



Trabajo de Diploma

en opción al Título de Ingeniero Industrial

TÍTULO: Mejora de la gestión de las mediciones en el proceso de Tratamiento y Almacenamiento del Turbo combustible Jet A1, en la Unidad de Negocios Refinería de Cienfuegos

Autor: Frank Machado García

*Tutores: MSc. Ing. Aníbal Barrera García
Msc. Ing. Midíala Hernández Santana*

Año 2013



PETRÓLEOS
CUBA VENEZUELA S.A.

Pensamientos

“La ciencia comienza donde empieza la medición, no siendo posible la ciencia exacta en ausencia de mediciones”

Dmitri Ivánovich Mendeleiev

“Mientras usted no pueda expresar en número lo que habla, no sabe nada al respecto; pero cuando usted puede expresar en números sus pensamientos ha entrado en una nueva etapa del conocimiento científico”

William Thomson



PETRÓLEOS
CUBA VENEZUELA S.A.

Dedicatoria

*A mis **abuelos**, los que viven conmigo el día a día, malcrían y dan una ternura inigualable,
a los que ya no están gracias por regalarme momentos maravillosos de mi infancia, nunca
los voy a olvidar.*

*A mis **padres** los amo y admiro, son un ejemplo para mí, desearía ser como ustedes.*

*A mi **hermana** linda sé que siempre te tendré para apoyarme en todos los momentos de mi
vida.*

*A mi **novia** gracias por toda tu comprensión y amor, realmente eres parte fundamental en
mi vida, te amo.*



PETRÓLEOS
CUBA VENEZUELA S.A.

Agradecimiento

*A mi **abuelo** por todo lo que has hecho por mí y por nuestra familia, gracias por hacerme reír y ser un amigo incondicional para mí, ocupas un lugar inmenso en mi corazón que te lo has sabido ganar, realmente necesitaría diez páginas para ti solo, ya que de ti he aprendido y me he convertido en quien soy, te amo.*

*A mi **abuela** por malcriarme tanto y ser una esclava de mis antojos, realmente te adoro aunque seas una de las personas más peleonera que conozco, pero sé que siempre lo haces velando por mi bienestar y aunque algunas veces te equivoques, nunca te dejaría a un lado de mi vida, te adoro.*

*A mi **mami** linda, eres una mujer extraordinaria la cual emana una dulzura que me cautiva, gracias por darme la vida, no hay mejor madre en el mundo. Eres un ser muy especial, a ti te debo todo, estoy muy feliz de ser tu hijo y quiero que siempre estés orgullosa de mí, te amo.*

*A mi **padre** que siguiendo tus pasos comencé en esta ingeniería con el propósito de ser algún día como tú. Disfruto mucho de tu compañía y de tu afecto. Siempre me brindas apoyo y seguridad. No sabes que regocijo siente mi corazón cada vez que estás a mi lado. Gracias por ser parte de mi vida, te amo.*

*A todos mis **hermanos** gracias por pertenecer a mi vida y en especial a Llaría, siempre te tengo presente pues desde que nací has estado junto a mí. Estoy muy orgulloso de ti, no sabes cuánto me gratifican todas las enseñanzas de arte que me has ofrecido. Gracias por hacerme una persona más preparada y sensible ante la belleza de la vida.*

*A mi **novia** Tania Beatriz, desde el momento que te vi sentí que eras la persona con la cual quería vivir toda la vida. El tiempo ha pasado para los dos y sigo amándote con las mismas fuerzas, mi vida ha cambiado totalmente desde que vivo junto a ti, he dejado de pensar en uno para convertirme en dos. No hay lugar en el mundo en el que quisiera estar sino fuera a tu lado. Gracias por abrirme tu corazón, te amo.*

*A **mimu** y a **Frank Ernesto**, han llegado a ser parte de mi familia, realmente me siento como en mi casa. Soy muy feliz ya que tengo un nuevo hogar, una nueva madre y un*

hermano con los cuales estaré en las buenas y en las malas, siempre podrán contar conmigo
donde quiera que me encuentre. Gracias.

A **Grise** por tu cariño y comprensión. Gracias por tus consejos, por ocuparte de mí y estar
al tanto de todo lo que pasa en mi vida. Soy muy feliz al tenerte, no sé cómo administras
el tiempo para estar al pendiente de tantas personas y poder complacerlas a todas.

Realmente te admiro mucho y te tengo un cariño infinito.

A **Raidel** te has convertido en un amigo para mí. No tengo como agradecerte todos los
cuidados y detalles que tienes con mi mamá y conmigo. Eres la única persona que
aceptaría a su lado ya que nunca dejaría mi diamante en otras manos. Gracias.

A mis **tías y primos** a quienes quiero mucho. No me imagino mi vida sin esos momentos
que paso junto a ustedes que me llenan de satisfacción y júbilo.

A **Aníbal** no sabes cuánto te admiro pues eres una de las personas más consagradas a su
trabajo que conozco. Gracias mi hermano por ayudarme tanto y emplear en mi
investigación tantas horas. Has sido en estos dos años más que mi tutor, mi conciencia,
logrando apurarme y haciéndome trabajar. Espero poder cumplir con tus expectativas ya
que me dolería defraudarte. Siempre podrás contar conmigo, recuerda que en este tiempo
no obtuviste un diplomante sino que conquistaste un nuevo amigo.

A **Midiala** mi bella tutora, gracias por mostrarme un mundo nuevo, por tener tanta
paciencia conmigo y explicarme una y otra vez. Simplemente me siento hijo tuyo ya que
me ofrendaste una ternura y experiencia que creo que pocas personas poseen. Me siento
privilegiado al haber podido contar con alguien como tú. Gracias.

A **Robe** gracias por tu amistad. Las personas sencillas y de buen corazón como tú están
destinadas a triunfar y si en ese largo camino tropiezas, siempre podrás apoyarte en mí.

A **Rache y Luis** gracias por soportarme durante este tiempo y compartir junto a mí esta
travesía universitaria.

*A Lachi, Osmel, Javier, Jorge Luis, Armando, Israel, Rafa, Alejandro, Randel y Michel,
con ustedes disfruté de cinco años inolvidables que espero signifique para ustedes una
experiencia loable.*

*A todos mis profesores que han contribuido a mi formación como ingeniero y a las
personas que han tenido que ver con mi desarrollo de una forma u otra **mil gracias.***



PETRÓLEOS
CUBA VENEZUELA S.A.

