) ¿Qué causa cada falla funcional (Modos de Falla)?
- d) ¿Qué pasa cuando ocurre cada falla funcional (Efectos de Falla)?
- e) ¿De qué manera afecta cada falla (Consecuencias de Falla)?
- f) ¿Qué se debe hacer para predecir o prevenir cada falla (Tareas proactivas e intervalos de tareas)?
- g) ¿Qué se debe hacer si una tarea proactiva que conviene no está disponible (Acciones predeterminadas)?

⁷ COMMONWEALTH DRIVE. Criterios de evaluación para procesos de mantenimiento centrado en confiabilidad. Warrendale, PA 15096, USA.: SAE JAE 1011, 1999.

4.1.4 PMO (Optimización del Mantenimiento Planeado)⁸. Es una táctica de mantenimiento ideal para implementar en industrias donde los equipos o maquinas ya están en funcionamiento, está basado en un análisis de criticidad del equipo que se obtiene al revisar el plan de mantenimiento actual y los aspectos negativos que produce el equipo o maquina cuando falla, esto se ve reflejado en la seguridad y el medio ambiente, costos de producción y costos de mantenimiento; por otro lado, existen unos pasos a seguir al momento de implementar PMO y son adaptados de la recomendación de Steve Turner para el PMO2000⁹, así:

- 1) Establecimiento de las funciones y tareas
- 2) Análisis de los modos de falla
- 3) Racionalización y revisión de los procedimientos
- 4) Análisis funcional basado en confiabilidad
- 5) Evaluación de las consecuencias
- 6) Determinación de las políticas de mantenimiento
- 7) Agrupación y revisión de los procesos funcionales
- 8) Aprobación e implementación de los programas
- 9) Programa de vida y de mejoramiento continuo

Para finalizar, se resalta que PMO¹⁰:

- Optimiza el recurso laboral
- Mejora la Productividad
- Es adaptable a las necesidades del cliente
- Motiva al personal

⁸ MORA GUTIÉRREZ, Luis. Mantenimiento Industrial Efectivo, Medellin: Coldi Ltda, 2008.

⁹ GARCÍA PALENCIA, Oliverio. «El Sistema PMO: Optimización Real del Mantenimiento Planeado,» de Conferencia Latinoamericana de Gestión de Mantenimiento y Confiabilidad Operacional GMC 2007, Santiago de Chile, 2007.

¹⁰ GUZMÁN ROA, Fredy, et al. Optimización del plan de mantenimiento (PMO) al sistema de compresión de gas natural del campo rio Ceibas, Bucaramanga, 2015.

4.2 MARCO CONCEPTUAL

4.2.1 Compresor. Un compresor es una máquina que eleva la presión de un gas o un vapor (o mezcla de los mismos) al reducir el volumen específico del mismo durante su paso por el compresor¹¹, para una de las maquinas objeto de estudio de este proyecto, se describe el tipo de compresor en mención, así:

- **Compresor de Múltiples Etapas:** Este tipo de compresores se encarga de aumentar la presión de manera progresiva según el número de etapas con las que cuenta¹²

4.2.2 Gas natural. El Gas Natural es una mezcla combustible de gases de gran poder calorífico¹³, conformada principalmente por Metano, incluye además en menor proporción Etano, Propano y otros hidrocarburos más pesados¹⁴

¹¹ BERMÚDEZ, Oscar. Manual de Operación General para Estaciones Compresoras de Gas Natural. Bucaramanga, 2006.

¹² SUAREZ GARCÍA, Oscar y GONZÁLEZ PACHECO, Esteban. Desarrollo de una estrategia gerencial de mantenimiento predictivo para compresores reciprocantes de hidrógeno de la refinería de Barrancabermeja, Bucaramanga, 2011.

¹³ ECOPETROL. Hoja de Seguridad del Gas Natural, Bogotá D.C..

¹⁴ GUZMÁN ROA, Fredy, et al. Optimización del Plan de Mantenimiento (PMO) al sistema de compresión de gas natural del campo Rio Ceibas, Bucaramanga, 2015.

Ilustración 1. Gas Natural



Fuente: Gas Natural Fenosa. Gas Natural Vehicular. México, 2013.

- Se extrae del subsuelo asociado al petróleo o solo.
- Se le agrega un odorante llamado Mercaptano, que permite ser detectado en cualquier momento.
- Se distribuye a través de gasoductos de acero y polietileno, materiales altamente resistentes, incluso en zonas sísmicas.
- Es un energético de consumo en los hogares, comercio, industrias.

4.2.3 Estación de servicio de gas natural vehicular. Una estación de servicio es una instalación dedicada a vender al público al por menor, combustibles líquidos y gas, por medio de surtidores, a cambio de un precio de distribución y una comercialización, cumpliendo con la normatividad existente para tal fin, en la ciudad de Bogotá se encuentran estaciones de servicio que solo suministran combustibles líquidos y otras que se vuelven mixtas al suministrar también gas natural vehicular, el recorrido del gas en la Estación de Servicio de Gas Natural Comprimido Vehicular viene dado así:

Ilustración 2. Ciclo del GNCV en la EDS



4.3 MARCO LEGAL

4.3.1 Resolución 180928 del 2006¹⁵. El Ministerio de Minas y Energía expide el Reglamento técnico aplicable a las estaciones de servicio que suministran gas natural comprimido para uso vehicular, en este se establecen los lineamientos y requisitos para poner en servicio la EDS, donde se resalta el tema de mantenimiento en el numeral 4. Requisitos técnicos de las estaciones de servicio que suministran GNCV, con los siguientes pasos.

- Requisitos técnicos de aplicación general
- Zona de regulación y medición
- Zona de compresión
- Zona de almacenamiento
- Zona de llenado
- Equipos y accesorios de la EDS que suministra GNCV
- Pruebas de la EDS que suministra GNC

¹⁵ MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. Resolución 180928 de 2006 Ministerio de Minas y Energía, Reglamento Técnico aplicable a las Estaciones de Servicio que suministran Gas Natural Comprimido para Uso Vehicular., Bogotá D.C.: Diario Oficial 46342 de julio 27 de 2006, 2006.

5. DESCRIPCIÓN DE INSTALACIONES Y EQUIPOS INVOLUCRADOS EN EL PROYECTO

La estación de servicio de gas natural vehicular, además de ciertos requerimientos y condiciones técnicas con las que debe contar, tiene dentro de su proceso de distribución unas zonas ya definidas que en conjunto componen el sistema de suministro del producto, para el desarrollo de este proyecto se van a llamar así:

- Estación de Regulación y Medición (ERM)
- Área de Compresión
- Área de Almacenamiento
- Área de Suministro
- Área de Sistemas y de Control
- Sub-estación eléctrica

A continuación se van a definir las áreas antes mencionadas y la importancia de cada una de ellas dentro del sistema de suministro de producto.

5.1 ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN (ERM).

La ERM o estación de regulación y medición, es el punto de partida de toda la estación de servicio de gas natural vehicular, es el lugar donde se transfiere la custodia del distribuidor de la red al comercializador de la EDS, es un área que se encarga de dos funciones principales, así:

- Medición volumétrica del flujo de gas que se transfiere por la válvula de entrada a la EDS, cuenta con una unidad medidora y una unidad correctora de volumen que realiza ajustes tanto por presión como por temperatura.

- Regulación de la presión de gas de entrada a la EDS, ya que hay conexión directa con la red principal del distribuidor, se maneja una entrada de gas a 4 pulgadas de diámetro y una presión entre 18 bar y 20 bar, esto nos obliga a reducir la presión de entrada al equipo compresor entre 12 bar y 16 bar según el modelo.

Ilustración 3. Estación de Regulación y Medición de Gas Natural Vehicular



La Ilustración 3. Estación de Regulación y Medición de Gas Natural Vehicular, está compuesta por los siguientes componentes y los encargados de las actividades de mantenimiento se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Principales Componentes ERM GNV

Estación de Regulación y Medición		
#	Nombre	Gestor de Mtto
1	Unidad Correctora Volumétrica	gasNatural Fenosa
2	Unidad Medidora Volumétrica	
3	Actuador Neumático Válvula de Entrada ERM	Firma Contratista de Mtto
4	Manómetro / Termómetro y Señales de Control Unidad Reguladora de Presión	
5	Válvula de Alivio o de Seguridad	
6	Válvula de Globo Bypass	
7	Manómetro Aguas Abajo	
8	Válvula Reguladora de Presión	
9	Filtro de partículas	
10	Válvula de Cierre Manual	

5.2 AREA DE COMPRESIÓN.

De acuerdo al modelo que se está analizando para el desarrollo de este proyecto, se tiene que el 100% de los equipos bajo estudio son cabinados y por ende el área de compresión corresponde única y exclusivamente al compresor de gas natural vehicular, estos equipos comprimen gas con una entrada de 12 bar \pm 2 bar y a la salida entregan gas a 250 bar \pm 5 Bar dependiendo del sistema de control análogo o digital, cuenta con 3 etapas para comprimir el fluido y su funcionamiento es a través de un motor eléctrico que transmite la energía por medio de unas poleas, sus principales componentes son los que se muestran en la tabla 2.

Ilustración 4. Compresor IODM – 115 – 3 - 12

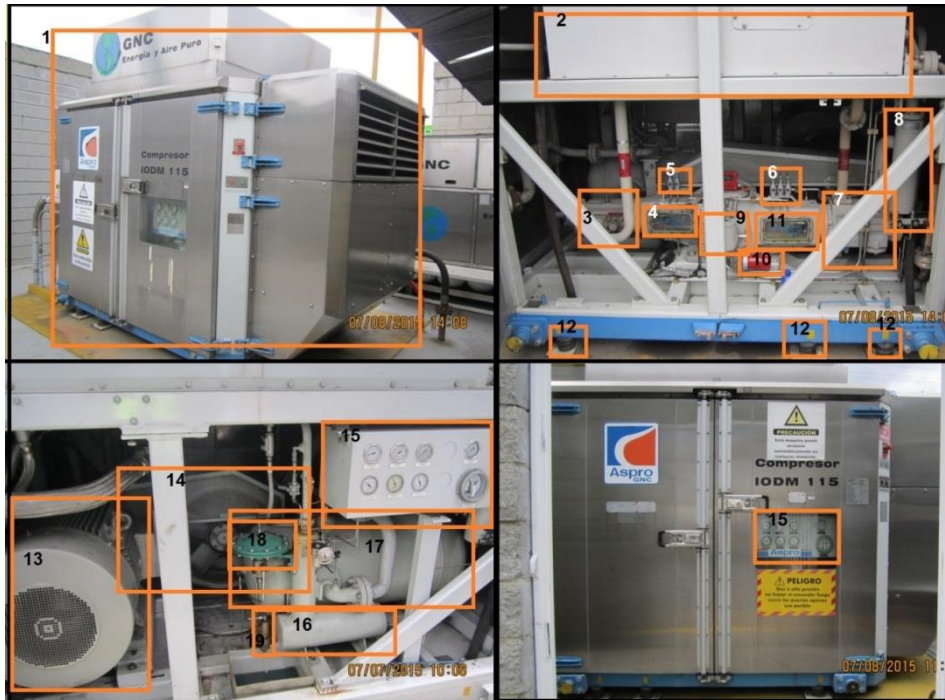


Tabla 2. Principales componentes Compresor GNV

Compresor		
#	Nombre	Gestor de Mtto
1	Cabina de Insonorización	Firma Contratista de Mtto
2	Cubierta Ventiladores de Refrigeración	
3	Primera Etapa de Compresión	
4	Visor de Pistón Primera Etapa	
5	Visor de Lubricación primera etapa	
6	Visor de Lubricación Segunda y Tercera Etapa	
7	Segunda y Tercera etapa de Compresión	
8	Filtro de Aceite segunda y tercera etapa	
9	Bomba de Lubricación	
10	Filtro de Aceite de la Bomba de Lubricación	
11	Visor de Pistón Segunda y tercera Etapa	
12	Supresor de Vibración	
13	Motor Principal	

14	Volanta y Correas de Repartición	
15	Tablero de Instrumentos	
16	Tanque de Choque	
17	Tanque Pulmón	
18	Válvula de Despresurizado	
19	Drenaje tanque de choque	

5.3 AREA DE ALMACENAMIENTO

La batería de almacenaje de Gas Natural Comprimido Vehicular está compuesta por 10 Cilindros de 100 Litros cada uno, para un total aproximado de 250 m³ al hacer la respectiva conversión de unidades, trabaja a una presión máxima de 260 Bar con un mínimo de 200 Bar, y los principales componentes descritos en la Ilustración 5. Batería de Almacenaje GNV, son mostrados en la tabla 3.

