



DATA CIENCIA

REVISTA MULTIDISCIPLINARIA
ELECTRÓNICA

ENERO - ABRIL 2019
VOL. 2 AÑO 1



UNIVERSIDAD
DEL ZULIA



DATA CIENCIA



IECS LLC
INTERNATIONAL EDUCATIONAL
CONSULTING SERVICES LLC

REVISTA ELECTRÓNICA DE LA
UNIVERSIDAD DEL ZULIA



**UNIVERSIDAD
DEL ZULIA**

**Núcleo Costa Oriental del Lago
Coordinación de Postgrado e Investigación
Cabimas - Venezuela**

DATA CIENCIA

REVISTA MULTIDISCIPLINARIA ELECTRÓNICA

Vol. 2. N°1 Enero - Abril 2019

Tipos de mantenimiento en las plantas compresoras de gas del municipio Simón Bolívar

Robinson Rodríguez
robinson_rt13@hotmail.com

Resumen

El estudio se centró en identificar los tipos de mantenimiento aplicados en las plantas compresoras de gas del municipio Simón Bolívar. Teóricamente se sustentó con los aportes de Becerra (2005), Torres (2006), García (2009) y Nava (2009), entre otros. Metodológicamente se enmarcó como descriptiva, con diseño no experimental, transeccional y de campo. La población quedó constituida por las plantas compresoras de gas complejo norte TJ3 y TJ4, complejo centro LL1 Y LL4, complejo sur TJ2 Y TJ6, cuyos sujetos informantes fueron superintendentes de mantenimiento y supervisores mayor de mantenimiento, con un total de treinta y cuatro (34) personas. Para la recolección de datos se aplicó la técnica de la encuesta, a través del uso de un cuestionario contentivo de 18 ítems, utilizando una escala dicotómica. La validación del instrumento se realizó mediante el juicio de cinco (5) expertos en el área. La confiabilidad se calculó a través del coeficiente Kuder y Richardson, donde se obtuvo como valor de confiabilidad total del instrumento 0,99, al incluir todos los ítems. El análisis de los datos se realizó mediante la estadística descriptiva, a través del estudio de las frecuencias registradas. Se concluye del análisis realizado, que en las plantas bajo estudio se realizan de forma alterna el mantenimiento rutinario, por averías, circunstancial, correctivo, preventivo y predictivo. Siendo el correctivo, preventivo y predictivo los que presentaron alta presencia, y los otros (rutinario, por averías, circunstancial) muestran moderada presencia.

Palabras clave: Tipos de mantenimientos, rutinario, por averías, circunstancial, correctivo, preventivo, predictivo, plantas compresoras de gas

Types of maintenance in the gas compressor plants of the Simón Bolívar municipality

Abstract

The study focused on identifying the types of maintenance applied in gas compression plants of the Simón Bolívar municipality. Theoretically, it was based on the contributions of Becerra (2005), Torres (2006), García (2009) and Nava (2009), among others. Methodologically it was framed as descriptive, with no experimental, transectional and field design. The population was constituted by the northern complex gas compressor plants TJ3 and TJ4, complex center LL1 and LL4, southern complex TJ2 and TJ6, whose reporting subjects were maintenance superintendents and maintenance supervisors, with a total of thirty-four (34) people. For data collection, the survey technique was applied, through the use of a 18-item content questionnaire, using a dichotomous scale. The validation of the instrument was made through the trial of five (5) experts in the area. Reliability was calculated using the Kuder and Richardson coefficient, where the total reliability of the instrument was 0.99, when all the items were included. The analysis of the data was carried out through descriptive statistics, through the study of the registered frequencies. It is concluded from the analysis carried out that in the plants under study alternate maintenance is carried out routinely, for breakdowns, circumstantial, corrective, preventive and predictive. Being the corrective, preventive and predictive those that presented high presence, and the others (routine, due to breakdowns, circumstantial) show moderate presence

Keywords: Types of maintenance, routine, breakdowns, circumstantial, corrective, preventive, predictive, gas compressor plants

Introducción

Las últimas dos décadas se han caracterizado por notables cambios en la economía mundial, cuya tendencia es hacia una mayor exigencia de los mercados en cuanto al mejoramiento continuo de los procesos y productos así como los servicios ofrecidos por las empresas. Esto ha obligado a las organizaciones, a contar con sistemas adecuados que permitan lograr una efectiva operatividad de sus equipos, de modo que la misión organizacional satisfaga las exigentes demandas de los clientes.

Así las cosas, el mantenimiento ha llegado a convertirse en una función importante para que toda organización logre un máximo de rentabilidad, donde cada una de las operaciones inmersas dentro de la función permita dar un uso adecuado a los activos fijos logrando alargar su vida útil, convirtiendo las actividades de trabajo más rápidas y eficaces. Puede entonces conceptualizarse al mantenimiento, de acuerdo a Becerra (2005: p. 32), como:

"el conjunto de acciones que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual el mismo pueda desplegar la función requerida o las que venía desplegando hasta el momento en que se dañó, en caso que haya sufrido alguna rotura que hizo que necesite del pertinente mantenimiento y arreglo. Entre estas acciones de restauración se incluyen no solamente las técnicas sino también las administrativas que correspondan".

En este sentido, Cáceres (2005) describe que su importancia radica en los beneficios que genera su aplicación, principalmente en cuanto a la disponibilidad que deben presentar los equipos para prestar los servicios a los cuales se encuentran asignados, el aprovechamiento de los recursos físicos y financieros, la disminución de fallas o paros de modo imprevisto y el aumento de la confiabilidad.

De esta manera, surge la gestión de mantenimiento como aquellas actividades de diseño, planificación y control, destinadas a minimizar todos los costes asociados al mal funcionamiento de los equipos, en donde las empresas tienen latente el reto de cómo mejorar sus actividades de mantenimiento para ser más sostenibles.

En este sentido, para Rodríguez (2008) la gestión de mantenimiento implica disponer de metodologías que involucren sistemas de información y una acción cíclica de mejora constituida por auditorías de los puntos críticos de éxito, planificación a la medida y ejecución del plan de trabajo definido aplicando las herramientas de gestión apropiadas.