Resumen

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la Unidad de Negocio Refinería de Cienfuegos, con el objetivo fundamental de diseñar un procedimiento para la mejora de la gestión de las mediciones en el proceso de Tratamiento y almacenamiento del Turbo combustible Jet A1 mediante el uso de las técnicas relacionadas con la metodología Seis Sigma, que posibilite evaluar y mejorar dicho sistema. Para el cumplimiento del mismo se utilizan entrevistas, observaciones directas, revisión de documentos, estudio de repetibilidad y reproducibilidad, así como técnicas estadísticas propias de este tipo de estudio.

Como resultados fundamentales se determinan los porcentajes de variación debido a reproducibilidad y repetibilidad en diferentes ensayos que intervienen en el proceso objeto de estudio (acidez, color y JFTOT), se determina el número de categorías distintas (nc) que pueden ser distinguidas confiablemente por el sistema de medición, así como un análisis del estado de los instrumentos de medición que se utilizan a lo largo del proceso estudiado, además se realiza un monitoreo al sistema de medición, para lo cual se utiliza la carta de control.

Por último se exponen las conclusiones y recomendaciones que derivan del estudio y que permiten definir una vía de seguimiento adecuada para dar continuidad a la temática desarrollada en la investigación, respondiendo esta al cumplimiento del lineamiento 216 perteneciente a la Política Industrial y Energética.

Palabras claves: Repetibilidad y reproducibilidad, mediciones, instrumentos, Seis Sigma.



PETRÓLEOS
CUBA VENEZUELA S.A.

Summary

SUMMARY

This work was done in the Business Unit Cienfuegos refinery, with the ultimate goal of designing a method for improving the management of the measurements in the process of treatment and storage of Turbo Jet A1 fuel by using related techniques with the Six Sigma methodology that enables to evaluate and improve the system. To fulfill the same with interviews, direct observations, document review, repeatability and reproducibility study and statistical techniques for this type of study.

As fundamental results determine the percentages of variation due to reproducibility and repeatability in the tests involved in the process under study (acidity, color and JFTOT), determine the number of distinct categories (nc) that can be distinguished reliably by measurement system, and an analysis of the state of the measuring instruments that are used throughout the process to also analyzed monitoring is carried to the measurement system, which is used for a control chart.

Finally we present the conclusions and recommendations from the study and to define a suitable path to follow to continue the theme developed in the research, responding to compliance with this guideline 216 belonging to the Industrial and Energy Policy.

Keywords: Repeatability and reproducibility, measurements, instruments, Six Sigma.



PETRÓLEOS
CUBA VENEZUELA S.A.

Índice *Índice*

RESUMEN.....	7
SUMMARY	9
INTRODUCCIÓN	17
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	24
1.1. La gestión de la calidad	25
1.2. Las normas de la familia ISO 9000 y la metrología	28
1.3. Otros sistemas de gestión	29
1.4. Generalidades sobre la metrología como ciencia de las mediciones.....	33
1.5. Gestión de las mediciones	36
1.5.1. Sistema de gestión de las mediciones.....	36
1.6. Análisis de los sistemas de medición	39
1.6.1 Compatibilidad del sistema de gestión de las mediciones con el resto de los sistemas de gestión	40
1.7 Servicio Nacional de Metrología (SENAMET)	40
1.8. Características metrológicas de los instrumentos de medición	43
1.9. Calidad de las mediciones	45
1.10. Aseguramiento metrológico de la provincia.....	47
1.11. Relación entre calidad y metrología	48
1.12 Metodologías de mejoramiento de procesos	49
CAPÍTULO II: PROCEDIMIENTO PARA LA MEJORA DE PROCESOS EN LA GESTIÓN DE LAS MEDICIONES	56
2.1. Caracterización de la entidad objeto de estudio	56
2.2 Procedimiento para la mejora de procesos en la gestión de las mediciones.....	62
Etapa I: Definir	65
Etapa II: Medir.....	69
Etapa III: Analizar	71
Etapa IV: Mejorar.....	71
Etapa V: Controlar.....	72
CAPÍTULO III: APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA LA MEJORA DE LA GESTIÓN DE LAS MEDICIONES EN EL PROCESO DE TRATAMIENTO Y ALMACENAMIENTO DEL JET A1	76
3.1 Aplicación del procedimiento.....	76
Etapa I: Definir	76
Etapa II: Medir.....	88
Etapa III: Analizar las causas raíz	97
Etapa IV: Mejorar.....	100
3.2 Impactos de la investigación.....	108
CONCLUSIONES	111
RECOMENDACIONES.....	113
BIBLIOGRAFÍA.....	115
ANEXOS	122



PETRÓLEOS
CUBA VENEZUELA S.A.

Introducción

INTRODUCCIÓN

En todos los sectores de la actividad técnica, económica, social y científica es necesaria la utilización de los más modernos instrumentos de medición para obtener resultados exactos y confiables. Las mediciones constituyen un elemento importante en el aseguramiento metrológico de la calidad de los productos. Para poder hablar de calidad en un producto es imprescindible que esta sea medida, de aquí la relación indisoluble entre calidad y medición.

La industria moderna y la sociedad con su infraestructura técnica y científica no pueden existir sin una adecuada tecnología de medición acorde con las exigencias modernas. Es reconocido el papel preponderante que juegan las mediciones en toda la economía y su indispensable presencia en la vida cotidiana.

En tal sentido toda empresa que aspire a ser eficiente debe lograr una adecuada calidad en sus mediciones, para lo cual requiere de un conjunto de recursos, estructurados y organizados de tal forma que permitan garantizar la conformidad de la misma.

Para el éxito de esta tarea se requiere articular un sistema que permita que todo objeto de medición sea medido adecuadamente, por lo que se hace necesario equipos de medición que nos trasmitan una información confiable, métodos de medición adecuados, personal capacitado y una base normativa competente.

El aseguramiento de la calidad en los procesos de medición requiere mediciones adecuadas, así como una conveniente trazabilidad a los patrones de medición, lo cual está claramente especificado en las normas internacionales ISO 9000.

En numerosos eventos, tanto nacionales como internacionales de diferentes tipos y alcance, se ha analizado la importancia de la calidad en las producciones y servicios para satisfacer las necesidades siempre crecientes de los clientes.

En los estudios del impacto económico de la metrología efectuados en Estados Unidos, Inglaterra, Canadá y la Unión Europea, muestran que las inversiones ejecutadas por los diferentes gobiernos para establecer una estructura metrológica con reconocimiento internacional, se encuentran entre las inversiones más eficientes y que han producido un alto nivel de recuperación a la sociedad. Las mediciones y las operaciones relacionadas han sido estimadas que corresponden entre el 3 % y el 6 % del Producto Interno Bruto (ONN, 2005).