Ilustración 5. Batería de Almacenaje GNV

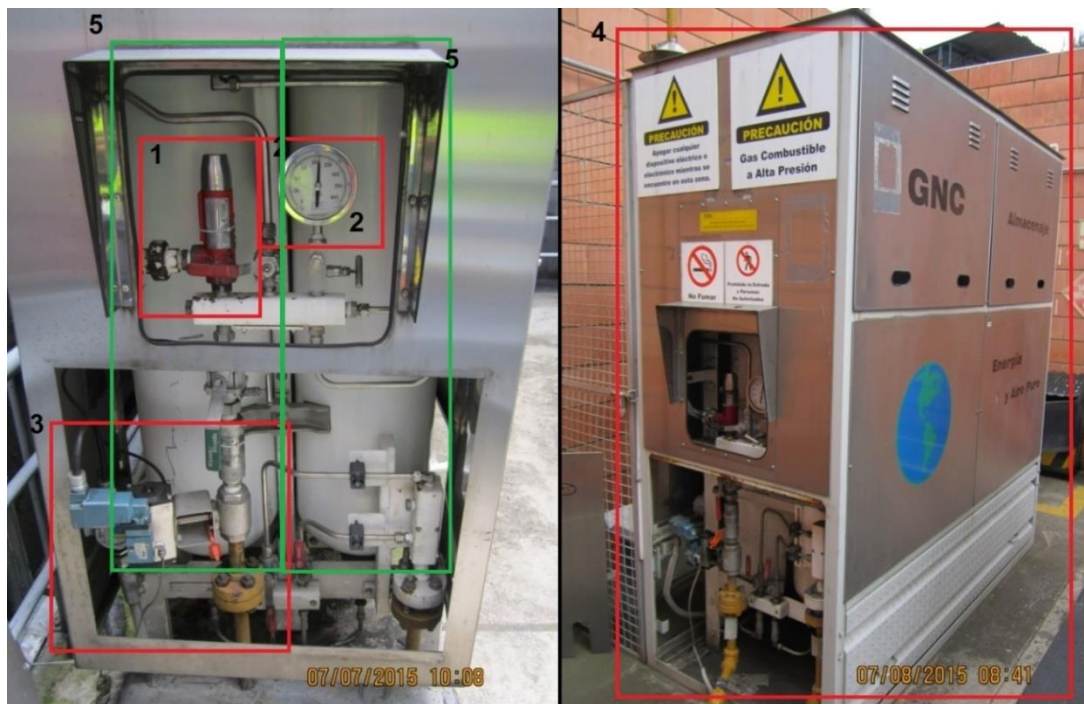
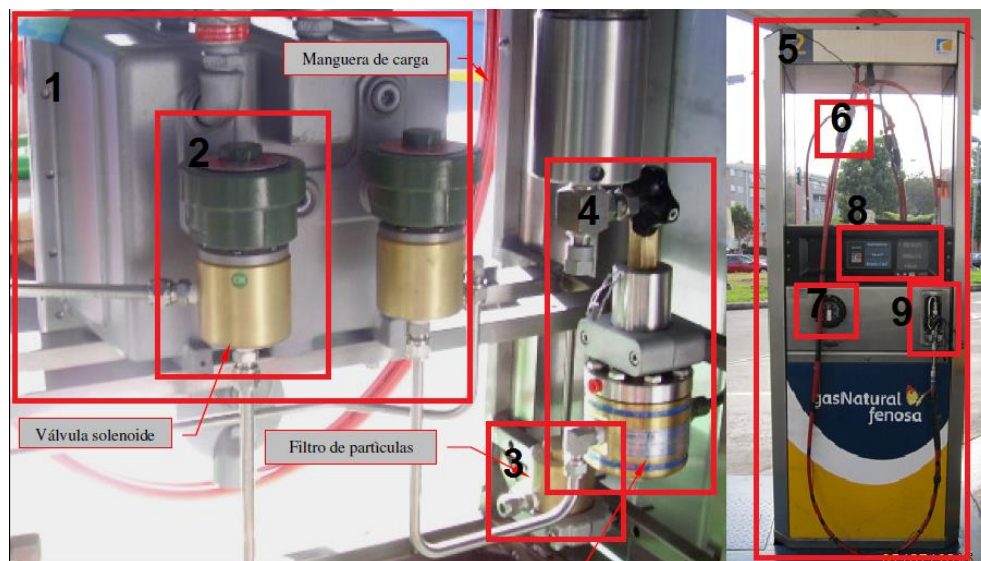


Tabla 3. Principales Componentes Batería de Almacenaje GNV

Batería de Almacenaje		
#	Nombre	Gestor de Mtto
1	Válvula de Alivio Almacenaje	Firma Contratista de Mantenimiento
2	Manómetro Almacenaje	
3	Actuador Neumático	
4	Cabina de Protección Batería de Almacenaje	
5	Cilindro de Almacenaje x 100 Litros	

5.4 AREA DE SUMINISTRO

Ilustración 6. Surtidor de GNV y Componentes



Denominada también “Zona de Llenado”, es el área de la EDS donde los vehículos se aprovisionan de gas, está compuesta por un único componente llamado Surtidor de GNV el cual tiene como función:

- Medir la cantidad de producto suministrado y determinar el precio total
- Regular la presión de llenado según resolución 180928 del 2006 que indica una presión de 3000 PSI \pm 2,5% a cualquier temperatura.

Los principales equipos que lo componen son listados en la tabla 4.

Tabla 4 Principales Componentes Surtidor GNV

Surtidor de GNV		
#	Nombre	Gestor de Mtto
1	Caja Estanca de Circuitos Electrónicos	Firma Contratista de Mantenimiento
2	Válvula Solenoide	
3	Filtro de Partículas	
4	Válvula Reguladora de Presión	
5	Cubierta Surtidor	
6	Válvula Break Away o de seguridad	
7	Manómetro	
8	Tablero de Información	
9	Válvula de Carga	

5.5 AREA DE SISTEMAS Y DE CONTROL

Es una zona de la EDS distribuida en dos habitaciones denominadas “Cuarto de control” y “Cuarto de Sistemas”, para esta descripción, el primero es aquel donde se encuentra el sistema eléctrico que opera la estación de servicio y de manera general está compuesto por el tablero de control del compresor, tablero de potencia proveniente de la Sub - estación eléctrica y tablero auxiliar del sistema eléctrico, el segundo cuarto alberga el rack de comunicaciones y de sistemas, que de manera general tiene el computador de la EDS, el sistema de comunicación con el servidor,

entre otros, a continuación se relacionan los principales componentes de ambas áreas se muestran en la tabla 5.

Ilustración 7. Área de Sistemas y de Control

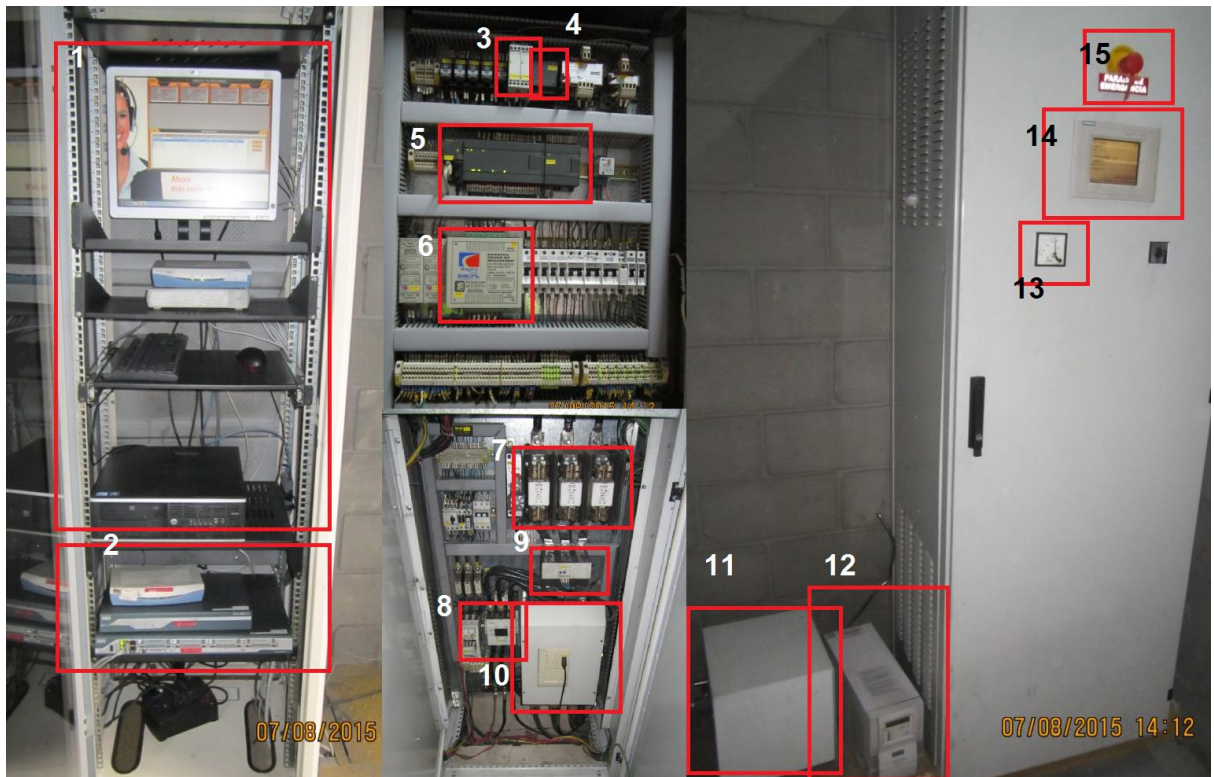


Tabla 5. Principales Componentes Rack de Sistema y Tablero de Control

Rack de Sistemas y Tablero de Control		
#	Nombre	Gestor de Mtto
1	Computador	Firma Contratista de Mtto
2	Sistema de Comunicación con el Servidor e Internet	
3	PTC Rodamiento y Bobinado	
4	Fuente de Alimentación	
5	PLC	
6	Barrera Zener de Seguridad	

7	Fusibles Grales de entrada
8	Contacto de By – Pass
9	Rele Termico de Entrada
10	Arrancador Suave
11	Regulador de Voltaje
12	UPS de alimentación tablero de control
13	Voltmetro
14	Panel Táctil de Dialogo
15	Parada de Emergencia

5.6 SUB ESTACIÓN ELÉCTRICA

Es el área de la EDS que se encarga de suministrar la energía al compresor y demás instalaciones de gas natural vehicular, maneja un transformador con carga total de 225 kVA distribuidos entre el sistema de compresión, alumbrado perimetral y local, sistema de control compresor, sistema de recaudo, entre otras, tiene una línea de voltaje primario y otra de voltaje secundario, de acuerdo al tiempo en servicio de cada uno de los equipos, se pueden encontrar transformadores Secos o transformadores en aceite.

6. EQUIPOS BAJO ESTUDIO

Esta sección relaciona los equipos bajo estudio para el ejercicio y desarrollo de esta monografía, como se expone en el título, corresponde a las Estaciones de Servicio de gas natural vehicular con equipo compresor ASPRO IODM 115 – 3 – 12, para este ejercicio se relacionan en la siguiente tabla los nombres internos de las EDS y las direcciones, se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Estaciones de Servicio Gas Natural Fenosa

NOMBRE EDS		DIRECCIÓN
1	Altamar	Avenida Ciudad de Cali # 99 – 10
2	Américas II	Avenida de las Américas No. 55 – 01
3	Av. Chile	Carrera 91A No. 72-26
4	Brío Barrio Colombia	Carrera 14 No 99-33 P8
5	Brío Bima	Autopista Norte con Calle 232
6	Brío Chía	Carrera 12 No 9 - 01, Municipio de Chía
7	Brío Los Ángeles	Calle 2 No 7A - 35 , Municipio de Chía
8	Calle 13	Calle 13 # 69B – 88
9	Ciudad Bolívar	Avenida Villavicencio Diagonal 62 Sur # 21 A -36
10	Compadicom	Avenida Cra 68 # 2C – 84
11	Country	Avenida Carrera 19 No. 127 c - 50
12	Danubio Funza	Calle 15 No. 19 - 99 Funza
13	El Proveedor	Av. Centenario (Calle 13) No. 33 – 10
14	El Tesoro	Calle 17 # 115 – 81
15	Expreso Bogotano	Av. Carrera 68 No 43-67 Sur
16	Florencia	Calle 73 # 86 – 08
17	Fundadores	Calle 26 No. 68 I- 46 sur
18	Germania	Cra. 3 ra No. 20-20 Las aguas
19	Iberia	Cll 134 No 53-51
20	La Palma	Av. Cra 68 No. 16-27
21	La Paz	Calle 8# 36-47 barrio la Paz - ZIPAQUIRA.
22	Portal Álamos	Carrera 98 # 63 – 39
23	Puente Aéreo	Avenida el Dorado No. 96J-60
24	Puerto Vallarta	Km 1 Vía Mosquera - Lote Zipa

25	Rocamar	Carrera 7 # 169- 65.
26	San Mateo	Kra 4 # 33 - 06 Soacha
27	Servycom	Avenida Boyacá 55 - 41
28	Sexta Antigua	Dg 6 No.16A-14
29	Soden	Avenida 68 con carrera 68 esquina (Carrera 57 No.71 - 14)
30	Suba La Juana	Avenida Calle 145 # 94 D – 95
31	Súper Brío Usme	Ac 51Sur # 5 D - 70
32	Texaco 16	AK 30 No.41-25
33	Texaco 25	Av. Calle 11 No 15 - 11 sur
34	Texaco 34	Cl 26 Av el Dorado No.34-75
35	Texaco 37	Calle 12 No. 35 - 50
36	Texaco 40	Avenida Primero de Mayo No. 52 - 57
37	Tunjuelito	Cra 10 No 51 - 45 sur
38	Ubaté	Km 1 vía Ubaté-Bogotá (Ubaté)
39	Vergel Apotema	Av. Ciudad de Cali No. 13A - 72
40	Yomasa	Carrera 3D # 91A – 04 Sur

Ahora bien, se va a realizar un análisis de la situación actual con la información del año 2015 y lo ejecutado hasta Junio del 2016, esto con el fin de mostrar de manera general el comportamiento de cada uno de los equipos, a nivel operativo y de mantenimiento.