Por lo tanto, es necesario gestionar correctamente las necesidades y/o prioridades de la función de mantenimiento, para lograr los resultados adecuados, a través de la mejora en cuanto a la eficacia y eficiencia de procesos para alcanzar la excelencia operativa, cuyo fundamento básico se refiere a ofrecer servicios a un precio competitivo mediante el equilibrio entre la calidad y la funcionalidad siendo la idea principal brindar el mejor costo total.

Cabe destacar que las organizaciones petroleras no escapan de esta realidad, es por ello que se puede analizar la eficiencia de las mismas para el control de mantenimiento. Particularmente, dentro de la empresa petrolera estatal Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA), específicamente en el ámbito de la Costa Oriental del Lago, una de las ramas que requiere mayor atención, en cuanto al área de mantenimiento es el referido a las plantas compresoras de gas ubicadas en Tía Juana municipio Simón Bolívar, donde se realizan los procesos de compresión de gas, proveniente de las áreas o campos para ser enviado a una presión de trabajo óptima a los pozos y así aprovechar al máximo el yacimiento.

Dicha aseveración surge de la observación del investigador, como sujeto participante de sus procesos, que le ha permitido detectar desviaciones en el sistema de gestión de mantenimiento al momento de revisar sus indicadores, lo cual acarrea pérdidas tanto de dinero como de tiempo. Por otra parte, a través de entrevistas no estructuradas realizadas al personal de mantenimiento, se pudo conocer que no se cumplen actividades de mantenimiento en las plantas ya que no se tiene ventana operacional o plantas que sustenten la producción de gas comprimido mientras sacan equipos de operación para mantenimiento.

Bajo esta óptica, surge la inquietud del investigador de identificar los tipos de mantenimiento aplicados en las plantas compresoras de gas del municipio Simón Bolívar, a fin de poder detectar sus debilidades, al comparar la manera como se aplican en estas plantas y el deber ser planteado por autores de reconocida trayectoria en el área. De tal forma, se pretende brindar un aporte para que las plantas bajo estudio fortalezcan sus ventajas competitivas con base a una adecuada gestión de mantenimiento.

Mantenimiento

La Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) publicó en 1993 la norma COVENIN 3049-93, en la cual se define al mantenimiento como el conjunto de acciones que permite conservar o restablecer un sistema productivo a un estado específico para que pueda cumplir un servicio determinado. Por su parte Perozo (2007), lo define como el trabajo generado para conservar y/o restaurar los equipos a un estándar requerido de operación, mediante la aplicación de métodos y técnicas especializadas, con el objeto de preservar la continuidad de los procesos productivos y sustentar la rentabilidad operacional.

También Duffuaa y col. (2010) lo describen como la combinación de todas las acciones técnicas y acciones asociadas mediante las cuales un equipo o un sistema se conserva o repara para que pueda realizar sus funciones específicas. A partir de los criterios formulados por la norma y autores citados, en relación al concepto de mantenimiento, el investigador deduce que el mantenimiento es el conjunto de actividades mediante las cuales los equipos o maquinarias se conservan o reparan para generen la rentabilidad operacional esperada, pudiendo preservar la continuidad de los procesos productivos.

Tipos de mantenimiento

Nava (2008) afirma que anteriormente las organizaciones se limitaban a efectuar las tareas de mantenimiento luego que el equipo fallaba, o en ciertos casos se realizaban las reparaciones y cambios de piezas poco antes de que la falla ocurriera. Según el autor citado, en la era actual existen variados tipos de mantenimiento para hacer frente a los posibles problemas que puedan presentarse en las instalaciones de operaciones, centrado su atención no solo en corregir luego de la aparición de la falla, sino actuando antes de la aparición de las mismas, tomando en cuenta ciertos factores como: simplicidad de diseño, análisis de funcionamiento, entre otros.

En este orden de ideas, para Torres (2006) la mayor parte de lo que se ha escrito hasta ahora sobre tipos de mantenimiento, hace referencia, básicamente, a cuatro tipos de mantenimiento: predictivo, preventivo, correctivo y proactivo. En una organización estos cuatro tipos no son excluyentes, sino cuando se plantea la estrategia, normalmente la respuesta es una combinación de los tipos de mantenimiento anteriores.

Por su parte, García (2009) expone que el mantenimiento es una actividad dinámica donde actúan gran cantidad de variables dentro de un patrón signado por la aleatoriedad, en efecto, nada es estático, ni predecible fácilmente. La dinámica de esta actividad puede ser gestionada de mejor manera a través de un sistema de varios tipos de mantenimiento. En tal sentido, los tipos de mantenimientos que define son rutinarios, por averías, circunstancial, correctivo, preventivo y predictivo.

Por su parte, Patton (2009) define el mantenimiento como la disciplina cuya finalidad consiste en mantener las máquinas y equipos en un estado de operación, lo que incluye servicio, pruebas, inspecciones, ajustes, reemplazo, reparación, reinstalación, calibración y reconstrucción. Para este autor, principalmente se basa en el desarrollo de conceptos, criterios y técnicas requeridas para el mantenimiento, proporcionando una guía de políticas o criterios para toma de decisiones en

la administración y aplicación de programas de mantenimiento. Bajo esta concepción postula que puede ser aplicado de tres (03) formas correctivo, preventivo y predictivo.

En este sentido, Becerra (2005) establece que para una gestión efectiva y eficiente, es necesario plantear estrategias en el mantenimiento, bajo la consideración de las características de las fallas, como aspecto básico para la selección del tipo de tácticas de mantenimiento, determina que estas tácticas deben obedecer a los siguientes principios: correctivo, preventivo y circunstancial.

A la luz de las definiciones expuestas, el investigador deduce que, existen diversas definiciones sobre los tipos de mantenimiento en las situaciones operacionales, lo cual, hace difícil unificar criterios al respecto. Sin embargo, independiente de la percepción de cada autor, el tipo de mantenimiento se establece en función de las estrategias de mantenimiento que relacionan el momento de ocurrencia de las fallas y el momento de ejecución de la labor. A continuación se presentan los tipos de mantenimiento considerados en la investigación, y que se apegan a las propuestas por García (2009): rutinario, por averías, circunstancial, correctivo, preventivo y predictivo.