Los estudios demuestran que los países con mayor nivel de inversión en el campo de la metrología, en relación con el Producto Interno Bruto, son capaces de alcanzar un

desarrollo más avanzado que aquellos que no lo hacen. Esta situación es demostrable por el alcance y desarrollo de mediciones confiables y de mayor exactitud que apoyan los proyectos en las áreas de producción de alta tecnología, seguridad y protección de alimentos, mediciones clínicas y farmacéuticas (ONN 2005).

(Arias Carrazana, 2007) plantea que en la esfera internacional ya se menciona la necesidad de un sistema de medición mundial que garantice la confiabilidad, exactitud y universalidad de las mediciones que requiere el mundo actual.

A pesar de lo anteriormente planteado, en empresas de nuestro país constantemente se detectan deficiencias en el trabajo de metrología que afectan la calidad de las producciones y servicios y por ende, sus economías. Esta situación se debe, en buena medida, a factores subjetivos entre los que se encuentran, la falta de capacitación en la especialidad, el desconocimiento de las funciones que deben realizar las personas que en ella trabajan, la carencia de entidades consultoras sobre este tema y a factores objetivos como la obsolescencia tecnológica y carencia de instrumentos de medición (Arias Carrazana, 2007).

Por la importancia de la comprensión de la metrología en todas las esferas de la vida, se plantea como un aspecto básico la elevación de la cultura metrológica de la sociedad, así como la formación continua y elevación sistemática de los recursos humanos. Para trabajar en función de lo anterior, el gobierno cubano, mantiene funcionando el sistema de la Oficina Nacional de Normalización (ONN), con dependencias en todas las provincias del país.

De forma general, durante las inspecciones y auditorías que se ejecutan en las empresas de las diferentes provincias del país, se detectan deficiencias en las actividades de metrología, que como es lógico, afectan a la calidad de las producciones y servicios que se realizan y prestan a la población, de lo cual la provincia de Cienfuegos no se encuentra excepta de esta situación.

El resultado del esfuerzo realizado para lograr un adecuado trabajo en la metrología en las diferentes empresas de la provincia de Cienfuegos, aún no ha sido suficiente, y en un futuro no lejano, es un problema importante a resolver, con vistas a lograr la gestión de las mediciones en todos los pasos de los procesos de producción o prestación de servicios.

Actualmente en Cuba está vigente la norma NC ISO 10012: 2007 “Sistemas de gestión de las mediciones. Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición”

que constituye un excelente instrumento para ayudar a solucionar los problemas metrológicos que se presentan en las empresas. Sin embargo, a pesar de las deficiencias en las mediciones, prácticamente no se está utilizando.

Situación en la cual se trabaja en la Unidad de Negocios Refinería “Camilo Cienfuegos” como parte de las organizaciones de la provincia de Cienfuegos perteneciente al Ministerio de Energía y Minas. En esta se produce cierta variedad de productos, entre los que se encuentra el Turbo combustible Jet A1, al cual se le realizan un grupo de ensayos para determinar los parámetros a cumplir según las exigencias de las normas y los clientes, para esto intervienen un grupo de instrumentos y procedimientos de trabajo, los cuales repercuten en la calidad final del producto, traduciéndose esta en variables o características de calidad, estando dentro de las de mayor peso la acidez, color y JFTOT, siendo estos parámetros que debe cumplir con más rigor el Turbo combustible Jet A1. En la planta se opera con equipos que tienen trazabilidad y que cumplen con la confirmación metrológica, los cuales son intrínsecamente seguros según lo exige el proceso. Pero al existir diversos análisis, instrumentos, e intervenir cierto número de personas se corre el riesgo que se obtengan mediciones erradas, lo cual conlleva a pérdidas económicas. Durante el año 2011 el Turbo combustible Jet A1 tuvo un precio promedio de \$ 126,297 por barril, por depreciaciones del producto por mala calidad hubo que comercializar como Diesel 20 000 m³, incurriendo en una pérdida de \$ 592 374, así como se incurriría en pérdidas similares si fuese necesario reprocesar dicho producto, denotándose la necesidad de evaluar la calidad de las mediciones.

Basado en los aspectos abordados se plantea el siguiente problema de investigación.

Problema de Investigación

¿Cómo contribuir al mejoramiento de la gestión de las mediciones en los ensayos del Turbo combustible Jet A1 en la Unidad de Negocio Refinería de Cienfuegos, que garantice la calidad del producto?

El **Objetivo General** de la investigación es:

Diseñar un procedimiento para la mejora de la gestión de las mediciones en el proceso de Tratamiento y almacenamiento del Turbo combustible Jet A1 mediante el uso de las técnicas relacionadas con la metodología Seis Sigma, que posibilite conocer la calidad en las mediciones y mejorar dicho sistema.

Para el cumplimiento de este objetivo es necesario llevar a cabo los siguientes **objetivos específicos**:

1. Diagnosticar la gestión de las mediciones en la Unidad de Negocio Refinería “Camilo Cienfuegos”.
2. Diseñar y aplicar un procedimiento que posibilite el mejoramiento de la gestión de las mediciones en los ensayos acidez, color y JFTOT, a través del uso de las técnicas Seis Sigma.
3. Proponer e implantar un programa de mejora que posibilite el perfeccionamiento de la gestión de las mediciones en los ensayos acidez, color y JFTOT del proceso de Tratamiento y almacenamiento del Turbo combustible Jet A1.

La **justificación de la investigación** está dada por los beneficios que aporta la aplicación de este procedimiento, entre los que se encuentran la descripción del sistema de gestión de las mediciones, realización de estudios de repetibilidad y reproducibilidad de los ensayos acidez, color y JFTOT del Jet A1, evaluación de la confirmación metrológica de todos los instrumentos que intervienen en el proceso bajo estudio, evaluación de las especificaciones técnicas del Jet A1, específicamente de la acidez, color y JFTOT, además de poner a disposición un grupo de herramientas propias en la temática.

Hipótesis

La aplicación de un procedimiento que haga uso de las técnicas relacionadas con la metodología Seis Sigma en los ensayos del proceso de Tratamiento y almacenamiento del Turbo combustible Jet A1, contribuirá al mejoramiento de la gestión de las mediciones y conocer la calidad de las mismas en dichos ensayos.

Definición de variables

Variable independiente:

- Procedimiento que haga uso de las técnicas relacionadas con la metodología Seis Sigma

Variable dependiente:

- Mejoramiento de la gestión de las mediciones
- Calidad de las mediciones

Conceptualización y operacionalización de las variables

Procedimiento que haga uso de las técnicas relacionadas con la metodología Seis Sigma: Es la aplicación de un conjunto de etapas y pasos que debe realizarse de la

misma forma, para obtener siempre el mismo resultado bajo las mismas circunstancias, en el cual se utilicen técnicas para identificar las variaciones en los procesos, monitorear defectos y mejorar la calidad.