- Comportamiento de Ventas en las EDS (Enero 2015 – Junio 2016)

Tabla 7. Venta Estaciones de Servicio GNF

	EDS	TOTAL (M3)	PROMEDIO (Mensual)	%	% ACUMULADO
1	Ciudad Bolívar	4.584.501	254.695	4,97%	4,97%
2	Soden	4.420.328	245.574	4,79%	9,75%
3	Rocamar	4.243.232	235.735	4,60%	14,35%
4	Portal Álamos	4.123.936	229.108	4,47%	18,82%
5	Av. Chile	3.841.691	213.427	4,16%	22,98%
6	Brio Barrio Colombia	3.731.174	207.287	4,04%	27,02%
7	Puente Aéreo	3.513.381	195.188	3,81%	30,82%

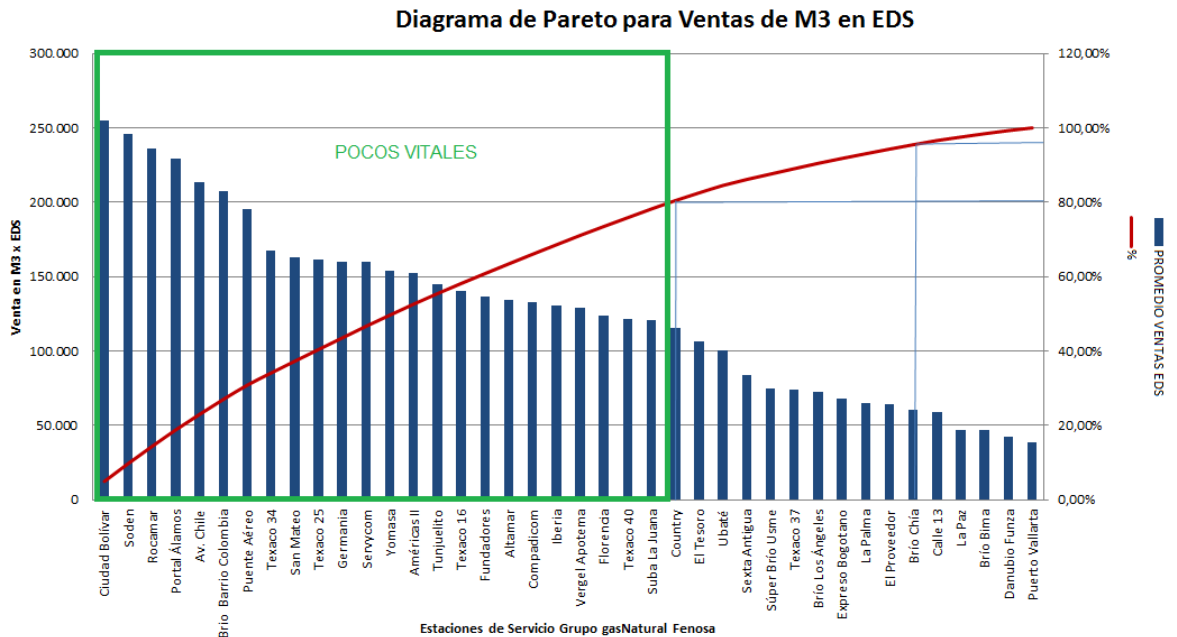
8	Texaco 34	3.009.964	167.220	3,26%	34,08%
9	San Mateo	2.935.243	163.069	3,18%	37,26%
10	Texaco 25	2.907.783	161.544	3,15%	40,41%
11	Germania	2.883.876	160.215	3,12%	43,54%
12	Servycom	2.877.339	159.852	3,12%	46,65%
13	Yomasa	2.770.209	153.901	3,00%	49,65%
14	Américas II	2.740.729	152.263	2,97%	52,62%
15	Tunjuelito	2.601.339	144.519	2,82%	55,44%
16	Texaco 16	2.525.474	140.304	2,74%	58,17%
17	Fundadores	2.451.361	136.187	2,66%	60,83%
18	Altamar	2.412.417	134.023	2,61%	63,44%
19	Compadicom	2.392.221	132.901	2,59%	66,03%
20	Iberia	2.347.449	130.414	2,54%	68,57%
21	Vergel Apotema	2.327.746	129.319	2,52%	71,10%
22	Florencia	2.221.477	123.415	2,41%	73,50%
23	Texaco 40	2.181.709	121.206	2,36%	75,86%
24	Suba La Juana	2.167.435	120.413	2,35%	78,21%
25	Country	2.076.316	115.351	2,25%	80,46%
26	El Tesoro	1.917.191	106.511	2,08%	82,54%
27	Ubaté	1.812.945	100.719	1,96%	84,50%
28	Sexta Antigua	1.504.748	83.597	1,63%	86,13%
29	Súper Brío Usme	1.345.021	74.723	1,46%	87,59%
30	Texaco 37	1.338.644	74.369	1,45%	89,04%
31	Brío Los Ángeles	1.308.434	72.691	1,42%	90,45%
32	Expreso Bogotano	1.217.010	67.612	1,32%	91,77%
33	La Palma	1.174.596	65.255	1,27%	93,05%
34	El Proveedor	1.150.800	63.933	1,25%	94,29%
35	Brío Chía	1.082.931	60.163	1,17%	95,46%
36	Calle 13	1.054.822	58.601	1,14%	96,61%
37	La Paz	850.061	47.226	0,92%	97,53%
38	Brío Bima	836.961	46.498	0,91%	98,43%
39	Danubio Funza	757.673	42.093	0,82%	99,25%
40	Puerto Vallarta	688.072	38.226	0,75%	100,00%

La Tabla 7. Venta Estaciones de Servicio GNF muestra las ventas totales que ha realizado cada una de las estaciones de servicio en un tiempo de 18 meses, arrancando el 1 de Enero del 2015 hasta el 30 de Junio del 2016, este tiempo es

más que prudente para estimar el promedio de cada una mes a mes y utilizar Pareto para obtener el siguiente análisis:

- Del total de 40 EDS, 24 de ellas produce el 80 % de ventas de la compañía, esto corresponde al 60% de los equipos en uso.
- Estas 24 Estaciones ya definidas como POCOS VITALES, tendrán prioridad dentro de las actividades de mantenimiento.

Ilustración 8. Diagrama de Pareto Ventas de M3 en EDS



- Comportamiento de Costos de Mantenimiento en las EDS (Enero 2015 – Junio 2016)

Tabla 8. Costos de Operaciones & Mantenimiento Total por EDS

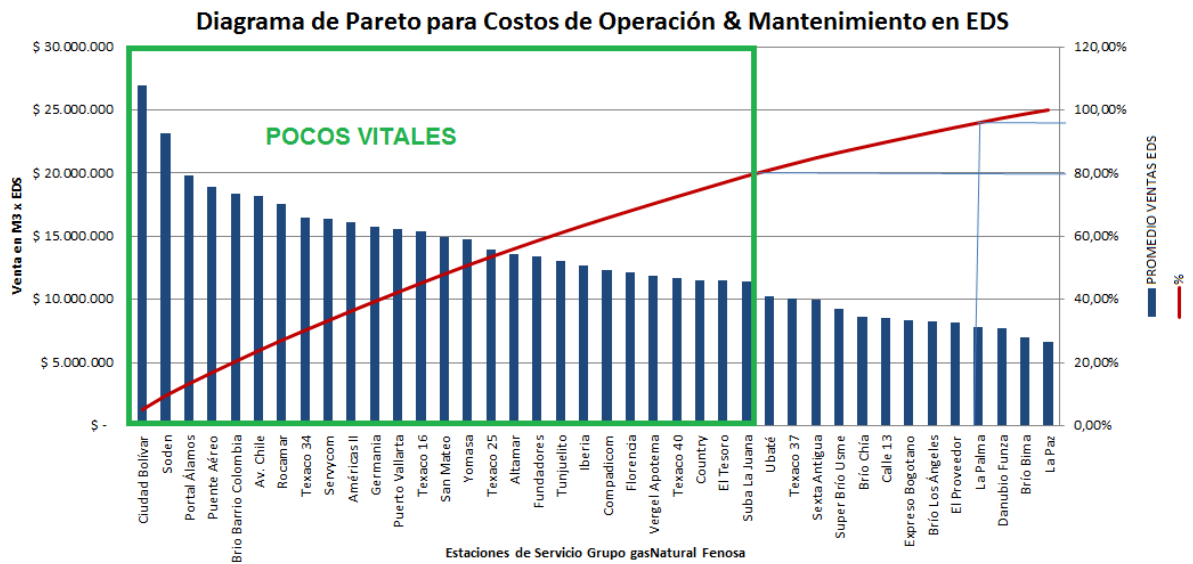
	EDS	TOTAL (\$)	PROMEDIO (Mensual)	%	% ACUMULADO
1	Ciudad Bolívar	\$ 485.324.398	\$ 26.962.467	5,11%	5,11%
2	Soden	\$ 417.498.573	\$ 23.194.365	4,39%	9,50%
3	Portal Álamos	\$ 356.883.324	\$ 19.826.851	3,76%	13,26%
4	Puente Aéreo	\$ 340.200.163	\$ 18.900.009	3,58%	16,84%
5	Brío Barrio Colombia	\$ 331.310.771	\$ 18.406.154	3,49%	20,32%
6	Av. Chile	\$ 326.534.919	\$ 18.140.829	3,44%	23,76%
7	Rocamar	\$ 315.204.565	\$ 17.511.365	3,32%	27,08%
8	Texaco 34	\$ 295.792.276	\$ 16.432.904	3,11%	30,19%
9	Servycom	\$ 294.647.678	\$ 16.369.315	3,10%	33,29%
10	Américas II	\$ 290.669.454	\$ 16.148.303	3,06%	36,35%
11	Germania	\$ 282.951.546	\$ 15.719.530	2,98%	39,33%
12	Puerto Vallarta	\$ 279.892.081	\$ 15.549.560	2,95%	42,27%
13	Texaco 16	\$ 276.355.079	\$ 15.353.060	2,91%	45,18%
14	San Mateo	\$ 268.993.604	\$ 14.944.089	2,83%	48,01%
15	Yomasa	\$ 265.274.642	\$ 14.737.480	2,79%	50,80%
16	Texaco 25	\$ 251.036.527	\$ 13.946.474	2,64%	53,44%
17	Altamar	\$ 244.894.793	\$ 13.605.266	2,58%	56,02%
18	Fundadores	\$ 241.928.800	\$ 13.440.489	2,55%	58,57%
19	Tunjuelito	\$ 235.086.178	\$ 13.060.343	2,47%	61,04%
20	Iberia	\$ 228.115.145	\$ 12.673.064	2,40%	63,44%
21	Compadicom	\$ 221.286.296	\$ 12.293.683	2,33%	65,77%
22	Florencia	\$ 218.154.987	\$ 12.119.722	2,30%	68,07%
23	Vergel Apotema	\$ 213.236.105	\$ 11.846.450	2,24%	70,31%
24	Texaco 40	\$ 210.715.967	\$ 11.706.443	2,22%	72,53%
25	Country	\$ 207.765.855	\$ 11.542.548	2,19%	74,71%
26	El Tesoro	\$ 207.748.758	\$ 11.541.598	2,19%	76,90%
27	Suba La Juana	\$ 206.026.106	\$ 11.445.895	2,17%	79,07%
28	Ubaté	\$ 184.530.996	\$ 10.251.722	1,94%	81,01%
29	Texaco 37	\$ 181.857.341	\$ 10.103.186	1,91%	82,92%
30	Sexta Antigua	\$ 179.266.378	\$ 9.959.243	1,89%	84,81%
31	Súper Brío Usme	\$ 165.661.165	\$ 9.203.398	1,74%	86,55%

32	Brío Chía	\$ 154.837.180	\$ 8.602.066	1,63%	88,18%
33	Calle 13	\$ 153.738.327	\$ 8.541.018	1,62%	89,80%
34	Expreso Bogotano	\$ 149.750.078	\$ 8.319.449	1,58%	91,38%
35	Brío Los Ángeles	\$ 148.315.146	\$ 8.239.730	1,56%	92,94%
36	El Proveedor	\$ 146.444.501	\$ 8.135.806	1,54%	94,48%
37	La Palma	\$ 140.034.951	\$ 7.779.720	1,47%	95,95%
38	Danubio Funza	\$ 138.907.634	\$ 7.717.091	1,46%	97,41%
39	Brío Bima	\$ 125.909.381	\$ 6.994.966	1,33%	98,74%
40	La Paz	\$ 119.733.624	\$ 6.651.868	1,26%	100,00%

La Tabla 8. Costos de Operaciones & Mantenimiento Total por EDS, muestra los costos totales que ha generado cada una de las estaciones de servicio en un tiempo de 18 meses, arrancando el 1 de Enero del 2015 hasta el 30 de Junio del 2016, este tiempo es más que prudente para estimar el promedio de cada una mes a mes y utilizar Pareto para obtener el siguiente análisis:

- Del total de 40 EDS, 27 de ellas generan gastos del 80 % del total de la compañía, esto corresponde al 67% de los equipos en uso.
- Estas 27 Estaciones ya definidas como POCOS VITALES, tendrán prioridad dentro de las actividades de mantenimiento.

Ilustración 9 Diagrama de Pareto para Costos de Operaciones & Mantenimiento en EDS



Ahora bien, como ya están definidos los principales parámetros de análisis (Venta en M3 y Costo total de mantenimiento), se procede a establecer los grupos de trabajo según la prioridad de atención, además de los indicadores de mantenimiento recomendados según la propuesta de plan de mantenimiento integral que buscar medir y aumentar el desempeño del área y de los equipos bajo custodia, así el área será más eficaz y los equipos más eficientes.