Rutinario

Para García (2009), la responsabilidad de este mantenimiento la tienen los propios operarios de máquinas, estableciendo el vínculo sobre problemas correctivos de muy fácil resolución y de mantenimientos preventivos de nivel básico. Se ahorra tiempo de espera del personal encargado y el conocimiento de la máquina es mayor por parte del operario.

Bajo esta perspectiva, la Norma COVENIN 2500-93 indica que se debe contar con una infraestructura y procedimientos para que las acciones de mantenimiento rutinario se ejecuten en forma organizada, así como también un programa de stock de materiales y herramientas de mayor uso para la ejecución de este tipo de mantenimiento.

Ahora bien, para Becerra (2005) es el que comprende actividades tales como: lubricación, limpieza, protección, ajustes, calibración u otras; su frecuencia de ejecución es hasta periodos semanales, generalmente es ejecutado por los mismos operarios de los sistemas productivos y su objetivo es mantener y alargar la vida útil de dichos sistemas productivos evitando su desgaste.

El investigador es de la tendencia que, el mantenimiento rutinario es aquel donde se dan las instrucciones para atender al equipo en forma muy frecuente y estable; se basa en el concepto de que mientras mejor atendida esté la máquina, su funcionamiento será óptimo. La organización de mantenimiento tiene preestablecidas las actividades diarias y hasta semanales que se van a realizar, asignando los ejecutores responsables para llevar a cabo dichas acciones.

Por averías

De acuerdo al postulado de Becerra (2005) el mantenimiento por averías se define como la atención a un sistema productivo cuando aparece una falla. Su objetivo es mantener en servicio adecuadamente dichos sistemas, minimizando sus tiempos de parada. Es ejecutado por el personal de la organización de mantenimiento. La atención a la falla debe ser inmediata, y por tanto no da

tiempo a ser programada, implica el aumento en costos y de paradas innecesarias de personal y equipos.

Según la Norma COVENIN 2500-93, en el tipo de mantenimiento por averías la organización debe estar en capacidad de atender de una forma rápida y efectiva cualquier falla que se presente, manteniendo el sistema en servicio, logrando funcionamiento a corto plazo, minimizando los tiempos de parada, utilizando reportes de fallas, órdenes de trabajo, salida de materiales, órdenes de compra y requisición de trabajo, que faciliten la atención oportuna al objeto averiado.

Asimismo, la norma indica que debe realizarse la adecuada recolección, depuración, almacenamiento, procesamiento y distribución de la información que se derive de las averías, así como, analizar las causas que las originaron con el propósito de aplicar mantenimiento preventivo a mediano plazo o eliminar la falla mediante mantenimiento correctivo.

Para el investigador, este tipo de mantenimiento es ejecutado por la organización de mantenimiento (mano de obra especializada) para lograr funcionamiento a corto plazo de los equipos, subsanando las fallas que se producen al azar, siempre buscando el registro de la información para futuros análisis que ayudarán en la toma de decisiones y auditorías de proceso.

Circunstancial

Para García (2009), este tipo de mantenimiento es una mezcla entre rutinario, programado, por avería y correctivo, ya que por su intermedio se ejecutan acciones de rutina pero no tienen un punto fijo en el tiempo para iniciar su ejecución porque los sistemas atendidos funcionan de manera alterna.

Bajo estas premisas, de acuerdo a la Norma COVENIN 3049-93, la ejecución de las actividades de mantenimiento en forma circunstancial o alterna está dentro de los planes de la organización de mantenimiento y ejecución de estas actividades, en coordinación con el departamento de producción y otros entes de la organización.

Al mismo tiempo, la Norma COVENIN 2500-93 establece que dentro de la programación de actividades de mantenimiento a ejecutarse, cada una de ellas posee la debida y correspondiente prioridad, frecuencia y tiempo de ejecución en forma racional, con cierta elasticidad para atacar las fallas y se tienen previstos los sistemas que sustituirán a los equipos desincorporados por efectos de los mismos.

De acuerdo al postulado de Becerra (2005), este tipo de mantenimiento se lleva a cabo para verificar o detectar si el sistema productivo está funcionando, a través, de los chequeos funcionales o labores para encontrar fallas. Basado en la búsqueda de fallas ocultas o no revelables (no identificadas). Implica el análisis de los modos de fallas, que indiquen hallazgos de síntomas, señalando a través de una demostración palpable la presencia de problemas u oportunidades.

Desde el punto de vista del investigador, este tipo de mantenimiento es una mezcla entre rutinario, programado, avería y correctivo ya que por su intermedio se ejecutan acciones de rutina pero no tienen un punto fijo en el tiempo para iniciar su ejecución, porque los sistemas atendidos funcionan de manera alterna. Se aplica a los sistemas que sirven de apoyo al proceso, sus actividades se encuentran

programadas y la decisión de ejecutarlas no depende de la organización de mantenimiento sino de otros entes o factores de la organización.

Correctivo

El mantenimiento correctivo es aquel que se ocupa de la reparación una vez se ha producido el fallo y el paro súbito de la máquina o instalación (Nava, 2009). Dentro de este tipo de mantenimiento se contemplan dos enfoques: el paliativo o de campo (de arreglo) que se encarga de la reposición del funcionamiento, aunque no quede eliminada la fuente que provocó la falla; y el curativo (de reparación) que se encarga de la reparación propiamente, pero eliminando las causas que han producido la falla. En este marco, Patton (2009) considera que el correctivo es aquel realizado sin un plan de actividades, ni actividades de reparación, es resultado de la falla o averías.

Por su parte, Perozo (2007) explica que consiste en corregir una falla y la(s) causa(s) que la originan en un equipo después de un análisis de falla, es allí donde se planifica y se programa la reparación. Afirma este autor que, la organización cuenta con infraestructura y procedimientos para que las acciones de mantenimiento correctivo se lleven en forma planificada.