Esta variable se propone evaluarla a partir de la aplicación del conjunto de pasos que componen el procedimiento aplicado a la gestión de las mediciones, en el cual se haga uso de las técnicas propias de la metodología Seis Sigma.

Mejoramiento del sistema de gestión de las mediciones: Cambio o progreso hacia un estado mejor del conjunto de elementos interrelacionados, o que interactúan, los cuales son necesarios para lograr la confirmación metrológica y el control continuo de los procesos de medición.

Esta variable se propone evaluarla a partir de la calidad del producto terminado, mediante las especificaciones de calidad, determinadas por los diferentes ensayos (los seleccionados para el estudio), el monitoreo del sistema de medición para dichos ensayos y comparando el resultado de los ensayos antes y después de concluido el estudio.

Calidad de las mediciones: Grado en el que un conjunto de operaciones que tienen como objetivo determinar el valor de una magnitud cumple con los requisitos establecidos.

Esta variable se propone evaluarla a partir de los estudios de repetibilidad y reproducibilidad.

Novedad científica

Consiste en que se ha podido desarrollar la metodología Seis Sigma aplicada a la gestión de las mediciones acorde con la NC ISO 10012: 2007, adecuada a las características de la organización.

El trabajo quedó estructurado de la siguiente forma:

En el capítulo I se desarrolla el marco teórico referencial que contiene aspectos relacionados con la gestión de las mediciones, así como las principales características de estos sistemas y su integración, teniendo como soporte la literatura científica que aborda la problemática desde el punto de vista teórico-práctico, retomando las técnicas y herramientas que se utilizan actualmente en este campo.

En el capítulo II se realiza una caracterización de la Refinería de Petróleo “Camilo Cienfuegos”, así como la propuesta de un procedimiento de mejora de procesos aplicado

a la gestión de las mediciones, utilizando la metodología Seis Sigma. En este se utilizan criterios de diferentes autores, tales como: (Gutiérrez Pulido, 2004), (Guadalupe Echeverría, 2008), (Arias Carrazana, 2007) y la NC ISO10012: 2007.

En capítulo III se presentan los resultados relacionados con la aplicación del procedimiento para la mejora de la gestión de las mediciones en el proceso de Tratamiento y almacenamiento del Jet A1, sobre la base de un conjunto de elementos propios en la temática, trayendo como resultado, el conocimiento de las principales debilidades en la materia, los elementos a mejorar dentro del sistema, evaluación del sistema de medición para los ensayos acidez, color y JFTOT, propuesta de un programa de mejora así como su implantación.



PETRÓLEOS
CUBA VENEZUELA S.A.

Capítulo 1

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

En el presente capítulo se desarrolla el marco teórico referencial que contiene aspectos relacionados con la gestión de las mediciones, así como las principales características de estos sistemas y su integración, teniendo como soporte la literatura científica que aborda la problemática desde el punto de vista teórico-práctico, retomando las técnicas y herramientas que se utilizan actualmente en este campo.

En la figura 1.1 se representa el hilo conductor que organiza de una manera lógica los temas mencionados anteriormente.

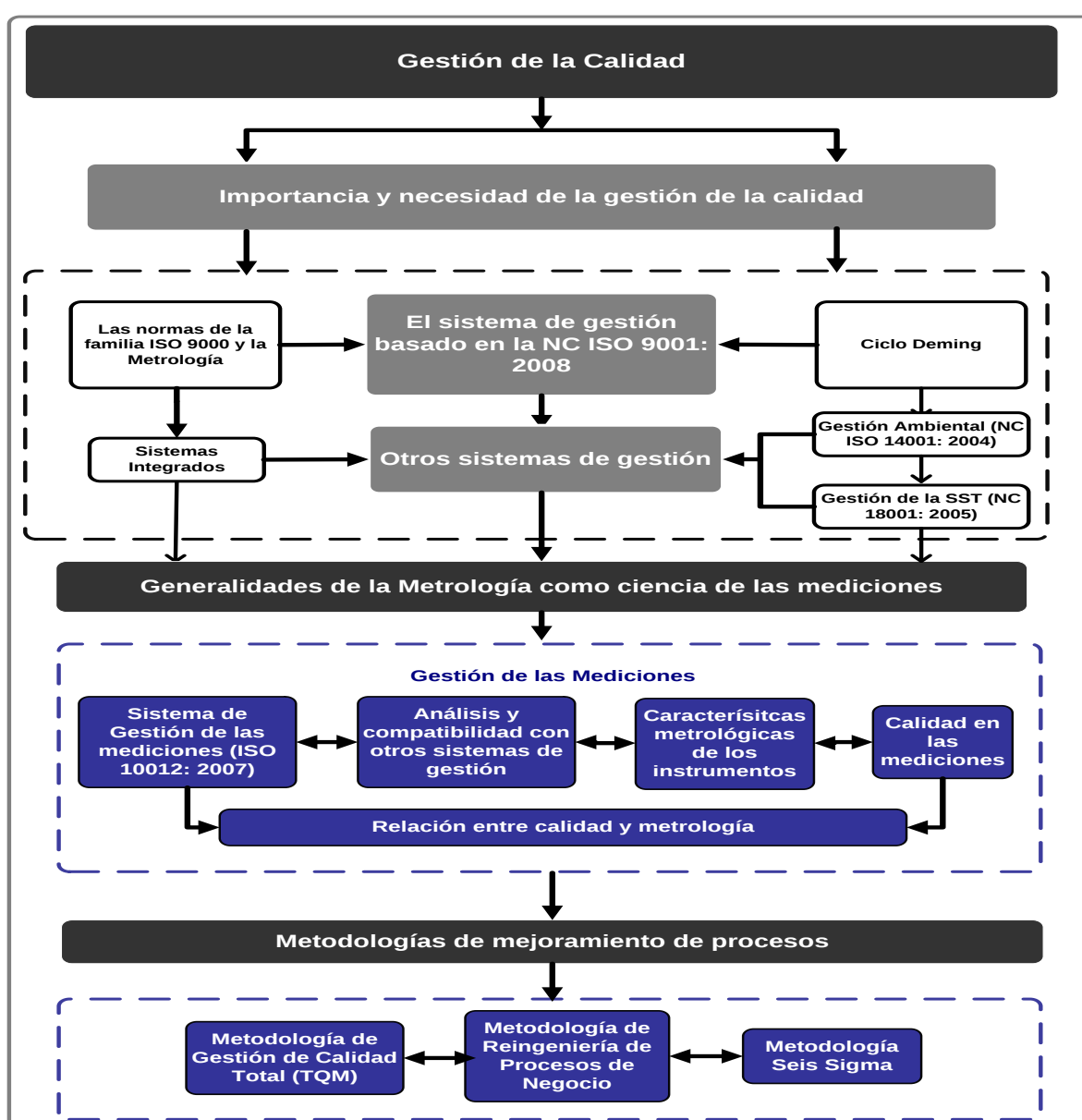


Figura 1.1. Hilo conductor. Fuente: Elaboración propia

1.1. La gestión de la calidad

La evolución del significado dado a la palabra calidad va paralela al cambio de enfoque en la gestión empresarial (Pérez Fernández de Velasco, J. A., 2009). Los distintos enfoques de la calidad han evolucionado hacia una visión cada vez más global, de modo que se ha pasado de la consideración de la calidad como un requisito a cumplir en el área de producción, a tratarla como un factor estratégico.