6.1 SELECCIÓN GRUPOS DE TRABAJO.

Esta sección de acuerdo al promedio de ventas de las estaciones de servicio, establece los grupos de interés y las prioridades de atención de los mismos según las estaciones de servicio que los componen, así:

Cuadro 1. Distribución Prioridades por Grupo EDS GNF

		
<p>GRUPO A</p> <ul style="list-style-type: none">•Ciudad Bolivar•Soden•Rocamar•Portal Alamos•Avenida Chile•Brio Barrio Colombia•Puente Aereo	<p>GRUPO B</p> <ul style="list-style-type: none">•Texaco 34•San Mateo•Texaco 25•Germania•Servycom•Yomasa•Americas II•Tunjuelito•Texaco 16•Fundadores•Altamar•Compadicom•Iberia•Vergel Apotema•Florencia•Texaco 40•Suba La Juana•Country•El Tesoro•Ubate	<p>GRUPO C</p> <ul style="list-style-type: none">•Sexta Antigua•Super Brio Usme•Texaco 37•Brio Los Angeles•Expreso Bogotano•La Palma•El Proveedor•Brio Chia•Calle 13•Brio Bima•Danubio Funza•Puerto Vallarta•La Paz

La selección se presenta de acuerdo al promedio de ventas diario en M3 de cada una de las estaciones de servicio del grupo, con relación a la información obtenida de enero del 2015 a junio del 2016 y establece la prioridad de atención de acuerdo a los avisos de mantenimiento que se presenten.

6.2 INDICADORES DE MANTENIMIENTO

Para llevar un control estricto de las actividades de mantenimiento que se desarrollan día a día en las estaciones de servicio es imperativo establecer unos indicadores de mantenimiento que se adecuen a las necesidades de la organización y que tengan las siguientes características:

- Medibles en el tiempo
- Relevantes al COR del negocio
- Relación directa con las metas del área
- Simples pero efectivos

A continuación se presentan algunos indicadores relevantes para el área de mantenimiento de estaciones de servicio de gasNatural vehicular, dichos indicadores cumplen con las características antes mencionadas y serán medibles por el intervalo de tiempo que sea establecido, estos se muestran en la tabla 9.

Tabla 9. Indicadores de Mantenimiento

#	NOMBRE	FORMULA	DEFINICIÓN	Frecuencia
1	Balance	$(M3 \text{ Surtidor} - M3 \text{ Corrector}) / M3 \text{ Corrector}$	Perdidas de gas generadas por la venta del mismo, es la diferencia del gas que entra por el ERM desde la Red con el gas que sale por los surtidores.	Semanal
2	Ratio de Mantenimiento	$\# \text{ Total M3 Mes} / \text{Costo Total Mto EDS}$	Corresponde al costo económico que presenta comprimir un m3 de gas y venderlo, es la división del Costo total de las actividades en cada EDS sobre la cantidad de m3 vendidos en la EDS.	Mensual
3	Ratio de Consumo Energético	$\# \text{ Total KW Mes} / \text{Total M3 Mes}$	Corresponde a la cantidad de KW que se requieren para comprimir un metro cubico de gas, este parámetro viene establecido desde fabrica para un consumo ideal del equipo en condiciones dadas.	Semanal

4	Rendimiento	M3 / Unidad de Tiempo	Corresponde a la cantidad de M3 que se comprimen por unidad de tiempo (Hora), es un parámetro que viene dado desde fabrica y se relaciona directamente con el modelo del equipo.	Semanal
6	Disponibilidad	(Horas Totales - Horas Parada Mantenimiento) / Horas Totales	Corresponde al porcentaje de tiempo disponible del equipo en un periodo determinado	Mensual
7	Confiabilidad		Probabilidad de que un equipo a sistema desempeñe satisfactoriamente la función que se requiere de él.	Mensual

6.3 OBJETIVOS Y METAS DEL AREA

A continuación se describen objetivos y metas que debe tener el área de mantenimiento de estaciones de servicio de gas natural vehicular en la Empresa gasNatural Fenosa S.A. E.S.P, esto como sugerencia para implementar:

- Objetivos:
 - Lograr la máxima disponibilidad de los equipos bajo custodia o la infraestructura instalada.
 - Minimizar los costos de mantenimiento
 - Minimizar los periodos o intervalos de mantenimiento
 - Minimizar Incidentes y accidentes, trabajar siempre de manera segura.

- Metas:
 - Las metas son establecidas mes a mes de acuerdo al análisis de lo sucedido el mes inmediatamente anterior y los resultados que se buscan para el mes que empieza, igualmente se implanta una base para arrancar cada indicador y que tenga un valor mínimo de medida como objetivo, para esto tenemos lo que se muestra en la tabla 10.

Tabla 10 Metas de los Indicadores

INDICADOR	NOMBRE	META
1	Balance	± 1 %
2	Ratio de Mantenimiento	
3	Ratio de Consumo Energético	0,18 KW/m3
4	Rendimiento	(800 - 1200) m3/hora
5	Mantenibilidad	98%
6	Disponibilidad	98%
7	Confiabilidad	98%

7. PLAN DE MANTENIMIENTO ACTUAL

El plan de mantenimiento actual solo involucra los equipos de compresión y es ejecutado por terceros, las demás áreas de la estación de servicio no tienen una rutina de mantenimiento; por políticas internas de la compañía, dicho tercero es la firma de mantenimiento representante en Colombia para el equipo en referencia sobre el cual está montando este proyecto, debido a eso, se sigue rigurosamente el plan de mantenimiento que establece fabrica, teniendo en cuenta que es un plan de mantenimiento conservativo y relaciona unas rutinas determinadas sin importar las condiciones de operación de cada una de las maquinas, a continuación se relaciona el plan de mantenimiento dado por el fabricante.

Tabla 11. Programa de Mantenimiento Compresor ASPRO

MANTTO SISTEMA DE COMPRESION – EQUIPOS ASPRO							
ITEM	DESCRIPCION	Semanal	2.500 horas	5.000 horas	10.000 horas	20.000 horas	40.000 horas
1	Control visual del equipo	X	X	X	X	X	X
2	Eliminación de fuentes de contaminación y riesgos	X	X	X	X	X	X
3	Medición de parámetros de funcionamiento	X	X	X	X	X	X
4	Control de parámetros del compresor	X	X	X	X	X	X
5	Verificación de eficiencia	X	X	X	X	X	X
6	Verificación de consumos	X	X	X	X	X	X
7	Análisis de comportamiento	X	X	X	X	X	X
8	Análisis de efectividad total de equipos	X	X	X	X	X	X
9	Prevención de fallas	X	X	X	X	X	X
10	Mejoras focalizadas	X	X	X	X	X	X
11	Calibración de sensibilidad de sensor de vibración		X	X	X	X	X

12	Cambio de aceite de Carter - Aceite 20 W50		X	X	X	X	X
13	Chequeo de correcta lubricación del equipo		X	X	X	X	X
14	Engrase de rodamientos de motor eléctrico		X	X	X	X	X
15	Cambio Filtro PH-20		X	X	X	X	X
16	Limpieza completa del equipo		X	X	X	X	X
17	Limpieza de Carter		X	X	X	X	X
18	Limpieza de filtro de entrada de gas		X	X	X	X	X
19	Limpieza de filtro de puente de medición (si aplica)		X	X	X	X	X
20	Limpieza de válvula de entrada		X	X	X	X	X
21	Limpieza de visores de lubricación		X	X	X	X	X
22	Limpieza y revisión general de tablero de instrumentos		X	X	X	X	X
23	Prueba de estanqueidad - Fugas de gas		X	X	X	X	X
24	Prueba de los sistemas de detención del equipo		X	X	X	X	X
25	Prueba de los sistemas de drenajes		X	X	X	X	X
26	Alineación de poleas y tensado de correas			X	X	X	X
27	Cambio de diafragma de válvula de despresurizado			X	X	X	X
28	Cambio de diafragma de válvula reguladora de entrada modelo 1098.			X	X	X	X
29	Cambio de filtro coalescente y sus respectivas juntas			X	X	X	X
30	Cambio de filtros de puente de medición			X	X	X	X
31	Cambio de O Rings y juntas de válvulas			X	X	X	X
32	Reapriete de tuerca de vástagos (50 Kg)			X	X	X	X
33	Recambio de válvula anti retorno de última etapa			X	X	X	X
34	Recambio de válvulas de admisión y escape de todas las etapas			X	X	X	X
35	Recambio de válvulas de seguridad (si fuese necesario)			X	X	X	X
36	Reparación de válvula de entrada			X	X	X	X
37	Alineación de poleas				X	X	X
38	Calibración de sensor de fuga de gas en caso de que corresponda				X	X	X
39	Cambio de anillos rasca aceite				X	X	X
40	Cambio de aros de todas las etapas de compresión				X	X	X

41	Cambio de bujes guías de todas las etapas de compresión				X	X	X
42	Cambio de filtro sinterizado de válvula reguladora de entrada				X	X	X
43	Cambio de válvulas anti retorno de lubricación				X	X	X
44	Control dimensional de cilindros y pistones				X	X	X
45	Reparación de piloto de válvula de despresurizado / entrada				X	X	X
46	Revisión de correas y cambio si fuese necesario				X	X	X
47	Cambio completa de grasa de rodamientos de motor eléctrico					X	X
48	Cambio de aceite de bomba a levas					X	X
49	Cambio de aro deflector de volante					X	X
50	Cambio de filtro cónico de entrada de gas con sus respectivas juntas					X	X
51	Cambio de O Rings de empaquetaduras					X	X
52	Cambio de reten de volante					X	X
53	Cambio de rodamientos de cigüeñal					X	X
54	Cambio de rodamientos de motor de Aero-enfriador					X	X
55	Cambio de rodamientos de motor principal					X	X
56	Cambio de sellos radiales de empaquetaduras					X	X
57	Cambio de sellos tangenciales de empaquetaduras					X	X
58	Control de calibración de sensores de presión					X	X
59	Cambio de aros rompe presión						X
60	Cambio de buje de biela						X
61	Cambio de crucetas						X
62	Cambio de pernos de bielas						X
63	Control dimensional de pistas de crucetas						X
64	Reparar bomba a engranajes						X

De acuerdo al plan de Mantenimiento expuesto en la Tabla 11. Programa de Mantenimiento Compresor ASPRO, el fabricante establece unas rutinas preventivas que se deben llevar a cabo de acuerdo a las horas de funcionamiento de cada uno de los equipos, este modelo utilizado genera altos costos de operación al ser de

carácter preventivo – conservativo, y no sugiere ni recomienda actividades de carácter predictivo que solvente los problemas que se presentan día a día.

Tabla 12. Programa de Mantenimiento Tablero de Control

Programa de Mantenimiento Preventivo de Tablero de Control							
ITEM	DESCRIPCION	Semanal	2.500 hrs	5.000 hrs	10.000 hrs	20.000 hrs	40.000 hrs
1	Revisión general		X	X	X	X	X
2	Ajuste de bornes de conexión		X	X	X	X	X
3	Verificación calibración elementos de protección		X	X	X	X	X
4	Verificación contactos de contactores		X	X	X	X	X
5	Cambio de contactos de contactores			X	X	X	X
6	Cambio de fusibles			X	X	X	X

De acuerdo al plan de Mantenimiento expuesto en la Tabla 12. Programa de Mantenimiento Tablero de Control, el fabricante establece la rutina de mantenimiento por horas según el uso y operación del compresor, lo cual no es acertado ya que el tablero de control se encuentra en operación 24 horas al estar conectado y en funcionamiento en todo momento, por otro lado, según el huso horario de los equipos en estudio, el tiempo entre actividades de mantenimiento puede variar según la venta del equipo, es decir, en el mejor de los casos un equipo puede ser valorado cada 6 meses por cumplir 2500 horas o cada 2 años por cumplir el mismo tiempo, esto hace que no haya un seguimiento estricto al sistema eléctrico que controla el equipo compresor y en ocasiones se presenten actividades correctivas de emergencia con altos costos de impacto.

Tabla 13. Programa de Mantenimiento Preventivo Surtidores ASPRO

Programa de Mantenimiento Preventivo de Surtidores				
ITEM	DESCRIPCION	4 Meses	Anual	2 Años
1	Verificación de Presión de Corte	X	X	X
2	Verificación de válvula de Solenoide	X	X	X
3	Verificación de Estanqueidad	X	X	X
4	Inspección Visual de Mangueras	X	X	X
5	Limpieza de Filtros	X	X	X
6	Calibración de Medidores	X	X	X
7	Verificación de Presostato	X	X	X
8	Reparación Válvula Solenoide	X	X	X
9	Reparación válvula Reguladora		X	X
10	Cambio picos de Carga			X

De acuerdo al plan de Mantenimiento expuesto en la Tabla 13. Programa de Mantenimiento Preventivo Surtidores ASPRO, se establecen unas rutinas preventivas a llevar a cabo en cada uno de los equipos, estas rutinas tienen periodos de 4 meses como mínimo y en general revisan las partes importantes del surtidor de gas. Para las demás áreas de la estación de servicio, como lo son la Sub – Estación Eléctrica, la Celda de Medida, El cuarto de Sistemas, la Batería de Almacenaje, entre otras, no existe plan de mantenimiento preventivo y todo se va a falla para su cambio, esto genera altos costos y en algunos casos puede ser factor importante en temas de seguridad en la operación; gasNatural Fenosa cuenta con una línea de atención de urgencias 164 desde cualquier teléfono con tono, esta línea es el medio por donde son canalizadas todas las acciones irregulares que se presentan en las EDS con respecto al funcionamiento de los equipos y demás.