Este tipo de mantenimiento de acuerdo a la Norma COVENIN 2500-93, cuenta con programas, planes, recursos y personal para ejecutar este tipo de mantenimiento de la forma más eficiente y eficaz posible. La implantación de programas de mantenimiento correctivo se realiza en forma progresiva. La organización posee un sistema de control que posee todos los formatos, planillas o fichas de control de materiales, repuestos y horas-hombres, se evalúa la eficiencia y cumplimiento de los programas establecidos con la finalidad de introducir los correctivos necesarios.

De acuerdo al postulado de García (2006), este tipo de mantenimiento es la actividad desarrollada para corregir una falla presentada en un equipo o sistema después de un paro no previsto. Las características más resaltantes son presencia de un carácter urgente; necesidad de una solución inmediata para evitar pérdidas de tiempo, pérdidas de producción y pérdidas de dinero.

De acuerdo a los diferentes planteamientos, el investigador considera que este tipo de mantenimiento se basa fundamentalmente en los datos recabados a lo largo del proceso de la gestión, y sobre todo en los que se registran debido a fallas ya que luego de analizada la información sobre las averías, se busca eliminar la falla y la ejecución de trabajos o de actividades de en el mediano plazo.

Preventivo

Para el mantenimiento preventivo, las definiciones que actualmente se encuentran se caracterizan porque se interviene el equipo antes de que se presente el paro o falla. En este sentido, García (2006) define el mantenimiento preventivo como el conjunto de actividades programadas a equipos en funcionamiento que permiten en la forma más económica, continuar su operación eficiente y segura, con tendencia a prevenir las fallas y paros imprevistos. Así pues, un programa de mantenimiento preventivo incluye dos (02) actividades básicas. La primera es la inspección periódica de los equipos de

planta, para descubrir las condiciones que conducen a paros imprevistos de producción. La segunda conservar la planta para anular dichos aspectos, adaptarlos o repararlos cuando se encuentren aún en etapa incipiente.

En este orden de ideas, Arata (2009) define el mantenimiento preventivo como la acción realizada con el fin de reducir o evitar la falla, o la caída del desempeño, obedeciendo a un plan previamente elaborado, basado en intervalos de tiempo definidos. A su vez, para Patton (2009) consiste en realizar actividades con la finalidad de mantener un elemento en una condición específica de operación, por medio de una inspección sistemática, detección y prevención de la falla inminente. En estos conceptos está implícita la necesidad de parada de equipo para realizar un trabajo programado.

Por otro lado, Becerra (2005) expone que es un mantenimiento totalmente planeado que implica la reparación o reemplazo de componentes a intervalos fijos, efectuándose para hacer frente a fallas potenciales, es decir, ejecuta acciones orientadas a dirimir las consecuencias originadas por condiciones físicas identificables, que están ocurriendo o podrían ocurrir y, conducirían a fallos funcionales de los sistemas productivos.

De acuerdo a la Norma COVENIN 2500-93, la organización tiene establecido lograr efectividad del sistema asegurando la disponibilidad de objetos de mantenimiento mediante el estudio de confiabilidad y mantenibilidad. Se dispone de los recursos para determinar la frecuencia de inspecciones, revisiones y sustituciones aplicando incluso métodos estadísticos, mediante la determinación de los tiempos entre fallas y de los tiempos de paradas. Cabe señalar que este tipo de mantenimiento es menos costoso que el correctivo y con menos tiempo de parada, al estar dentro de una planificación.

Asimismo, la norma indica que las actividades de mantenimiento preventivo están programadas en forma racional, esto permite al sistema la elasticidad necesaria para llevar a cabo las acciones en el momento conveniente, no interferir con las actividades de producción y disponer del tiempo suficiente para los ajustes donde se requiera la programación. La implantación se realiza en forma progresiva.

Para el investigador, este tipo de mantenimiento planifica y programa con el objeto de ajustar, reparar o cambiar partes en equipos, antes de la ocurrencia de una falla o daños mayores, eliminando o reduciendo al mínimo los costos, es decir, es necesario establecer controles con la finalidad de aumentar la productividad. Así, consiste en programar revisiones de los equipos, apoyándose en la experiencia y los históricos obtenidos de las máquinas y equipos. Para ello se debe confeccionar un plan y realizar las acciones necesarias (engrasar, cambiar correas, desmontaje, limpieza, entre otros).

Predictivo

Este tipo de mantenimiento se basa en predecir la falla antes de que ésta se produzca. Se trata de conseguir adelantarse al momento en que el equipo deja de trabajar en sus condiciones óptimas. Para conseguirlo se utilizan herramientas y técnicas de monitores de parámetros físicos. De acuerdo a Nava (2008), el mantenimiento predictivo involucra actividades que se desarrollan para detectar cualquier anomalía en un equipo en funcionamiento, aplicando la tecnología para la interpretación

de datos, obtenidos a través de un diagnóstico previo, con instrumentos colocados en diferentes partes del equipo o bien sea por toma de muestras.

Afirma Nava (2009) que este tipo de mantenimiento engloba todas las actividades que permiten conocer o detectar fallas mecánicas u operacionales de los equipos en su fase inicial, mediante análisis realizados con equipos especiales. Las fallas son detectadas sin necesidad de detener el funcionamiento de los equipos. Por su parte, Sarzosa (2005) afirma que el mantenimiento predictivo consiste en reemplazar o reparar partes, piezas, componentes o elementos, justo antes que empiecen a fallar o a dañarse.

Ahora bien, a juicio de García (2006), el mantenimiento predictivo se define como el conjunto de actividades, programadas para detectar las fallas de los equipos por revelación antes que sucedan, con los equipos en operación y sin perjuicio de la producción, usando aparatos de diagnóstico y pruebas no destructivas. Aunque existen diversas técnicas adicionales de aplicación como radiografía, termografía o termovisión, mecanálisis de ruidos y otras pruebas no destructivas, se ha generalizado que este tipo de mantenimiento está basado en la medición y análisis de vibraciones, y que toma como principio el hecho de que si una máquina se encuentra en buenas condiciones de operación no debe ser intervenida.