(Fernández Cao, 2004) plantea un enfoque, con el cual coincide el autor de la actual investigación, que identifica el inicio de la evolución de la calidad con el surgimiento de la inspección final de la producción como una necesidad insoslayable de la Revolución Industrial, y con la aparición en las fábricas del inspector: persona encargada de vigilar la calidad del trabajo (ver figura 1.2).

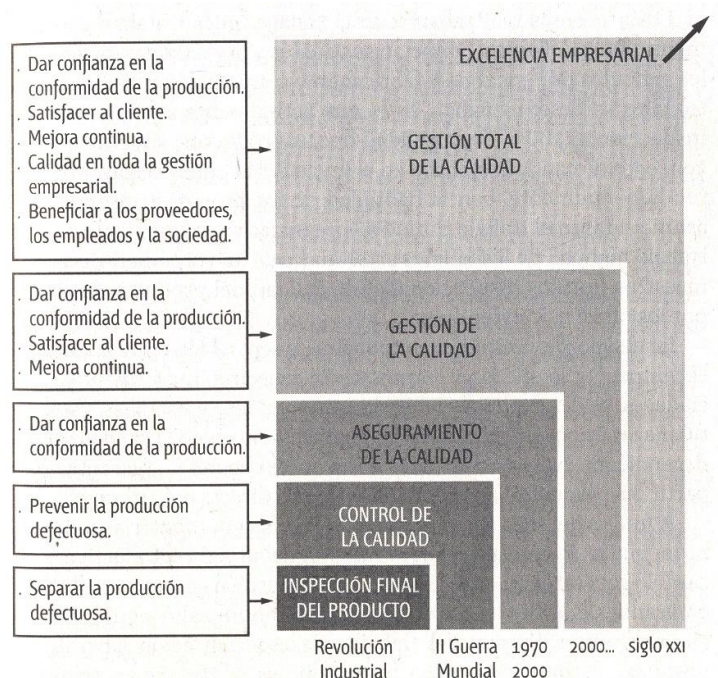


Figura 1.2. Etapas evolutivas del desarrollo de la calidad. Fuente: (Fernández Cao, 2003)

En la norma ISO 9000: 2005 se define a la calidad como “Grado en que un conjunto de características inherentes al producto, sistema o proceso cumple con los requisitos”.

La calidad es una constante en el lenguaje actual. Todo el mundo acepta que si no se trabaja con calidad la organización peligra. Ahora bien, la calidad debe ser entendida no sólo como calidad técnica de los productos que se fabrican, sino también en todos sus aspectos: calidad en el servicio, en la atención al cliente, y calidad en la gestión empresarial. En mercados cada día más competitivos, la calidad se convierte en un

elemento diferenciador y capaz de generar ventajas competitivas sostenibles en las empresas. Ante esta realidad, la cuestión fundamental que se plantea es analizar cómo se traduce esta importancia de la calidad en la práctica empresarial. La mejora de la calidad no se genera de manera espontánea; por el contrario, es preciso establecer una estructura de actividades en la organización con el propósito de conseguir este objetivo. Este conjunto de actividades es lo que se denomina Gestión de la Calidad. La manera en que se ha gestionado la calidad ha sido diferente a lo largo del tiempo. Las formas de entender este concepto han dado lugar a diferentes enfoques de gestión basados en la calidad, los cuales han ido madurando e incorporando aportaciones desde campos de estudio muy diferentes, como la estadística, la sociología, la psicología, entre otros (Romero Lau, 2011).

Importancia y necesidad de la gestión de la calidad

La globalización de los mercados y los mecanismos regionales de integración plantean nuevos y fuertes desafíos competitivos a todas las organizaciones y están creando permanentemente nuevas condiciones para competir. La clave para alcanzar estos nuevos niveles de competitividad radica en la modernización de la tecnología, la formación del personal y el desarrollo de nuevas formas de organización y gestión de los procesos productivos. El nuevo enfoque integral de la calidad brinda un sistema de gestión que asegura que las organizaciones satisfagan los requerimientos de los clientes, y a su vez hagan uso racional de los recursos, asegurando su máxima productividad. Así mismo permite desarrollar en la organización una fuerte ventaja competitiva como es la cultura del "mejoramiento continuo" con un impacto positivo en la satisfacción del cliente, del personal y un incremento de la productividad. Actualmente se puede asegurar que los métodos de calidad están siendo el pilar sobre el cual se apoya toda empresa para garantizar su futuro. La presión va en cascada y su fuerza es inevitable. Quién no esté en proceso de normalizar su empresa, implantar un sistema de calidad y obtener la certificación, no tiene futuro.

Sistemas de gestión de la calidad basados en las normas ISO 9000

Desde su edición del año 2000, las normas ISO 9000 han ido más allá del aseguramiento de la calidad para adoptar el enfoque de la gestión de la calidad (NC ISO 9000: 2005). Basada en potencias la efectividad y la eficiencia del negocio, y en conseguir el liderazgo en el mercado, esta perspectiva enfatiza en la importancia de elementos como: liderazgo, satisfacción del cliente, implicación de los empleados, mejora continua de los procesos, colaboración de los proveedores y medición del desenvolvimiento. La gestión de la

calidad involucra los conceptos de la figura 1.3, pues se logra a partir del establecimiento, en la organización, de un sistema de gestión que establezca la política y los objetivos de la calidad, y que cumpla con estos (Guerra Bretaña & Meizoso Valdés, 2012).

(Guerra Bretaña & Meizoso Valdés, 2012) plantean que la adición de varios requisitos relacionados con la satisfacción del cliente, la mejora continua, coloca a la norma ISO 9001 en la arena de la gestión estratégica, ya que hace uso de la retroalimentación del cliente para el análisis y la acción por parte de la dirección. Por este motivo se comienzan a utilizar otros términos como el de Gestión Total de Calidad y Gestión Estratégica de la Calidad.