8. ANÁLISIS PLAN DE MANTENIMIENTO ACTUAL

Esta sección analiza y evalúa el plan de mantenimiento expuesto anteriormente de acuerdo a la experiencia de operación y servicio de la compañía, además muestra algunas actividades programadas que se llevan a cabo en otras áreas de la EDS. El análisis que se presenta a continuación está dividido de acuerdo a lo que propone el fabricante, y viene dado así:

- Programa de Mantenimiento Compresor ASPRO

El fabricante del equipo compresor establece una rutina de mantenimiento conservativo genérica para el modelo en estudio, esta rutina no tiene en cuenta variables de tiempo en servicio y de operación, lo cual es imprescindible para establecer los intervalos de intervención y proponer alternativas predictivas que permitan establecer prioridades de atención en los mismos, por otro lado, la calidad de los trabajos desarrollados hace que los repuestos no duren el tiempo dado por el fabricante, lo cual genera avisos de emergencia, para finalizar, dentro la rutina establecida por el fabricante y la que aplica la firma contratista, no hay evidencia alguna de la importancia que se le debe dar al sistema de lubricación y a la verificación de los tiempos de entrega de aceite y la calidad del mismo.

- Programa de Mantenimiento Tablero de Control

El fabricante establece una rutina de mantenimiento para el tablero de control que es de carácter preventiva pero no agrega valor al funcionamiento del mismo, esta rutina es general y no tiene en cuenta la variedad de componentes y las marcas de los mismos, tal así, que no hay establecido un procedimiento para hacerle seguimiento al funcionamiento del arrancador suave Siemens que tiene un alto costo de cambio, así mismo, hay variedad de componentes que no generan un alto

costo pero su fallo puede provocar una parada inmediata con un tiempo de atención extendido por la complejidad de la maniobra que se debe llevar a cabo en el tablero.

- Programa de Mantenimiento Surtidores

Al igual que los dos anteriores programas, este es de carácter preventivo y busca conservar y mantener cada uno de los componentes del equipo, esta rutina establecida no tiene en cuenta la frecuencia de uso de dichos componentes y la mano operativa que los maneja, de tal forma que el mayor porcentaje de emergencias generado se da en dichos equipos y en ocasiones por la experiencia de servicio que tiene la empresa, la mano de obra no es suficientemente calificada y puede hacer actividades que no garantizan disponibilidad del equipo.

- Programa de Mantenimiento Líneas de transporte de gas principales y auxiliares dentro de la EDS

No existe un programa de mantenimiento preventivo o una serie de rutinas establecidas que permitan validar la condición actual de las tuberías que transportan gas a alta presión desde la batería de almacenaje hasta los surtidores, en ocasiones cuando dicha tubería está enterrada y presenta ánodo de sacrificio, hay mayor inconveniente y no es posible llevar a cabo una actividad preventiva, pero para los casos donde la tubería esta oculta dentro de un cárcamo que es visualmente fácil de inspeccionar, no hay sugerencia alguna para validar el estado de la misma y realizar pruebas de medida de espesor o corrosión de la misma, además de verificar los soportes y anclajes que garantizan un trabajo seguro día a día en la EDS.

- Programa de Mantenimiento Sub – Estación Eléctrica y Celda de Medida

Si bien no hay establecido un plan de mantenimiento para estos equipos y tampoco la firma contratista puede hacer actividades que los involucren de acuerdo a su

alcance, es importante establecer algunas de las acciones que se deben llevar a cabo de carácter preventivo sin intervención del mismo y que permitan generar visitas de inspección con personal calificado antes de que ocurra el daño, para esto se va a establecer una rutina sencilla de carácter preventivo que mantendrá al día la información de los equipos y su funcionamiento.

- Programa de Mantenimiento Estación de Regulación y Medición

La empresa al ser distribuidor y comercializador de gas, tiene áreas de mantenimiento encargadas de acuerdo a la actividad económica que se desarrolle, para el caso de distribuidor existe una cuadrilla de mantenimiento y se tiene establecido un programa de mantenimiento e inspección para la ERM que es llevado a cabo por personal técnico de gasNatural Fenosa y se encarga de validar el funcionamiento del sistema SCADA, la unidad medidora y la unidad correctora de la estación, todo esto a través de dos tipos de visitas, así:

- Visita de Inspección:
 - Periodicidad: Anual
 - Actividades: Verificación Sensores de Presión
Verificación Sensores de Temperatura
Verificación de Lecturas de la Unidad Correctora
Actualización de Cromatografía
- Visita Exhaustiva:
 - Periodicidad: Anual
 - Actividades: Verificación Sensores de Presión
Verificación Sensores de Temperatura
Verificación de Lecturas de la Unidad Correctora
Actualización de Cromatografía
Verificación de Medidor Volumétrico con prober

Las dos visitas mencionadas anteriormente, se intercalan durante el transcurso del año, lo cual hace que entre ellas haya 6 meses de diferencia.

Para el caso del comercializador, el tercero encargado de mantenimiento cubre los equipos de regulación, los manómetros de medición y demás actividades del sistema que se programan como correctivo al no existir un programa de mantenimiento preventivo ni predictivo para los equipos involucrados.

- Batería de Almacenaje

La batería de almacenaje no cuenta con un programa de mantenimiento establecido debido a que es una parte de la EDS con múltiples equipos de diferentes fabricantes, para esto solo se establecen revisiones obligatorias de ley como lo son las pruebas hidrostáticas de los cilindros cada 5 años a partir de su fecha de fabricación, la calibración de las válvulas de seguridad o alivio por presión de la misma y nada más, no hay establecido una rutina de inspección que valide fugas entre las válvulas, que valide funcionamiento de otros componentes y demás.

- Línea 164 Atención de Urgencias

A través de la línea 164 se canaliza con la central de urgencias todas aquellas actividades de carácter correctivo que se presentan día a día en la EDS, actualmente no hay un plan de acción que permita mitigar dicho número que se presenta por el total de la operación.

9. PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO

9.1 METODOLOGÍA

La Metodología a utilizar para el desarrollo de la propuesta del plan de mantenimiento integral para las estaciones de servicio de gas natural vehicular donde tiene intervención gasNatural Fenosa, viene enfocada en diferentes técnicas de mantenimiento pero se centra en trabajar principalmente PMO, para esto se seguirán los 9 pasos que sugiere esta técnica y lograr así formar cultura dentro de la organización para mantener y preservar los equipos en custodia, además de transmitir dicha cultura al personal contratista que desarrolla las actividades en cada uno de los equipos, los pasos mencionados anteriormente son:

- I. **Recopilación de Tareas:** A pesar de que la composición de la EDS es muy similar en la mayoría de los casos, es importante establecer para cada uno de los equipos presentes, cuales son los sistemas más críticos y de esta manera hacer un análisis sistemático que vaya acorde a los objetivos del área.
- II. **Análisis de Falla y Modo de Falla:** El objetivo de este paso es identificar por medio del histórico de emergencias y el concepto técnico del equipo de trabajo propio y de terceros, las fallas que más se presentan en cada uno de los equipos que componen la EDS y entrar a determinar cuáles pueden ser sus modos de falla, para de esta manera enfocar las tareas de mantenimiento.
- III. **Racionalización y Revisión del FMA:** Este paso organiza la información y la estructura de tal manera que evita la duplicidad de tareas sobre un

mismo equipo, y agrega aquellas fallas que en el paso anterior no fueron contempladas.

- IV. **Análisis Funcional:** Este paso define la función que se pierde en el equipo debido a la falla analizada, solo será aplicado para aquellos equipos o sistemas complejos que ameritan un estudio y análisis más detallado debido a su criticidad en la operación.

- V. **Evaluación de Consecuencias:** Este paso evalúa y analiza el modo de falla para ver si es evidente u oculto, es más dado para aquellos sistemas complejos como los determinados en el paso anterior.

- VI. **Definición de la Política de Mantenimiento:** En este paso se analizan los modos de falla según indica RCM y se establecen las políticas de mantenimiento adecuadas para cada sistema, ejemplo de ellas son:
 - Se priorizan equipos críticos en costo
 - Se priorizan equipos críticos en tiempo de reparación
 - Se priorizan equipos críticos en venta
 - Se analizan las tareas y su impacto en el equipo, se establece la técnica adecuada para cada tarea, sea por condición o correctivo, entre otras.
 - Se eliminan tareas que no aportan beneficios al programa
 - Se determinan las fallas que pueden mejorar con el uso de la tecnología avanzada o simple.
 - Se determina la información que debe recolectarse en cada rutina para llevar un control y seguimiento del funcionamiento del equipo.
 - Se determinan las fallas reincidentes que deben ser analizadas con RCA.

- VII. **Agrupación y Revisión:** tan pronto se termina el análisis de las tareas de mantenimiento, el equipo de mantenimiento establece la técnica más eficiente y efectiva que permita administrar los activos a un bajo costo y una alta disponibilidad.
- VIII. **Aprobación e Implementación:** Este paso presenta a la alta dirección los análisis realizados y la propuesta de mejora basados en la implementación de técnicas de mantenimiento definidas de acuerdo a la necesidad del equipo y el área.
- IX. **Programa Dinámico:** Este programa definido es de carácter dinámico ya que será evaluado y analizado según los resultados obtenidos, será monitoreado y estará en condiciones de adaptarse a los cambios generados día a día y a la respuesta, del equipo de mantenimiento obtenida, paralelo a esto se puede activar los siguientes canales de gestión de activos:
- Estrategia de Mantenimiento
 - Medición por indicadores de cada equipo y global
 - Planeación y programación estratégica
 - Gestión de mejora

9.2 ACCIONES A CORTO PLAZO (1 – 6 MESES)

Dentro del programa de mantenimiento que se sugiere, se plantean como acciones inmediatas las siguientes actividades a llevar a cabo de acuerdo a los equipos, así:

- Tuberías Auxiliares

En aquellas estaciones de servicio donde las tuberías de alta presión que comunican la batería de almacenaje con los surtidores se encuentran en un Cárcamo, es importante realizar un trabajo de limpieza general y determinar el estado actual de las tuberías teniendo presente los siguientes ítems:

- Corrosión y tipo de corrosión
- Perdida de material o espesor
- Estado de los soportes aéreos
- Estado del Cárcamo

Para el caso donde las tuberías son enterradas es importante establecer la fecha de la última comprobación periódica del sistema de protección catódica para tubos de acero y programar la siguiente.

- Compresor

- Es importante realizar un estudio de tribología que permita determinar el aceite adecuado para la operación de los equipos, tener presente casos especiales donde la temperatura ambiente cambia de acuerdo a la zona geográfica, así, se sugiere establecer si el aceite utilizado actualmente es el adecuado o si se requiere cambiar el mismo.
- Determinar las condiciones y tiempos adecuados de almacenamiento del aceite, teniendo en cuenta su proceso de degradación y de pérdida de características por el mal almacenaje.
- Establecer un procedimiento que permita mantener el equipo compresor en las mejores condiciones de aseo y limpieza posibles.

- Gestión Documental

Resulta imperativo establecer un procedimiento de gestión documental que permita guardar las memorias de aquellos procedimientos que se realizan en los equipos cuando una anomalía se presenta y no es usual.

- Categorización de Equipos y Sistemas

De acuerdo a cada uno de los componentes que interactúan en la EDS, es importante establecer los sistemas que rigen el funcionamiento de los mismos, como lo son: sistema de lubricación, sistema de compresión, sistema de drenaje, sistema de medición, esto servirá para aislar las fallas encontradas día a día y tener un punto de partida al momento de hacer el análisis de causa raíz, a continuación se expone un modelo propuesto para el plan de mantenimiento:

Tabla 14. Clasificación Sistemas y Sub-Sistemas

AREA	SISTEMA			
	1	2	3	4
ERM	REGULACIÓN	MEDICIÓN	AUXILIAR	SEGURIDAD
COMPRESOR	SUCCIÓN	COMPRESIÓN	TRANSMISIÓN	POTENCIA
	REFRIGERACIÓN	LUBRICACIÓN	SEGURIDAD	DRENAJE
ALMACENAJE	MEDICIÓN	SEGURIDAD		
SURTIDORES	REGULACIÓN	DRENAJE	SEGURIDAD	MEDICIÓN
	ELECTRONICO	SUMINISTRO		
SUBESTACIÓN ELECTRICA	TRANSFORMADOR	BANCO DE CONDENSADORES	CELDA DE MEDIDA	
TABLERO DE CONTROL	POTENCIA	ELECTRONICO	SEGURIDAD	CONTROL
	COMUNICACIÓN			

- Toma de Decisiones

Diseñar e implementar un flujograma como ruta para la toma de decisiones en aquellos momentos que se encuentren anomalías en los equipos, es decir, cual es el conducto y paso a seguir si el personal técnico de la firma contratista de mantenimiento encuentra una novedad y como debe reportarla, por otro lado, realizar el mismo ejercicio cuando la anomalía o novedad sea encontrada por personal coordinador O&M de GNF o por el vendedor de servicio de la EDS, ver el anexo sugerido.

- Matriz DOFA del área.

Diseñar, Implementar y socializar una matriz DOFA del área de mantenimiento de GNV, que permita mirar hacia adentro de la organización y poder así tomar decisiones inmediatas, para el caso se sugiere complementar la siguiente:

Tabla 15. Matriz DOFA área de mantenimiento GNV

FORTALEZAS	DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Suficiente Personal Coordinador O&M • Disponibilidad Operativa • Sistema SCADA • Canal dedicado de comunicaciones en EDS • Suficiente Personal Coordinador O&M • Equipos con Transductores de Señal 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de Adiestramiento y Capacitación del personal técnico O&M GNV • No hay Motivación del personal • Sistema de información ineficiente • Tiempos de atención a urgencias • Costos de Mantenimiento • Comunicación de objetivos y metas • No hay planeación por parte del contratista • No hay control del personal contratista

OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Disminuir tiempos de atención • Planeación estratégica por productividad • Priorización de servicios de mantenimiento • Incluir más Variables al sistema SCADA 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción en ventas en las EDS • Costos de repuestos muy altos • TRM muy alta • Personal contratista de mantenimiento Rotativo • No hay compromiso del personal técnico de la firma contratista con GNF

9.3 ACCIONES A MEDIANO PLAZO (6 – 12 MESES)

Como ya se ha establecido la metodología o dinámica a utilizar de ahora en adelante para los equipos bajo estudio, es importante determinar las acciones de mediano plazo que se deben empezar a desarrollar e implementar al instante y poder realizar mediciones en los 6 meses próximos a la aprobación del programa:

- Diseñar e Implementar formato de hojas de vida de cada una de las EDS donde se relacione información relevante de la misma, para esto se propone un formato en los anexos **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**
- Diseñar e Implementar un formato de Inspección y Visita Técnica para el personal Coordinador de Operaciones y Mantenimiento de gasNatural Fenosa que se encarga de supervisar las actividades de mantenimiento del contratista y de verificar el estado del equipo sin intervenir, para esto se propone en los anexos **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

- Ya fueron establecidos los grupos de interés y las prioridades de atención en los mismos de acuerdo a las ventas que produce cada equipo en promedio día, por ende, es importante establecer con qué frecuencia se van a llevar a cabo las visitas de inspección por parte del personal coordinador O&M de GNF y por parte de la firma de mantenimiento, se sugiere la Tabla 19 Visitas de Inspección por Grupo de Trabajo que se muestra en la tabla 16.