De acuerdo al investigador, es el mantenimiento planificado y programado basándose en análisis técnicos así como en la condición del equipo antes de ocurrir una falla, sin detener el funcionamiento normal del equipo, para determinar la expectativa de vida de los componentes y reemplazarlos en tiempo óptimo con mínimos costos. Engloba las actividades que se desarrollan para detectar y evaluar el desarrollo de posibles fallas en un equipo a través de la interpretación de ciertos parámetros, tomados como datos obtenidos en un equipo en funcionamiento con instrumentos colocados en las máquinas. Se basa en el control de la condición de funcionamiento de los equipos o maquinarias, y basándose en resultados, se realizan acciones de reparación o cambios

Aspectos metodológicos

De acuerdo con los objetivos planteados, esta investigación es de tipo descriptiva, debido a que su propósito se centró en identificar los tipos de mantenimiento aplicados en las plantas compresoras de gas del municipio Simón Bolívar. Al respecto, Tamayo (2009) expone que la investigación descriptiva trabaja sobre realidades de hecho y su característica esencial es presentar una interpretación correcta.

Una vez establecido el tipo de investigación se plantea el diseño de la misma, el cual se refiere al plan o estrategia que se desarrollará para obtener la información, analizar los datos que permitan dar respuesta a las preguntas formuladas y alcanzar los objetivos o intereses trazados.

En este sentido, este estudio se ubica como una investigación no experimental, transeccional y de campo, debido a que los tipos de mantenimiento, se describieron tal y como se presentaba en las plantas compresoras de gas complejo norte TJ3 y TJ4, complejo centro LL1 Y LL4, complejo sur TJ2 Y TJ6, cuyos sujetos informantes fueron 17 superintendentes de mantenimiento y 17 supervisores mayor de mantenimiento.

Para la recolección de la información necesaria se aplicó como técnica de recolección de datos la encuesta y como instrumento un cuestionario, compuesto por 18 ítems bajo una escala dicotómica

(Si o No). La validación del mismo se realizó mediante el juicio de cinco (5) expertos en el área y su confiabilidad se calculó a través del coeficiente Kuder y Richardson, donde se obtuvo como valor de confiabilidad total del instrumento 0,99.

Una vez recogida la información, el análisis estadístico de los datos se realizó a través de la estadística descriptiva, que permitió caracterizar cada una de los tipos de mantenimiento, a través del uso de las frecuencias absolutas y relativas. Para interpretar los resultados se construyó un baremo, el cual se recoge en el cuadro 1.

Cuadro 1. Baremo de interpretación de la frecuencia

RANGO PARA FRECUENCIA RELATIVA	
$SI \geq 70\%$	Alta presencia
$40\% \leq SI < 70\%$	Mediana presencia
$SI < 40\%$	Baja presencia

Fuente: Elaboración propia (2019)

Análisis de los resultados

Con el propósito de demostrar coherencia interna, se presentan los resultados para cada uno de los tipos de mantenimiento, una vez realizada la recolección y el tratamiento de los datos obtenidos. A tal efecto, en la tabla 1 se muestran las proporciones de respuestas correspondientes a los ítems 1, 2 y 3, del indicador rutinario.

Se evidencia que el 66,67% de los encuestados optaron por la opción afirmativa, indicando, según el baremo, moderada presencia del tipo de mantenimiento rutinario en las plantas compresoras de gas bajo estudio. Se aprecia, además, que para el 93,33% las acciones de mantenimiento están programadas de manera que el tiempo de ejecución no interrumpa el proceso productivo.

Mientras, para el 60% se posee una adecuada infraestructura para que las acciones de mantenimiento rutinario se ejecuten en forma organizada, y para el 46,67% afirma que cuentan con un programa de stock de materiales de mayor uso para la ejecución del mantenimiento, otorgándole a estos aspectos moderada presencia dentro de su gestión.

Tabla 1. Rutinario

TIPO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO		RESPUESTAS / ESCALA DICOTÓMICA						BAREMO
		SI		NO		TOTAL		
N°	Ítem	Fa	Fr	Fa	Fr	n	%	
1	¿Poseen una adecuada infraestructura para que las acciones de mantenimiento rutinario se ejecuten en forma organizada?	9	60,00	6	40,00	15	100	Moderada presencia
2	¿Cuentan con un programa de stock de materiales de mayor uso para la ejecución del mantenimiento?	7	46,67	8	53,33	15	100	Moderada presencia
3	¿Las acciones de mantenimiento están programadas de manera que el tiempo de ejecución no interrumpa el proceso productivo?	14	93,33	1	6,67	15	100	Alta presencia
	Totales	10	66,67	5	33,33	15	100	Moderada presencia

Fuente: Elaboración propia (2019)

Los resultados constatan que, las actividades correspondientes al mantenimiento rutinario poseen moderada presencia dentro de gestión estudiada, por ello, se deduce que hay mediana congruencia con lo expuesto en la Norma COVENIN 2500–93, donde se establece que se debe contar con una infraestructura y procedimientos para que las acciones de mantenimiento rutinario se ejecuten en forma organizada, así como también un programa de stock de materiales y herramientas de mayor uso para la ejecución de este mantenimiento. Además, las acciones deben estar programadas de manera que el tiempo de ejecución no interrumpa el proceso productivo.

En esta perspectiva, a juicio del investigador, dado que los resultados evidencian moderada presencia el mantenimiento rutinario, en las plantas compresoras de gas estudiadas no se está aprovechando de manera efectiva las bondades de este mantenimiento, obviando que mientras mejor atendida esté la máquina, su funcionamiento será óptimo, considerando que el rutinario es aquel donde se dan las instrucciones para atender al equipo en forma muy frecuente y estable.

En relación al tipo de mantenimiento por averías, en la tabla 2 se aprecia que el 66,67% de los encuestados consideraron que, en las plantas compresoras de gas mecánico bajo estudio, se dan con moderada presencia las actividades.