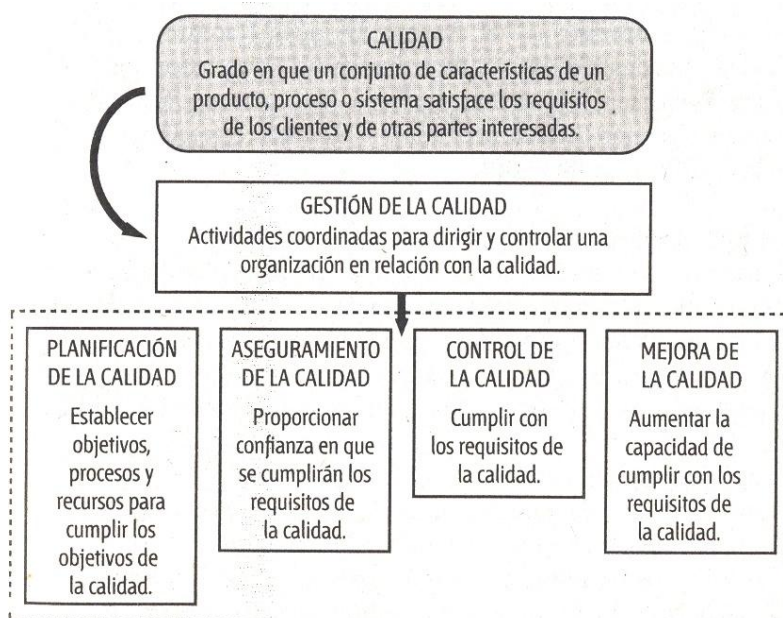


Figura 1.3. Conceptos de gestión de la calidad. Fuente: (Cátedra de Calidad, Metrología y Normalización, 2011)

Según la norma NC ISO 9000:2005 para que las organizaciones operen de manera eficaz, tienen que identificar y gestionar numerosos procesos interrelacionados. A menudo la salida de un proceso forma directamente la entrada del siguiente proceso. La identificación y gestión sistemática de los procesos empleados en la organización y en particular las interacciones entre tales procesos se conocen como “enfoque de procesos”. Esta norma internacional pretende fomentar la adopción del enfoque a procesos para gestionar una organización. Para esto se propone evaluar los procesos presentes en la organización y lograr la representación de los mismos. El **Anexo No.1** ilustra el concepto y los vínculos entre procesos presentados en la NC ISO 9000:2005. El modelo reconoce que los clientes juegan un papel significativo para definir los requisitos como entradas. El

seguimiento de la satisfacción del cliente requiere la evaluación de la información relativa a la percepción del cliente del grado en que la organización ha cumplido sus requisitos.

De manera adicional la norma NC ISO 9000:2005 propone aplicar a todos los procesos la metodología conocida como "Planificar – Hacer – Verificar – Actuar". Las normas NC ISO 9001 y NC ISO 9004 forman un par coherente de normas sobre la gestión de la calidad. La norma NC ISO 9001 está orientada al aseguramiento de la calidad del producto y a aumentar la satisfacción del cliente, mientras que la norma NC ISO 9004 tiene una perspectiva más amplia sobre la gestión de la calidad, brindando orientaciones sobre la mejora del desempeño. El estándar internacional de NC ISO 9001:2008 exige realizar el principio de "enfoque de procesos" que incluye el estudio de la organización como el sistema de procesos, descripción de procesos, tanto en su interacción, comprobación de sistema de proceso con el fin de asegurar la gestión de proceso eficaz (Romero Lau, 2011).

Se considera que, debido a la amplia gama y elevada exigencias planteadas por las normas de la familia ISO 9000 y a su obligada implementación por las empresas, motivadas por las exigencias de los mercados en esta época y las barreras técnicas impuestas, uno de los sistemas más y mejor documentados que existen actualmente en Cuba es el sistema de gestión de la calidad, por lo cual es conveniente, tomarlo como base para insertar sobre él, otros sistemas de gestión como es el sistema de gestión de las mediciones.

1.2. Las normas de la familia ISO 9000 y la metrología

En estos últimos años se ha asistido a una rápida expansión en todo el mundo del conjunto de normas denominadas la familia ISO 9000. Es incuestionable que los sistemas de gestión de la calidad diseñados a partir de las normas ISO 9000, se han convertido en un idioma técnico universal y en una valiosa herramienta de trabajo en los procesos de negociación y en la exportación.

Estas normas exigen el desarrollo de un adecuado aseguramiento metrológico. Así, en los modelos ISO 9001; 9002 y 9003 se establecen los requisitos que deben cumplirse para los equipos de inspección, medición y ensayo. A partir de 1991 se edita la ISO 10012 parte 1, que establece los requerimientos para la elaboración de un sistema de confirmación metrológica, y en 1996 la ISO 10012 parte 2 que define los requisitos para el control de los procesos de mediciones.

De esta forma, las normas de la familia ISO 9000 brindan los elementos técnico-organizativos necesarios para lograr un adecuado aseguramiento metrológico en

cualquier organización. Más recientes aún, pero con la misma perspectiva aparecen la ISO 9000:2005 y la ISO 9001:2008.

En el control del proceso de medición, las mediciones deben considerarse como un proceso en sí mismas. La ISO 10012 establece un conjunto de requisitos generales para documentar el sistema de confirmación metrológica.

Los métodos existentes para el control de las mediciones se basan en el monitoreo y el análisis regular de los datos de las mismas, utilizándose gráficos de control y patrones para su comprobación.

El Sistema de Confirmación Metrológica, descrito en la ISO 10012-1, está destinado a asegurar que las mediciones (ejecutadas usando un equipo de medición que esté dentro de su intervalo de confirmación) son suficientemente exactas para el propósito. El control de las mediciones, como procesos, de acuerdo con la parte 2 de la ISO 10012, reduce las posibilidades de las fuentes que originen fallas al azar, daño o mal uso.

Los recursos involucrados en un proceso de medición incluyen equipo de medición, procedimientos de medición, operador. Las características del desempeño requerido para el uso propuesto del proceso de medición deben ser caracterizadas, por ejemplo, por la incertidumbre en uso, estabilidad, rango, resolución, repetibilidad, reproducibilidad y nivel de habilidad del operador.

Es necesario implementar un sistema para el control del proceso de medición, que sea adecuado dentro de los límites de incertidumbre requeridos, garantizando los parámetros de calidad exigidos por normas y referencias internacionales.