Tabla 16 Visitas de Inspección por Grupo de Trabajo

Total Visitas de Inspección	por EDS		Total	
	GNF	Tercero	GNF	Tercero
Grupo A	3	4	21	28
Grupo B	2	3	40	60
Grupo C	1	1	13	13
Total	6	8	74	101

- Establecer las actividades que deben ser realizadas durante cada rutina de inspección por parte del personal de GNF y del personal Técnico de la firma contratista de mantenimiento, se sugiere lo establecido en la Tabla 20 Rutina de Inspección y Visita Técnica Firma Contratista de Mantenimiento y la Tabla 21 Rutina de Inspección y Visita Técnica Coordinador O&M GNF.
- La Organización cuenta con la herramienta SAP, actualmente es utilizada como medio de planeación y de seguimiento a la ejecución de las actividades, pero no es utilizada como software de mantenimiento que permita actualizar lo relacionado con cada uno de los equipos y sus costos mensuales además de la rotación de repuestos; se sugiere adquirir un software de mantenimiento en el mediano plazo que permita llevar al día la información de las actividades que se realizan en cada uno de los equipos,

de tal manera que su seguimiento y control, estén a la mano del área para tomar acciones inmediatas de acuerdo a la operación y la necesidad, por el momento y a un corto plazo se sugiere implementar una hoja de cálculo sencilla como la que se expone en los Anexos, de tal manera que se pueda documentar la información obtenida durante cada visita de inspección al equipo; al final se sugiere desarrollar un aplicativo con una interfaz amigable al usuario que haga análisis sencillos de los datos ingresados.

9.4 MANTENIMIENTO PREDICTIVO A IMPLEMENTAR

Ya que las técnicas y estrategias de mantenimiento son complementarias entre ellas, se recomienda adquirir equipos predictivos para llevar a cabo acciones de esa índole que permitan tener un control de los equipos y prever daños o fallas en los componentes de los mismos antes de que sucedan, los equipos son:

- Cámara Termografía
- Sensor de Temperatura por Infrarrojo
- Pinza Amperimétrica
- Equipo para análisis de vibraciones
- Equipo para análisis por ultrasonido
-

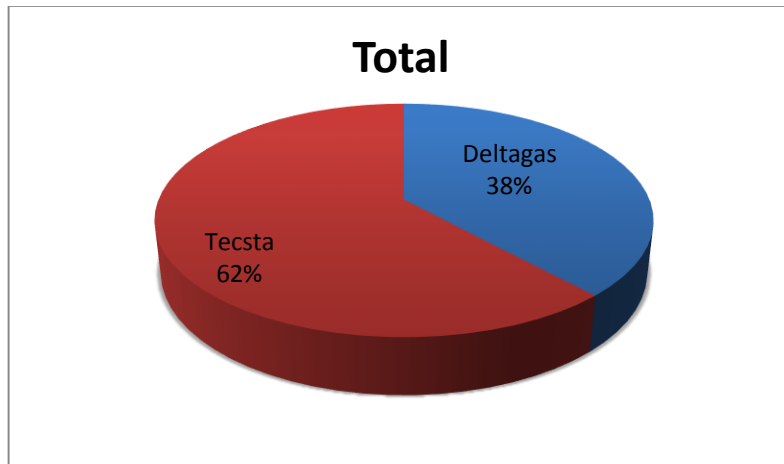
Igualmente se recomienda la realización periódica de análisis de tribología para los aceites del equipo compresor, buscando determinar a lo largo del tiempo, el comportamiento del fluido suministrado y su vida útil.

9.5 ANALISIS HISTORICO DE FALLAS

Debido a que la información no está correctamente clasificada y no existe orden alguno con los datos entregados por la central de urgencias mes a mes, es una tarea tediosa clasificar cada una de las emergencias que se presentan en la red de estaciones, por ende, para hacer el análisis de fallas que se ha presentado en los equipos de compresión bajo estudio, se utilizó la información del año 2015, de enero a diciembre clasificada manualmente de acuerdo a la falla reportada, teniendo lo siguiente:

- 40 estaciones de servicio bajo estudio
- 3740 Emergencias en total atendidas por 2 firmas contratistas de mantenimiento
- En promedio 312 emergencias por mes
- Del total, el 62% lo atiende Tecsta que es la firma de mantenimiento del sistema de autorización y recaudo, y el 38% lo atiende Deltagas que es la firma contratista de mantenimiento para el compresor y demás equipos de gas, no hay referencia alguna de emergencias relacionadas con las tuberías de alta presión y con la sub estación eléctrica, debido a que cuando se presentan fallas en dichos equipos, hay cierre total de la EDS y entra en programación una actividad correctiva.

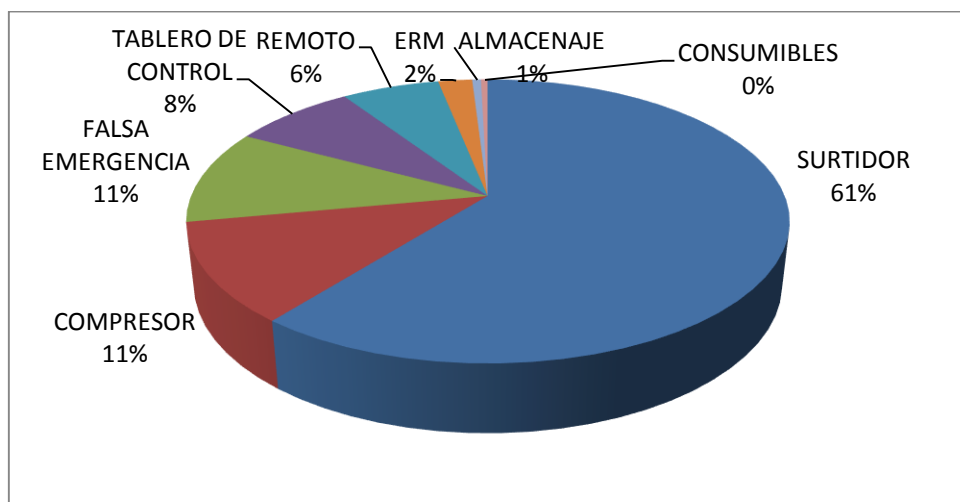
Ilustración 10. Emergencias en EDS 2015



Ahora bien, se entra en detalle de cada una de las firmas contratistas de mantenimiento para establecer cuáles son las partes de los equipos que más presentan falla, y así poder tomar acciones correctivas inmediatas, para esto se tiene:

- DELTAGAS

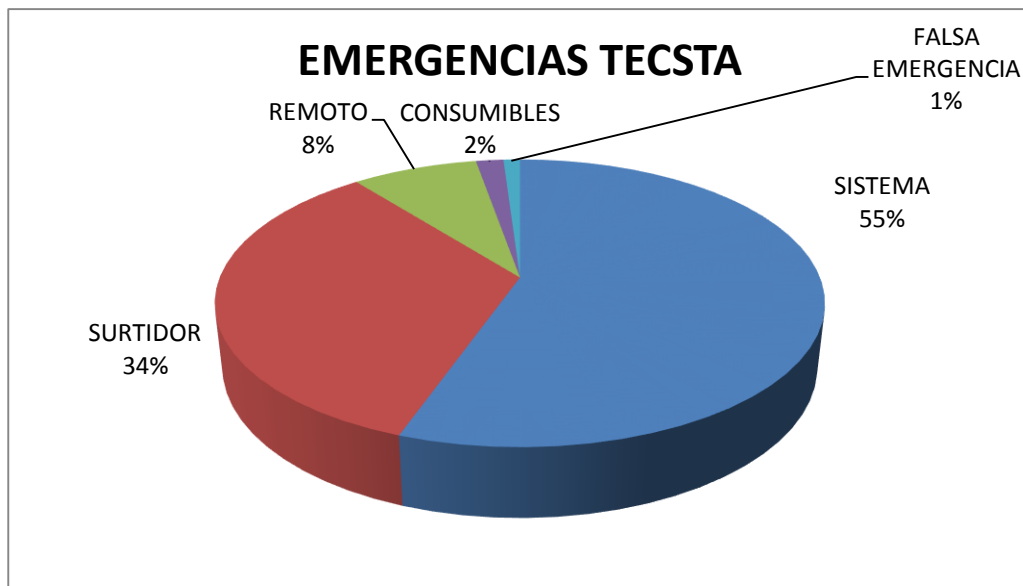
Ilustración 11. Emergencias DELTAGAS



De acuerdo a la gráfica anterior, la mayor cantidad de emergencias que se reportan por la central de urgencias de gasNatural Fenosa corresponde al equipo surtidor de la EDS con un total de 868 emergencias atendidas por el personal técnico sobre 1429 reportadas en el año, lo que indica que 72 emergencias mensuales son atendidas en los surtidores de las 40 estaciones de servicio.

- TECSTA

Ilustración 12. Emergencias TECSTA



De acuerdo a la gráfica anterior, la mayor cantidad de emergencias que se reportan por la central de urgencias de gasNatural Fenosa corresponde al Sistema de recaudo y lectura de chips con un 55%, pero no se debe menospreciar el 34% de emergencias que son aportadas por el surtidor, los porcentajes anteriores corresponden a 1281 emergencias del sistema y 783 emergencias del surtidor. Debido a que no hay un procedimiento establecido para la organización de la información entregada por el personal técnico contratista al momento de atender

una visita reportada por la línea 164, es difícil conocer y argumentar cuales pueden ser las fallas que se presentan en cada uno de los equipos, por otro lado, lo que sí se puede valorar, es en los equipos que presentan más fallas, cuales son los componentes críticos y establecer rutinas de mantenimiento preventivo que se lleven a cabo periódicamente para mitigar esos daños generados día a día, para darle solución a lo anterior, se describen los principales componentes sobre los cuales se presentan las fallas de acuerdo a la cantidad de las mismas reportadas en el CAU y las funciones de los mismos, como se muestra en la tabla 17.

Tabla 17 TECSTA Fallas en el sistema

TECSTA	
EQUIPO	SISTEMA
Sub Componente	Falla
Base de datos	Se bloque por tiempo en uso
	Se satura de información
	falta de energía
Lector Chip	Daño del Lector
	Daño del conector
	Daño del cableado
	Problema de Comunicación

Para las fallas reportadas por el CAU con respecto al equipo “Sistema”, se tienen 2 campos de atención, así:

- La base de datos por sus limitaciones en software y hardware obliga a que la firma contratista del equipo de cómputo, sistema de lectura y recaudo, implemente una rutina de mantenimiento preventiva en donde se establezca un procedimiento que pueda llevar a cabo el operador de la EDS todos los

días para mitigar la saturación y bloqueo de la misma, además de darle descanso a la operación del sistema.

- El lector del chip del vehículo es un componente plástico en su porcentaje más alto, en la operación día a día se ve expuesto a temperaturas altas presentes en los motores de los carros, lo cual acorta su vida útil al deteriorar el cable de comunicación con el sistema, se sugiere validar en el mercado otra forma de autorizar cada una de las ventas en la EDS o cambiar el procedimiento actual para evitar la rotación tan alta de dicho componente.

Tabla 18 DELTAGAS Falla en surtidor

DELTAGAS	
EQUIPO	SURTIDOR
Sub Componente	Falla
Caja estanca Circuitos Electrónicos	Daño de Baterías
	Sobre voltaje
	Daño en Tarjeta
Válvula Solenoide	Bobina Quemada
	Falta de Energía
	Mal contacto
Filtro de Partículas	Filtro Saturado
	Filtro Roto
Válvula Reguladora de Presión	Pistón dañado y no regula
	Empaque dañado y hay fuga
Válvula Break Away	Oring Dañado y hay fuga
	Exceso de Flujo
Válvula de Carga	Fuga por empaques
	Mordazas Desgastadas
	Cubierta plástica dañada
	Fuga en válvula 3 vías Daño en Manija 3 vías

Para las fallas reportadas por el CAU con respecto al equipo “Surtidor”, se tienen 6 campos de atención, así:

- La caja estanca donde se albergan los circuitos electrónicos y de potencia que alimentan el surtidor, es un dispositivo al que solo tiene acceso el personal técnico de la firma contratista, no se encuentra a la vista ni a la mano de cualquier operador, es bueno validar la vida útil de las baterías instaladas, pero su actividad de mantenimiento puede llevarse a un cambio por condición, solo basta con un monitoreo periódico del equipo.
- La válvula solenoide no es un caso crítico ya que el número de emergencias que se reportan por la falla de dicho componente no son altas, es un equipo que con una buena rutina de inspección y verificación, puede otorgar una vida útil larga y apropiada para la operación de la EDS.
- El Filtro de Partículas no es un componente que genere algún número de emergencias, pero si es un componente crítico en la operación ya que debe ser establecido un procedimiento que el operador deba realizar rutinariamente para hacer el respectivo drenaje de aquel aceite que puede desplazarse a lo largo de la tubería desde el compresor hasta el surtidor, se sugiere plantear un programa de capacitación al personal operador de servicio y asignar unas responsabilidades a los mismos, de tal manera que cada surtidor sea drenado de acuerdo a la venta diaria de la EDS.
- La Válvula reguladora de presión se encarga de regular la presión según lo mínimo y máximo permitido por la resolución 180928 del 2006, este dispositivo es crítico en la operación ya que su delta de variación es muy alto, lo cual hace que la presión cambie en cada surtidor por medio de factores como flujo, temperatura, desgaste interno, entre otros; sin duda alguna, la constante manipulación por parte del personal técnico para lograr calibrar el

equipo en la presión recomendada, hace que día a día componentes internos como empaques y resortes se desgasten más fácil y rápido de lo normal, lo cual aumenta el número de llamados dados al equipo; se sugiere evaluar válvulas reguladoras de otros fabricantes que garanticen un delta de variación más pequeño y así mismo que el sistema interno de regulación se lo mas simple posible, por otro lado es bueno realizar pruebas con diferentes materiales, buscando extender la vida útil de los componentes.