Tabla 2. Por averías

TIPO DE MANTENIMIENTO POR AVERÍAS		RESPUESTAS / ESCALA DICOTÓMICA						BAREMO
		SI		NO		TOTAL		
N°	Ítem	Fa	Fr	Fa	Fr	n	%	
4	¿La atención del mantenimiento al sistema productivo se realiza cuando aparece una falla?	9	60,00	6	40,00	15	100	Moderada presencia
5	¿Están en capacidad de atender de una forma rápida cualquier falla que se presente manteniendo el sistema en servicio?	12	80,00	3	20,00	15	100	Alta presencia
6	¿Extraen conclusiones de cada parada para realizar la reparación de manera definitiva?	9	60,00	6	40,00	15	100	Moderada presencia
	Totales	10	66,67	5	33,33	15	100	Moderada presencia

Fuente: Elaboración propia (2019)

De tal forma, se tiene moderada presencia de que la atención del mantenimiento al sistema productivo se realice cuando aparece una falla (60%), y extraigan conclusiones de cada parada para realizar la reparación de manera definitiva (60%). Aun cuando, otorgan alta presencia al consultarles si están en capacidad de atender de una forma rápida cualquier falla que se presente manteniendo el sistema en servicio (80%).

Así las cosas, se logra mediana congruencia con lo postulado en la Norma COVENIN 2500-93, donde se declara que en el tipo de mantenimiento por averías la organización debe estar en capacidad de atender de una forma rápida y efectiva cualquier falla que se presente, manteniendo el sistema en servicio, logrando funcionamiento a corto plazo, minimizando tiempos de parada, utilizando reportes de fallas, órdenes de trabajo, salida de materiales, órdenes de compra y requisición de trabajo, que faciliten la atención oportuna al objeto averiado.

A juicio del investigador, dado que en las plantas compresoras de gas analizadas se tiene moderada presencia del mantenimiento por averías, se están desaprovechando las oportunidades que ofrece el mismo, considerando que este tipo de mantenimiento es ejecutado con mano de obra especializada logrando el funcionamiento a corto plazo de los equipos, subsanando fallas que se producen al azar, buscando el registro de la información para futuros análisis que ayudarán en la toma de decisiones y auditorías de proceso.

Seguidamente, la tabla 3 presenta la frecuencia relativa de las respuestas correspondientes a los ítems 7, 8 y 9, indicando que, en las plantas compresoras de gas estudiadas, se realiza con moderada presencia el mantenimiento en la figura circunstancial, arribando al 57,78% de respuestas afirmativas, indicando moderada presencia de las actividades medidas.

Tabla 3. Circunstancial

TIPO DE MANTENIMIENTO CIRCUNSTANCIAL		RESPUESTAS / ESCALA DICOTÓMICA						BAREMO
		SI		NO		TOTAL		
N°	Ítem	Fa	Fr	Fa	Fr	n	%	
7	¿Verifican si el sistema productivo está funcionando a través de chequeos funcionales para encontrar fallas?	12	80,00	3	20,00	15	100	Alta presencia
8	¿Realizan análisis de los modos de fallas que indiquen hallazgos de síntomas señalando a través de una demostración palpable la presencia de problemas u oportunidades?	4	26,67	11	73,33	15	100	Baja presencia
9	¿Al detectar fallas ocultas se produce el mantenimiento que se caracteriza por intervenir cuando surge la ocasión de mejorar un estado?	10	66,67	5	33,33	15	100	Moderada presencia
Totales		9	57,78	6	42,22	15	100	Moderada presencia

Fuente: Elaboración propia (2019)

Los valores mostrados en la tabla evidencian que la actividad señalada en el ítem 8 es la única catalogada con alta presencia, de tal forma, para el 80% de las plantas bajo estudio se verifica si el sistema productivo está funcionando a través de chequeos. Mientras para el 66,67% al detectar fallas ocultas se produce el mantenimiento que se caracteriza por intervenir cuando surge la ocasión de mejorar un estado, otorgándole moderada presencia. Sin embargo, se denota con baja presencia el que realicen análisis de los modos de fallas que indiquen hallazgos de síntomas señalando a través de una demostración palpable la presencia de problemas u oportunidades (26,67%), actividad medida por el ítem 8.

Estos resultados, de moderada presencia del mantenimiento circunstancial, pone de manifiesto mediana coincidencia con lo expresado por Becerra (2005), para quien este tipo de mantenimiento se lleva a cabo para verificar o detectar si el sistema productivo está funcionando, a través, de los chequeos funcionales o labores para encontrar fallas, con base en la búsqueda de fallas ocultas o no revelables (no identificadas). Implica el análisis de modos de fallas, que indiquen hallazgos de síntomas, señalando a través de una demostración palpable la presencia de problemas u oportunidades. En este caso la detección de fallas ocultas produce el mantenimiento de oportunidad, que se caracteriza por intervenir cuando surge la ocasión de mejorar un estado.

A criterio del investigador, esta situación evidencia que en las plantas analizadas, no se presta el debido valor a este tipo de mantenimiento, siendo el mismo una mezcla entre rutinario, programado, por avería y correctivo, ya que por su intermedio se ejecutan acciones de rutina pero no tienen un punto fijo en el tiempo para iniciar su ejecución, porque los sistemas atendidos funcionan de manera alterna.

Los valores promedios mostrados en la tabla 4 revelan que, para el 82,22% de los encuestados las actividades relacionadas al mantenimiento correctivo, dentro de la gestión que se analiza, se

realizan con alta presencia. Esta situación es explicada por los niveles de presencia evidenciados en las actividades involucradas y medidas por los ítems utilizados.

Así entonces, se categoriza con alta presencia el que realicen chequeos rutinarios para corregir fallas aplicando mantenimiento correctivo (86,67%) y corrigen las fallas que se presentan en el momento específico (93,33%). A la par que consideraron que se realiza con moderada presencia el que posean un plan de contingencia ante un evento que amerite ejecutar un mantenimiento correctivo (71,43%).