Al igual que ocurre con la NC ISO 9001: 2008 en la cual queda explícito la necesidad de implementar un sistema para el control del proceso de medición, ocurre con otras normas donde se incluye el requisito mencionado, como es caso de la OHSAS 18001 y la ISO 14001, las cuales recogen los requisitos a cumplir por los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo y los sistemas de gestión ambiental respectivamente.

1.3. Otros sistemas de gestión

Sistema de gestión ambiental

En el mundo organizaciones de todo tipo están cada vez más interesadas en alcanzar y demostrar un sólido desempeño ambiental mediante el control de los impactos de sus actividades, productos y servicios sobre el medio ambiente, acorde con su política y objetivos ambientales. Lo hacen en el contexto de una legislación cada vez más exigente,

del desarrollo de políticas económicas y otras medidas para fomentar la protección ambiental, y de un aumento de la preocupación expresada por las partes interesadas por los temas ambientales, incluido el desarrollo sostenible.

Muchas organizaciones han emprendido "revisiones" o "auditorías" ambientales para evaluar su desempeño ambiental. Sin embargo, esas actividades, por sí mismas, pueden no ser suficientes para proporcionar a una organización la seguridad de que su desempeño no sólo cumple, sino que continuará cumpliendo los requisitos legales y de su política. Para ser eficaces, necesitan estar desarrolladas dentro de un sistema de gestión que esté integrado en la organización (NC ISO 14001:2004).

La familia de Normas Internacionales sobre gestión ambiental tienen como finalidad proporcionar a las organizaciones los elementos de un sistema de gestión ambiental (SGA) eficaz que puedan ser integrados con otros requisitos de gestión, para ayudar a las organizaciones a lograr metas ambientales y económicas.

Para llevar a cabo la gestión ambiental se debe medir el contenido de los vertimientos, que pueden generar las empresas, por lo cual, también es necesaria e importante la gestión de las mediciones. La norma NC ISO 14001: 2004 la tiene prevista en su requisito "4.5.1 Seguimiento y medición" donde se expresa: *"la organización debe establecer, implementar y mantener uno o varios procedimientos para hacer el seguimiento y medir de forma regular las características fundamentales de sus operaciones que pueden tener un impacto significativo en el medio ambiente. Los procedimientos deben incluir la documentación de la información para hacer el seguimiento del desempeño, de los controles operacionales aplicables y de la conformidad con los objetivos y metas ambientales de la organización."*

"La organización debe asegurarse de que los equipos de seguimiento y medición se utilicen y se mantengan calibrados o verificados, y que se conserven los registros asociados."

Al comparar lo planteado anteriormente con lo exigido en la norma NC ISO 9001:2008, se concluye que existe similitud entre ambas exigencias, por lo cual el autor de la actual investigación considera que ambos requisitos son integrables.

Sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo

Otro sistema de gestión que se aplica en la actualidad es el sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo, que se basa en los requisitos establecidos por las normas de la familia OHSAS 18000, acogidas en Cuba como NC 18000. La importancia de la

gestión de la seguridad y salud en el trabajo (SST) ha sido destacada en los diferentes medios y está recibiendo un impulso creciente en la legislación cubana.

Las organizaciones deben dar la misma importancia al logro de altos niveles en la gestión de SST como lo hacen con otros aspectos claves de sus actividades de negocios. Ello implica la adopción de un adecuado enfoque estructurado hacia la identificación de peligros y a la evaluación y control de los riesgos relacionados con el trabajo (NC 18001: 2005).

La NC 18001: 2005 está dirigida a apoyar a las organizaciones en el desarrollo de un enfoque de la gestión de seguridad y salud en el trabajo, de manera que se proteja a los empleados y a terceros, cuya seguridad y salud pueda ser afectada por las actividades de la organización.

Muchas de las características de una efectiva gestión de seguridad y salud en el trabajo no se distinguen de las prácticas de gestión únicas propuestas por los defensores de la excelencia en la calidad y en los negocios. Esta norma está basada en los principios generales de la buena gestión y está diseñada para permitir la integración de la gestión de la seguridad y salud en el trabajo dentro de un sistema global de gestión. Su enfoque ha sido diseñado para basar el sistema de la seguridad y salud en el trabajo en un enfoque concordante con el de la NC ISO 14001: 2004, para sistemas de gestión ambiental, pues se identifican áreas comunes en ambos sistemas de gestión. Las directrices presentadas en el enfoque son esencialmente las mismas, la diferencia significativa es en el orden de la presentación; este enfoque puede usarse también para incorporar la gestión de seguridad y salud en el trabajo dentro de un sistema integrado de gestión (OHSAS 18001: 2007).

El requisito 4.5.1 Medición y seguimiento del desempeño de la NC 18001: 2005 expresa: *“la organización debe establecer y mantener procedimientos documentados para hacer el seguimiento y medir regularmente el desempeño en SST”*. Estos procedimientos deben incluir retroalimentación a través de la medición y en uno de sus puntos refiere que si se requiere equipo para efectuar la medición y el seguimiento del desempeño, *“la organización debe establecer y mantener procedimientos para calibrarlo y mantenerlo. Se debe conservar los registros de las actividades de mantenimiento y calibración y sus resultados”*.

Este sistema también hay que tenerlo presente dada la orientación y exigencia respecto a su aplicación, por parte del Ministerio del Trabajo y Seguridad Social (MTSS).

Al comparar los requisitos expuestos, con los de la NC ISO 9001:2008 y NC ISO 14001:2004, también se concluye que los tres pueden ser integrados.

Sistemas integrados de gestión

La certificación según las normas de calidad ISO 9000 se está convirtiendo en un requisito indispensable para que las empresas compitan en el mercado. También se ha visto una mayor preocupación por la seguridad y salud en el trabajo con el fin de prevenir los riesgos laborales en las empresas, debido a que es el operario el motor impulsor de toda organización. Además, el medio ambiente (MA) se está incorporando como una variable adicional a la competitividad de las empresas, influyendo de una forma cada vez más notable en sus relaciones con clientes y proveedores (Díaz Peña, 2009).

Desde esta perspectiva, la integración de los sistemas de gestión de medio ambiente, de la calidad y la seguridad, se presenta como una alternativa válida y necesaria para que las organizaciones puedan afrontar con éxito los retos del siglo XXI.

Las normas referenciadas para los sistemas de gestión ambiental y sistema de gestión para la seguridad y salud ocupacional, presentan en común el análisis de riesgos ocasionado por los impactos en cualquier medio, incluido el humano, que a su vez puede convertirse en un factor de riesgo laboral si estas personas afectadas son empleados, contratistas o visitantes de la empresa (Tejada Arenas, 2006).