- La Válvula Break Away, es una válvula de seguridad que se encarga de desacoplar la manguera y cerrar el flujo de gas en caso de un accidente, su mantenimiento es básico y genérico, solo requiere una limpieza general y cambio de los Oring's, la mayoría de emergencias se presentan cuando su función principal de desacople se activa por caso de un incidente o accidente en el surtidor, o simplemente porque los Oring's que tiene pierden su capacidad y ceden la salida de la misma, se sugiere cambiar el material de los Oring's e incluir el equipo en la rutina de mantenimiento para evitar emergencias que no son emergencias.
- La válvula de carga o pico de llenado es el dispositivo que se encarga de suministrar gas a los vehículos, está compuesto por una válvula 3 vías y una válvula de carga que se conecta directamente al vehículo, es el dispositivo del surtidor que presenta el número más alto de avisos por la central, exponiendo los siguientes daños: Fuga de gas en válvula 3 vías, desprendimiento de tornillo prisionero manija válvula 3 vías, daño en manija válvula 3 vías, desgaste en mordazas, fuga en racor de conexión, entre otros.

10. CONCLUSIONES

En esta monografía se ha diseñado un plan de mantenimiento integral para las estaciones de servicio de gas natural vehicular de la empresa gasNatural Fenosa, servirá de guía para el desarrollo e implementación de un modelo de mantenimiento que pueda ser aplicado a la totalidad de los equipos y que abarque de manera general la operación de la EDS, para esto se concluye:

- El modelo de inspección de rutina sugerido para la firma contratista y para el personal coordinador O&M de GNF, sirve como guía para establecer el procedimiento adecuado que debe llevar a cabo cada personal y la información relevante que debe tomar durante cada actividad desarrollada.
- La implementación de un programa de mantenimiento predictivo se hace imperativa para aquellos equipos que su tiempo en uso supera la vida útil estimada por el fabricante.
- La utilización de equipos de diagnóstico preventivo será de apoyo esencial para el desarrollo de la operación y mantenimiento de los equipos de la EDS.
- El plan de mantenimiento actual no establece prioridades en los equipos por horas de funcionamiento y producción, es genérico para la totalidad de la EDS, lo cual no es relevante para el negocio y deja en evidencia las fallas que día a día se presentan en los equipos por la falta de gestión en mantenimiento, por la calidad del personal técnico calificado que lleva a cabo la labor y por la calidad de los repuestos instalados.

- Con las herramientas que se tienen a la mano para llevar a cabo el registro y documentación de las actividades de emergencia que vienen asignadas por la central de urgencias, se recomienda establecer la información obligatoria que se debe solicitar al personal técnico al momento de atender un aviso y el orden en el que debe ir la misma, esto con el fin de darle facilidad al manejo de la información.
- La implementación de un software de mantenimiento que permita llevar un control adecuado y un seguimiento estricto de las actividades que se desarrollan en las estaciones de servicio, debe ser una prioridad a ejecutar en el menor tiempo posible.
- Se sugiere implementar un aplicativo móvil para la carga de información y datos obtenidos en cada visita de inspección de rutina que se lleva a cabo por el personal coordinador O&M de GNF, esto con el fin de tener la información en un servidor en tiempo real y poder tomar decisiones inmediatas tras los cálculos y resultados obtenidos mediante la herramienta.

BIBLIOGRAFIA

ALVAREZ, E. O., y CASTRO, J. P. Identificación de peligros, Evaluación de riesgos y determinación de controles ambientales para las operaciones de distribución y comercialización del gas natural en la empresa GAS NATURAL S.A. E.S.P. Bucaramanga, 2013.

ARANGUREN, P. R. Revisión de la estrategia actual de mantenimiento para la flota de compresores centrífugos de reinyección de gas usados en las facilidades de Cupiagua Casanare. Bucaramanga, 2011.

BERMÚDEZ, J. O. Manual de operación general para estaciones compresoras de gas natural. Bucaramanga, 2006.

CAMPUZANO, R. L. Diseño de una estrategia de mantenimiento basada en RCM para una estación tipo (City Gate) de la Transportadora de Gas Internacional TGI S.A. E.S.P. Bucaramanga, 2013.

CMRP, I. M. El Sistema PMO: Optimización Real del Mantenimiento Planeado. Conferencia Latinoamericana de Gestión de Mantenimiento y Confiabilidad Operacional GMC 2007. Santiago de Chile, 2007.

COPETE, M. A. Programa general de mantenimiento (PGM) para estaciones compresoras de gas natural. Bucaramanga, 2006.

CORREA, F. B. Metodología para implementar modelo de confiabilidad basado en PMO para concretos Argos S.A. Bucaramanga, 2012.

COMMONWEALTH DRIVE. Criterios de evaluación para procesos de mantenimiento centrado en confiabilidad. Warrendale, PA 15096, USA.: SAE JAE 1011, 1999.

ECOPETROL. (s.f.). Hoja de Seguridad del Gas Natural. Bogotá D.C.

EMERSON PROCESS MANAGEMENT. Comprendiendo las Estrategias de Mantenimiento. 2002.

GUZMÁN ROA, F. A. Optimización del plan de mantenimiento (PMO) al sistema de compresión de gas natural del campo rio Ceibas. Bucaramanga, 2013.

GARCIA, C. A. Guía de mantenimiento para obtener eficiencia energética y prolongar la vida útil en plantas industriales. Mexico D.F., 2015.

GARCIA, O. U., y PACHECO, E. A. Desarrollo de una estrategia gerencial de mantenimiento predictivo para compresores recíprocos de hidrógeno de la refinería de Barrancabermeja. Bucaramanga, 2011.

GARRIDO, S. G. Organización y Gestión Integral de Mantenimiento. Madrid: Díaz de Santos S.A, 2013.

GAS NATURAL FENOSA. Gas Natural Vehicular. México, 2013.

GAS NATURAL FENOSA. Informe de Responsabilidad Corporativa 2015. Barcelona, 2015.

GRUPO ENERGÍA DE BOGOTÁ. Informe de Gestión Sostenible 2013. Bogotá D.C., 2013.

GUEVARA, A. J. Aplicación de la Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad para el desarrollo de planes de mantenimiento. Guayaquil, 2011.

GUTIÉRREZ, M. L. Mantenimiento Industrial Efectivo. Medellín: Coldi Ltda, 2011.

LIZCANO, M. D. Modelo de gestión del mantenimiento preventivo y predictivo para las subestaciones de la empresa de energía de Cundinamarca. Bogotá D.C., 2009.

MEJÍA, G. H., y FLOREZ, J. G. Modelo para Implementación de PMO (Planned Maintenance Optimization). Medellín, 2009.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. Resolución 180928 de 2006 Ministerio de Minas y Energía, Reglamento Técnico aplicable a las Estaciones de Servicio que suministran Gas Natural Comprimido para Uso Vehicular. Bogotá D.C.: Diario Oficial 46342 de julio 27 de 2006, 2006.

MOUBRAY, J. Reliability-Centered Maintenance. New York: Industrial Press Inc. 1997.

NATURGAS. Guía Ambiental para la Distribución de gas natural vehicular GNV. Bogotá D.C. 2000.

NAVAS, F. J. Guía básica para clasificación de áreas peligrosas y selección del equipo eléctrico en instalaciones de gas natural en Colombia. Bucaramanga, 2005.

SUAREZ GARCIA, O. U. et al. Desarrollo de una estrategia gerencial de mantenimiento predictivo para compresores recíprocos de hidrógeno de la refinería de Barrancabermeja. Bucaramanga, 2015.

PARADA, L. B., y DELGADO, L. E. Gerencia del riesgo en la operación y mantenimiento de la cadena de valor del gas natural. Bucaramanga, 2010.

PERDOMO, D. A. Estudio del perfil horario y diario de la demanda de gas natural y carga de duración del gasoducto de la Sabana. Bucaramanga, 2013.

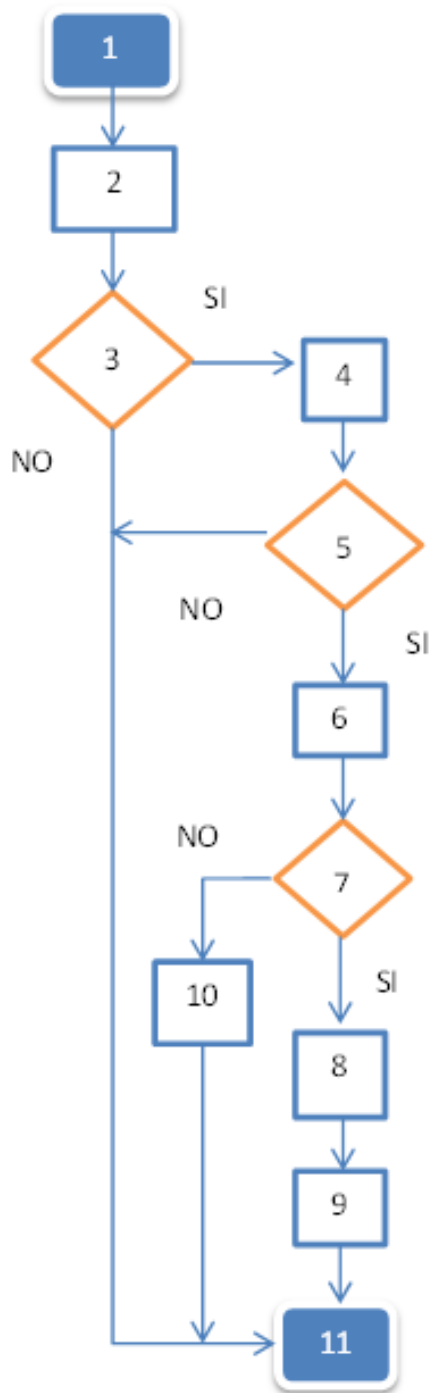
PROMIGAS. Informe Anual de Gestión y Sostenibilidad 2013. Barranquilla, 2013.

TEPEDINO, O. E., y FERNANDEZ, C. M. Metodología para la implementación de RCM como filosofía de mantenimiento para la estación turbocompresora de gas natural Palomino. Bucaramanga, 2010.

TERPEL.. Presente y Futuro del GNV en Colombia. Bogotá D.C. 2016.

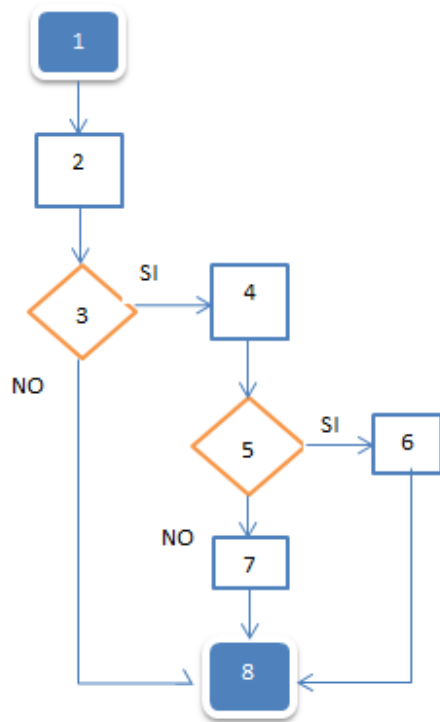
ANEXOS

Anexo A. Flujograma toma de decisiones técnicos firma contratista de mantenimiento




Actividad	Descripción
1	Visita de Inspección Personal Contratista de Mantenimiento
2	Toma de Datos y Rutina de Mantenimiento Preventivo en EDS
3	¿Hay alguna Novedad?
4	Determine el Tipo de Novedad y el Riesgo
5	Puede Darle Solución
6	Reporte a su coordinador de manera inmediata y pida autorización para intervenir
7	¿Tiene Autorización para Intervenir?
8	Solicite Repuestos, Herramientas y apoyo técnico dado el caso que sea necesario
9	Realice la actividad de mantenimiento requerida y documente lo encontrado
10	Realice seguimiento a la falla y documente lo encontrado, espere a la orden de su jefe inmediato
11	Reporte Terminación de la Actividad

Anexo B. Flujograma toma de decisiones Coordinadores O&M GNV GNF.