Tabla 4. Correctivo

TIPOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVOS		RESPUESTAS / ESCALA DICOTÓMICA						BAREMO
		SI		NO		TOTAL		
N°	Ítem	Fa	Fr	Fa	Fr	n	%	
10	¿Realizan chequeos rutinarios para corregir fallas aplicando mantenimiento correctivo?	13	86,67	2	13,33	15	100	Alta presencia
11	¿Poseen un plan de contingencia ante un evento que amerite ejecutar un mantenimiento correctivo?	10	66,67	5	33,33	15	100	Moderada presencia
12	¿Corrigen las fallas que se presentan en el momento específico?	14	93,33	1	6,67	15	100	Alta presencia
	Totales	12	82,22	3	17,78	15	100	Alta presencia

Fuente: Elaboración propia (2019)

Las afirmaciones precedentes validan los postulados de Martínez (2007), para quien en el mantenimiento correctivo se deja que el equipo o sistema continúe operando, hasta que el mismo falle por alguno de sus componentes, que lo inhabilite, para luego tomar la acción de ser reemplazado. Visto así, este mantenimiento consiste en ir reparando las averías a medida que se van produciendo.

En este aspecto, a juicio del investigador, las acciones del mantenimiento correctivo son ejercidas con la presencia adecuada en las plantas compresoras de gas bajo estudio, dado los resultados obtenidos. Esto hace que se esté trabajando acorde a los beneficios que brinda este tipo de mantenimiento, considerando que el mismo se basa en los datos recabados a lo largo del proceso de la gestión, y sobre todo en los que se registran debido a fallas ya que luego de analizada la información sobre las averías, se busca eliminar la falla y la ejecución de trabajos o de actividades de en el mediano plazo.

En el mismo orden de ideas, se presentan en la tabla 5 los resultados para el tipo de mantenimiento preventivo, observándose una concentración de respuestas afirmativas del 75,56%, evidenciando alta presencia, según el baremo diseñado. Los resultados del indicador están determinados por las respuestas dadas a cada ítem, evidenciando altas y moderadas presencias.

Tabla 5. Preventivo

TIPOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVOS		RESPUESTAS / ESCALA DICOTÓMICA						BAREMO
		SI		NO		TOTAL		
N°	Ítem	Fa	Fr	Fa	Fr	n	%	
13	¿Se ejecutan actividades para determinar la condición real de las máquinas examinadas?	9	60,00	6	40,00	15	100	Moderada presencia
14	¿Se analizan las condiciones de los equipos mientras se encuentran funcionando?	11	73,33	4	26,67	15	100	Alta presencia
15	¿Cuenta la empresa con un historial del mantenimiento realizado a todos los equipos?	14	93,33	1	6,67	15	100	Alta presencia
	Totales	11	75,56	4	24,44	15	100	Alta presencia

Fuente: Elaboración propia (2019)

De tal forma que en estas plantas compresoras de gas existe alta presencia en cuanto a si analizan las condiciones de los equipos mientras se encuentran funcionando (73,33%) y cuentan con un historial del mantenimiento realizado a todos los equipos (93,33%). Mientras que, para el 60% se ejecutan actividades para determinar la condición real de las máquinas examinadas, confiriéndole moderada presencia a esta actividad.

De acuerdo a los resultados expuestos, se logra alta congruencia con lo postulado por García (2006), para quien el mantenimiento preventivo es el conjunto de actividades programadas a equipos en funcionamiento que permiten en la forma más económica, continuar su operación eficiente y segura, con tendencia a prevenir las fallas y paros imprevistos.

En palabras del investigador, el mantenimiento preventivo posee en estas plantas compresoras de gas alta presencia, por lo cual se afirma que planifican y programan con el objeto de ajustar, reparar o cambiar partes en equipos, antes de la ocurrencia de una falla o daños mayores, eliminando o reduciendo al mínimo los gastos, es decir, que establecen controles con la finalidad de aumentar la productividad. Así entonces, programan revisiones de los equipos, apoyándose en la experiencia y los históricos obtenidos.

La tabla 6 recoge el comportamiento del tipo de mantenimiento predictivo, evidenciando que, el 84,44% de la población encuestada otorga al mantenimiento predictivo alta presencia en la gestión de mantenimiento que adelantan las plantas compresoras de gas estudiadas.

Tabla 6. Predictivo

TIPOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVOS		RESPUESTAS / ESCALA DICOTÓMICA						BAREMO
		SI		NO		TOTAL		
N°	Ítem	Fa	Fr	Fa	Fr	n	%	
16	¿Detectan las fallas sin necesidad de detener el funcionamiento de los equipos?	13	86,67	2	13,33	15	100	Alta presencia
17	¿Realizan inspecciones periódicas del comportamiento de las máquinas, con el fin de detectar en forma precoz las fallas?	11	73,33	4	26,67	15	100	Alta presencia
18	¿Consideran importante contar con una visión de la condición de los equipos?	14	93,33	1	6,67	15	100	Alta presencia
	Totales	13	84,44	2	15,56	15	100	Alta presencia

Fuente: Elaboración propia (2019)

En específico, para todos los ítems aplicados se arriba a la categoría de alta presencia, evidenciándose que: se detectan las fallas sin necesidad de detener el funcionamiento de los equipos (86,67%); se realizan inspecciones periódicas del comportamiento de las máquinas, con el fin de detectar en forma precoz las fallas (73,33%); y consideran importante contar con una visión de la condición de los equipos (93,33%).

Puede decirse que se validan los postulados de Nava (2009), cuando afirma que este tipo de mantenimiento engloba todas las actividades que permiten conocer o detectar fallas mecánicas u operacionales de los equipos en su fase inicial, mediante análisis realizados con equipos especiales. Las fallas son detectadas sin necesidad de detener el funcionamiento de los equipos.

Para el investigador, los resultados ponen de manifiesto que en las plantas compresoras de gas bajo estudio se valoran las ventajas del mantenimiento predictivo, al brindarle alta presencia en la gestión de mantenimiento. Esto evidencia que, en dicha gestión un elemento crucial de la estrategia son las actividades que se desarrollan para detectar y evaluar el desarrollo de posibles fallas en los equipo a través de la interpretación de ciertos parámetros, con base en el control de la condición de funcionamiento de los equipos o maquinarias y en resultados, para realizar acciones de reparación o cambios.