Coordinador O&M GNV GNF	
Actividad	Descripción
1	Visita de Inspección Personal Coordinador O&M GNV GNF
2	Toma de datos y rutina de Inspección preventiva en EDS
3	¿Hay alguna Novedad?
4	Determine el tipo de Novedad y riesgo
5	¿La falla o Novedad requiere atención inmediata?
6	Reporte a la administración y a su jefe parada No programada en el equipo y avise a la línea de atención de urgencias 164
7	Haga seguimiento a la falla y programe la intervención en el equipo lo antes posible
8	Reporte Terminación de la Actividad

Anexo C. Formato Hoja de Vida de la EDS.

	GAS NATURAL FENOSA S.A. E.S.P.	Código:	
	Servicios Técnicos O&M GNV	Versión:	1
	Formato Hoja de Vida Estaciones De Servicio GNCV	Fecha:	
HOJA DE VIDA ESTACIONES DE SERVICIO GNCV			
Nombre EDS:			
Fecha Puesta en Servicio:			
Dirección:			
Malla:			
Ente Certificador:			

INFORMACION TECNICA EDS				
Equipo Compresor:				
Fabricante:		Motor Principal:		
Modelo:		Motor Refrigeracion:		
Numero de Serie:		Valvula de Alivio Primera Etapa:		
Mes y Año de Fabricación:		Valvula de Alivio Segunda Etapa:		
Capacidad Nominal		Valvula de Alivio Tercera Etapa:		
Velocidad de Operación:		Valvula Alivio Pulmon:		
Presion Min/Max Aspiración:		Marca Senor de Vibración:		
Temperatura de Operación:		Activo Fijo gasNatural Fenosa:		
Potencia Maxima:		Activo Fijo GN Auto:		
Numero de Etapas:				
Bateria de Almacenaje:				
Total Cilindros:		Numero de Serie Cilindros:		
Capacidad Cilindros:				
Fecha Prueba Hidrostatica:				
Fabricante Cilindros:				
Proveedor Prueba Hidrostatica:				
Activo Fijo gasNatural Fenosa:				
Activo Fijo GN Auto:				
Valvula de Alivio:				
Estacion de Regulación y Medición:				
Sistema de Regulacion:				
Medidor				
Unidad Correctora				
Valvula de Alivio:				

Es un archivo en Excel con 3 pestañas que contienen información relevante de la EDS, la primera pestaña es de carácter informativo y tiene toda la relación general de los datos de la EDS.

Zona de Llenado:				
	Cantidad de Surtidores:			
	Fabricante:			
	Modelo:			
	Numero de Serie:			
	Electronica:			
	Activo Fijo gasNatural Fenosa:			
	Activo Fijo GN Auto:			
Cuarto de Control:				
	Modelo:			
	Numero de Serie:			
	Referencia Arrancador Suave:			
	Activo Fijo gasNatural Fenosa:			
	Activo Fijo GN Auto:			
Resolucion 180928				
	Prueba Hidrostatica Cilindros:		31/12/1904	Pedir Certificado
	Pruebas Semestrales		30/06/1900	Pedir Certificado
	Calibracion de Surtidores		30/06/1900	Pedir Certificado
	Extintores:		31/12/1900	Pedir Certificado
	Auditoria:		30/06/1900	Pedir Certificado
	Poliza Seguro Multiriesgo Emp		31/12/1900	Pedir Certificado
	Poliza DL:		31/12/1903	Pedir Certificado
	Acta de Capacitación:		30/06/1900	Pedir Certificado
	Medicion de Ruido:		31/12/1900	Pedir Certificado

La segunda pestaña relaciona información de las actividades de mantenimiento que se realizan día a día en los equipos, son de carácter informativo y diferencia las de carácter preventivo y correctivo, además que lleva un control de los principales repuestos instalados por la firma contratista.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO											
Fecha:	Actividad Realizada	Descripcion	Horas Equipo	Manguera 1	Manguera 2	Manguera 3	Manguera 4	Total Mangueras	Unidad Correctora	Medidor	Balance

MANTENIMIENTO CORRECTIVO											
Fecha:	Actividad Realizada	Descripcion	Horas Equipo	Manguera 1	Manguera 2	Manguera 3	Manguera 4	Total Mangueras	Unidad Correctora	Medidor	Balance

CONTROL DE REPUESTOS						
Fecha:	Codigo:	Descripcion del Repuesto	Observaciones	Tecnico	Contratista	Valor

Para finalizar, la tercera pestaña relaciona un soporte fotográfico de cada una de las EDS y las zonas por las cuales está compuesta, además permite llevar un control visual del estado actual de cada uno de los equipos y demás.

Nombre EDS:	Dirección:	Cantidad surtidores: 2	Cantidad Mangueras:4	Fecha de actualización:
Panoramicas				
Surtidores				

Anexo D. Formato Inspección y Visita Técnica (IVT).

Es un archivo en Excel que contiene los parámetros que deben ser tomados y calculados en sitio por el personal coordinador de operaciones y mantenimiento de gasNatural durante cada visita de control a cada una de las EDS.

Grupo Gas Natural
Formato Técnico
AREA: Operaciones y Mantenimiento

FT-XXX.B-COL
Rev. 1/2016.01

INFORME DE VISITA TECNICA

Nombre EDS _____ Fecha _____

Hora Llegada _____ Hora Parada _____ Equipo N° _____
Hora Salida _____ Hora Puesta en Marcha _____ Horas Equipo _____

Mantenimiento Correctivo ____ Preventivo ____ Predictivo ____

Presiones de Llenado / Lecturas Surtidor

	Lectura m3	Presiones Llenado (bar)		
Mang #1				
Mang #2				
Mang #3				
Mang #4				

	Lectura m3	Presiones Llenado (bar)		
Mang #5				
Mang #6				
Mang #7				
Mang #8				

Balance de Gas

M3 Corrector _____
M3 Surtidor _____

Consumo Energía

M3 Medidor _____
Balance (%) _____

Parametros Operativos Compresor

Rendimiento		Presiones			
o s		1raIn	1raOut	2daOut	3raOut
60 s					
120 s		Temperaturas			
180 s		Almac	1ra	2da	3ra
Prom					
Lubricacion			Correas		Aceite
1ra	Emp	2da	Emp	3ra	

Parametros Operativos

ERM				Arranques	
Estatica		Dinamica		Totales	Prom Dia
In	Out	In	Out		

Almacenaje	Manometro		
	Transductor		
Carter	Manometro		
	Transductor		

Extintores _____ Precio \$ _____

Cintas _____ Papel _____

Objetivo: _____

Concepto técnico en terreno: _____

Inspeccion Efectuada Por _____

Firma y Sello EDS _____

Anexo E. Frecuencia Visita Técnica EDS.

Este anexo sugiere la cantidad de visitas de inspección que se deben llevar a cabo tanto por el personal de mantenimiento de la firma contratista como por el personal Coordinador O&M de GNF, teniendo la tabla 19.

Tabla 19 Visitas de Inspección por Grupo de Trabajo

Total Visitas de Inspección	por EDS		Total	
	GNF	Tercero	GNF	Tercero
Grupo A	3	4	21	28
Grupo B	2	3	40	60
Grupo C	1	1	13	13
Total	6	8	74	101

Los tiempos que debe durar la inspección estarán determinados por las actividades que se deban llevar a cabo.

Anexo F. Rutina de Inspección y visita Técnica en EDS.

Este anexo sugiere las actividades que suman valor durante cada inspección y visita técnica llevada a cabo en la EDS, para el caso del personal técnico de la firma contratista de mantenimiento se sugiere lo indicado en la tabla 20.

Tabla 20 Rutina de Inspección y Visita Técnica Firma Contratista de Mantenimiento

RUTINA DE INSPECCIÓN EN EDS PERSONAL TECNICO DE MANTENIMIENTO FIRMA CONTRATISTA	
EQUIPO	DESCRIPCIÓN
COMPRESOR	Verificar y ajustar lubricación en etapas de compresión
	Verificar y ajustar nivel de aceite en la bomba de lubricación
	Verificar Presión y Temperatura Inter – etapas
	Verificar Fugas de gas en compresor
	Verificar fugas de aceite en compresor
	Realizar purga de los filtros del compresor
	verificar nivel de aceite del Carter
	Verificar ruidos extraños en el compresor
	Verificar paso de gas en cierra paquetes o packing de las etapas
	Realizar Limpieza general del compresor
	Verificar sistema de iluminación interna del compresor
	Verificar soportes, tuberías del compresor
	Verificar estado del serpentín y sus soportes del compresor
	Verificar soporte y componentes del motor principal
	verificar visualmente tensión de las correas
	Verificar con estetoscopio apertura y cierre de válvulas inter - etapas
	Revisar Estanqueidad en válvulas de Alivio
	Verificar Funcionamiento instrumentación del compresor
Verificar funcionamiento actuador de succión y despresurizado	
ALMACENAJE	Verificar presión de arranque y parada del compresor
	Verificar estanqueidad en tuberías, válvulas de control y de alivio
	Verificar funcionamiento actuador de almacenaje
	Realizar Limpieza básica de cilindros
	Verificar fugas en almacenaje

	Verificar funcionamiento de instrumentación
SURTIDOR	Verificar y ajustar presión de llenado en surtidores con patrón de prueba
	Realizar purga a filtros de surtidores
	Verificar estanqueidad en válvula solenoide
	Realizar ajuste en soporte de mangueras y manijas
	Verificar funcionamiento válvulas de carga y hacer mantenimiento
	Limpieza Básica de surtidor
	Verificar fugas de Gas en surtidor
	Verificar funcionamiento de instrumentación
ERM	Verificar estanqueidad de válvulas y reguladores
	Verificar funcionamiento de instrumentación
	Verificar estado de la Regulación
	Verificar Funcionamiento del actuador de la ERM
	Verificar Estado de la filtración
TABLERO DE CONTROL	Verificar Corriente Máxima y nominal del motor del compresor
	Verificar voltajes de entrada y de salida de la UPS
	Verificar Corriente Máxima y nominal del motor del ventilador
	Verificar temperaturas de línea
GENERAL	Calcular Rendimiento del equipo compresor en m3/hora
	Calcular Balance de la EDS
	Medir la cantidad de aceite disponible en el dique
	Calcular consumo de energía activa y reactiva

Todas las actividades llevadas a cabo deben ser registradas y documentadas en los formatos establecidos por la firma contratista, que contengan información relevante de las actividades llevadas a cabo, ahora bien, para el caso de la inspección de auditoría llevada a cabo por personal Coordinador O&M de GNF, se establece la rutina mostrada en la tabla 21.

Tabla 21 Rutina de Inspección y Visita Técnica Coordinador O&M GNF

RUTINA DE INSPECCIÓN EN EDS PERSONAL COORDINADOR O&M GAS NATURAL FENOSA	
EQUIPO	DESCRIPCIÓN
COMPRESOR	Verificar lubricación en etapas de compresión
	Verificar y ajustar nivel de aceite en la bomba de lubricación
	Verificar Presión y Temperatura Inter - etapas
	Verificar Fugas de gas en compresor
	Verificar fugas de aceite en compresor
	Realizar purga de los filtros del compresor
	verificar nivel de aceite del Carter
	Verificar ruidos extraños en el compresor
	Verificar sistema de iluminación interna del compresor
	Verificar soportes, tuberías del compresor
	Verificar estado del serpentín y sus soportes del compresor
	Verificar Funcionamiento instrumentación del compresor
	verificar visualmente tensión de las correas
ALMACENAJE	Verificar presión de arranque y parada del compresor
	Verificar estanqueidad en tuberías, válvulas de control y de alivio
	Verificar funcionamiento actuador de almacenaje
	Verificar funcionamiento de instrumentación
	Verificar fugas en almacenaje
SURTIDOR	Verificar presión de llenado en surtidores con patrón de prueba
	Verificar fugas de Gas en surtidor
	Verificar funcionamiento de instrumentación
ERM	Verificar estanqueidad de válvulas y reguladores
	Verificar funcionamiento de instrumentación
	Verificar estado de la Regulación
	Verificar Funcionamiento del actuador de la ERM
	Verificar Estado de la filtración
GENERAL	Calcular Rendimiento del equipo compresor en m3/hora
	Calcular Balance de la EDS
	Medir la cantidad de aceite disponible en el dique
	Calcular consumo de energía activa y reactiva

Anexo G. Formato Histórico de Datos EDS GNV (Control Operativo).

El siguiente modelo de formato sugiere un orden que se debe tener para ingresar los datos captados en el formato IVT que realiza cada coordinador O&M durante su visita de seguimiento a la EDS, igualmente realiza ajuste de color y un análisis sencillo a los parámetros ingresados, los cuales deben estar dentro de cierto intervalo de operación, el modelo sugiere lo siguiente:

Fecha:	Horometro	Manguera # 1		Manguera # 2		Manguera # 3		Manguera # 4		Manguera # 5		Manguera # 6		Total Mangueras	Unidad Correctora
		Total Manguera	Presion de Llenado	Total Manguera	Presion de Llenado	Total Manguera	Presion de Llenado	Total Manguera	Presion de Llenado	Total Manguera	Presion de Llenado	Total Manguera	Presion de Llenado		

Medidor	Balance	Extintores	Estacion de Regulacion y Medicion				Compresor								
			Estatica		Dinamica		Presiones				Temperaturas				
			Pin:	Pout:	Pin:	Pout:	1rain:	1raOut:	2daOut:	3raOut:	Almc:	1ra:	2da:	3ra:	

Lubricacion					Correas	Parametros de Rendimiento Equipo Compresor					Arranques	
1ra:	Emp:	2da:	Emp:	3ra:		0 segundos	60 segundos	120 segundos	180 segundos	Rend Prom (m3/h)	Total	Prom Dia

Carter				Almacenaje				Motor	
				Manometro		Transductor			
Manometro		Transductor		Arranque	Parada	Arranque	Parada	Frec. Red.	Corriente