Finalmente, en este recorrido, en la tabla 7 se presenta el resumen para los tipos de mantenimiento, cuyo promedio para la opción afirmativa es de 72,22%, indicando, según el baremo, que en estas plantas compresoras de gas se dan con alta presencia, en conjunto, los tipos de mantenimiento considerados en el estudio.

Tabla 7. Tipos de mantenimiento

	RESPUESTAS / ESCALA DICOTÓMICA						
	SI		NO				
Tipos	Fa	%	Fa	%	n	%	BAREMO
Rutinario	10	66,67	5	33,33	15	100	Moderada presencia
Por averías	10	66,67	5	33,33	15	100	Moderada presencia
Circunstancial	9	57,78	6	42,22	15	100	Moderada presencia
Correctivo	12	82,22	3	17,78	15	100	Alta presencia
Preventivo	11	75,56	4	24,44	15	100	Alta presencia
Predictivo	13	84,44	2	15,56	15	100	Alta presencia
DIMENSIÓN	11	72,22	4	27,78	15	100	Alta presencia

Fuente: Elaboración propia (2019)

Los resultados evidencian alta congruencia con la teoría manejada, en lo que respecta a lo planteado por Nava (2008) quien afirma que anteriormente las organizaciones se limitaban a efectuar las tareas de mantenimiento luego que el equipo fallaba, o en ciertos casos se realizaban las reparaciones y cambios de piezas poco antes de que la falla ocurriera, pero en la era actual existen variados tipos de mantenimiento para hacer frente a los posibles problemas que puedan presentarse en las instalaciones de operaciones, centrado su atención no solo en corregir luego de la aparición de la falla, sino actuando antes de la aparición de las mismas.

Así mismo valida lo expuesto por García (2008) cuando expone que, el mantenimiento es una actividad dinámica donde actúan gran cantidad de variables dentro de un patrón signado por la aleatoriedad, en efecto, nada es estático, ni predecible fácilmente. La dinámica de esta actividad puede ser gestionada de mejor manera a través de un sistema de varios tipos de mantenimiento. En tal sentido, los tipos de mantenimientos que define son rutinarios, por averías, circunstancial, correctivo, preventivo y predictivo.

En virtud de los resultados, para el investigador, la situación descrita evidencia que, en las plantas compresoras de gas bajo estudio, el tipo de mantenimiento se establece en función de las estrategias de mantenimiento que relacionan el momento de ocurrencia de las fallas y el momento de ejecución de la labor de mantenimiento. Siendo evidente la aplicación de los tipos de mantenimiento tradicionales (correctivo, preventivo y predictivo), aun cuando también consideran los restantes.

Conclusiones

En lo que concierne al objetivo en el cual se identificaron los tipos de mantenimiento aplicados en las plantas compresoras de gas del municipio Simón Bolívar, se concluye que los tipos de mantenimiento aplicados en conjunto tienen alta presencia. En este caso, según los encuestados, en las plantas bajo estudio se realizan de forma alterna el mantenimiento rutinario, por averías, circunstancial, correctivo, preventivo y predictivo. Siendo el correctivo, preventivo y predictivo los

que presentaron alta presencia, y los otros (rutinario, por averías, circunstancial) muestran moderada presencia.

Sin embargo, debe mencionarse que aún con estos promedios altos, hay ciertos aspectos que pudieran ser reforzados, entre ellos, una adecuada infraestructura para las acciones de mantenimiento con un programa de stock de materiales de mayor uso, análisis de los modos de fallas que indiquen hallazgos de síntomas y planes de contingencia que contribuyan a la consolidación de una gestión de mantenimiento efectiva.

Referencias bibliográficas

- Arata, A. (2009). **Ingeniería y gestión de la confiabilidad operacional en plantas industriales**. RIL Editores. Santiago de Chile. Chile.
- Becerra, F. (2005). **Gestión del mantenimiento**. Documento en línea. Disponible en: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/GestionBecerra.pdf>.
- Cáceres, M. (2005). **Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado**. Serie Ingeniería. Editorial Unibooks. México.
- Duffuaa, S.; Raouf, A; Campbell, J. (2010). **Sistemas de mantenimiento. Planificación y control**. Editorial Limusa. México.
- García, O. (2006). **El mantenimiento general**. Asignatura del programa de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Pedagógica y Tecnológica. Colombia.
- García, S. (2009). **Organización y gestión integral de mantenimiento**. Tercera Edición. Ediciones Díaz de Santos S.A. Madrid. España.
- Nava, J. (2008). **Teoría del mantenimiento**. Segunda Edición. Universidad de los Andes. Consejo de publicaciones. Mérida. Venezuela.
- Nava, J. (2009). **Aplicación práctica de la teoría de mantenimiento**. Segunda edición. Editorial Consejo de publicaciones de la Universidad de los Andes. Venezuela.
- Norma Venezolana COVENIN 2500-93. **Manual para evaluar los sistemas de mantenimiento en la industria**. Comité Técnico de Normalización CT-3 Construcción, aprobada por la COVENIN en su reunión N° 124 de fecha 93-12-01. Sustituye totalmente a la Norma Venezolana COVENIN 2500-89. Venezuela.
- Norma Venezolana COVENIN 3049-93. **Mantenimiento. Definiciones**. Comité Técnico de Normalización CT-3 Construcción, aprobada por la COVENIN en su reunión N° 124 de fecha 93-12-01. Venezuela.
- Patton, J. (2009). **Maintainability and Maintenance Management**, 2nd.Ed., Instrument Society of America, USA.
- Perozo, A. (2007). **Mantenimiento industrial**. Cátedra de mantenimiento industrial. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela.
- Rodríguez, P. (2008). **Manual de mantenimiento a la medida**. FC Editorial. España.

- Sarzosa, R. (2005). **Documentación de cátedra. Materia de Mantenimiento Productivo Total (TPM)** dictada para la Carrera de Ingeniería Industrial, Escuela Superior Politécnica. Colombia.
- Tamayo, M. (2009). **El Proceso de la investigación científica**. Quinta edición. Editorial Limusa. México.
- Torres, N. (2006). **Como realizar mantenimiento**. Editorial Norma. Caracas Venezuela.