La tendencia a la integración de los tres sistemas de gestión (calidad, SST y MA) cada día va en aumento. En la mayoría de las empresas cubanas se mantienen implantados de forma separada y se han dado pasos importantes en la certificación de manera independiente. A pesar de todo existe un fuerte compromiso empresarial de trabajar por obtener productos de alta calidad en condiciones de trabajo seguras y sin afectaciones al medio ambiente (Pérez González, 2003). La aplicación conjunta de los sistemas se traduce en una elevada eficiencia y calidad, aplicación de técnicas sin riesgos, tecnologías más limpias, garantizando un ambiente seguro para el trabajador.

Para las empresas cubanas implantar sistemas de gestión de la SST y MA que cumplan los requisitos y tendencias actuales se ha convertido en una necesidad de su sobrevivencia y progreso. Los trabajadores y directivos reconocen hoy que la introducción de tales sistemas causa efectos positivos en el nivel de la organización, tanto respecto a la disminución de los peligros y los riesgos, como al aumento de la productividad, y además se mejoran las prácticas de gestión de seguridad y medio ambiente. El empresario tiene la obligación de organizar la seguridad y salud en el trabajo, la gestión

de calidad y medioambiental, trazar políticas, asumir compromisos, rendir cuentas de su desempeño, consultar y dar participación a los trabajadores.

Aunque la estructura de la NC ISO 9001:2008 no es igual a la de la NC ISO 14001:2004 y de la NC 18001:2005 existen puntos comunes entre ellas que permiten su integración (ver **Anexo No.2**). Se puede decir que la interrelación entre los tres sistemas tiene una estructura de árbol donde el tronco es los aspectos comunes y las ramas los diferentes. Transitando desde la política, la asignación de recursos hasta las auditorías y revisiones del sistema. Se puede ver claramente en la fructificación de ese árbol el funcionamiento del sistema.

Lo antes expresado se aplica íntegramente a la gestión de las mediciones, donde todos sus elementos deben estar interrelacionados y cada individuo cumplir en su puesto de trabajo, las responsabilidades asignadas, por lo cual el autor de la actual investigación cree oportuno abordar la metrología como ciencias de las mediciones, estando presente en todos los sistemas de gestión.

1.4. Generalidades sobre la metrología como ciencia de las mediciones

La palabra metrología proviene del griego **μέτρον** (medida) y **λογος**, (tratado), y se define como la ciencia de las mediciones, e incluye todos los aspectos teóricos y prácticos relacionados con las mediciones, independientemente de la incertidumbre y de la rama de la ciencia o la tecnología donde ellas ocurran. Es definida en la ISO 9000 como el conjunto de operaciones que tienen como objetivo determinar el valor de una magnitud.

La Metrología está presente, prácticamente, en todas las actividades de la vida, de aquí que su impacto, cuando esta se realiza de manera confiable, comparable y segura, tenga una repercusión directa en el desarrollo económico, político y social de un país; tan es así que en diversas situaciones se tiende a medir el desarrollo de estos a partir del desarrollo que tengan en la metrología (Reyes Ponce; Álvarez Vasallo & Hernández Leonard, 2011).

La metrología es una sola, pero algunos autores, entre los que se encuentra Johnston, Presidente de la Organización Internacional de Metrología Legal, promueven la identificación de tres ramas fundamentales, en dependencia de su campo de aplicación:

- **Metrología Científica:** Establece las bases para las mediciones, asegura la trazabilidad consistente al Sistema Internacional de Unidades (SI). Trata, por ejemplo, del desarrollo de equipos o sistemas de medición patrones, métodos de medición, establecimiento de esquemas de jerarquías para la realización de una unidad de medida o para diseñar un método de evaluación de la incertidumbre de

una medición. Estos desempeños, por lo general, tienen gran componente teórico, de conceptualización y definición.

- **Calibración y trazabilidad (Metrología Industrial):** Permiten la diseminación de las unidades y brindan confianza de que las mediciones son comparables. Trata de los diversos equipos de medición insertados en puntos clave de procesos industriales, por ejemplo, manómetros, termómetros, instrumentos de pesar, o pizarras de control para diferentes tipos de mediciones eléctricas, entre muchas otras, y de la extensión del uso de equipos de medición en actividades vinculadas con procesos de prestación de servicios donde desempeñan un papel importante las mediciones físico-químicas, de volumen, de flujo de líquido y gases, y de masa, entre otras magnitudes físicas.
- **Metrología Legal:** Establece los requisitos legales cuando son necesarios para el aseguramiento de mediciones confiables, seguras y exactas. Trata de asegurar la existencia de los recursos necesarios para garantizar el Control metroológico de aquellos tipos de instrumentos sujetos a control estatal, definidos en las regulaciones correspondientes, para comprobar y declarar que estos brindan indicaciones correctas y que se adecuan a los requisitos para el uso previsto. En este sentido, parte de la Metrología legal se involucra con la Protección al consumidor. También se está ante la Metrología legal, cuando se ejecutan mediciones que participan en transacciones comerciales internacionales, actividades fiscales, seguridad técnica, salud pública y registros oficiales de eventos deportivos, entre otras.

Por otra parte, la comunidad científica relacionada con las mediciones analíticas está promoviendo también la identificación de la Metrología Química como una rama independiente.

(Reyes Ponce; Hernández Leonard & Hernández Ruíz, 2009) expresan que las mediciones son importantes para:

- Garantizar la optimización y calidad de los procesos tecnológicos.
- Principales fuentes de información sobre la eficiencia de los procesos tecnológicos.
- Constituyen la base sobre la cual se fundamentan todas las transacciones comerciales.
- Desempeñan un papel decisivo en la salud y protección del medio ambiente.

- Coadyuvar a la obtención de las evidencias científicas válidas para la credibilidad de los resultados de la investigación científica.

Para realizar las mediciones se utiliza lo que llamamos método de medición, que podemos definir como la secuencia lógica de operaciones, generalmente descritas, usada en la ejecución de las mediciones de acuerdo con un principio dado. Los métodos de medición pueden ser calificados de varias formas, tales como (Reyes Ponce; Hernández Leonard & Hernández Ruíz, 2009):

- Método de medición directa
- Método de medición indirecta
- Método de sustitución
- Método diferencial
- Método de cero

Para realizar la medición además se necesita contar con un instrumento de medición, que no es más que un software, patrón de medida, material de referencia o aparato auxiliar, o una combinación de estos para ser usado en hacer mediciones (NC ISO 10012: 2007).

Los instrumentos de medición se fabrican de acuerdo a las características de la magnitud física que se vaya a medir, entre las cuales están: masa, tiempo, frecuencia, temperatura, longitud, resistencia eléctrica, concentración de cantidad de sustancia, entre otras.

No existe la medición perfecta, toda medición contiene errores que pueden ser motivados por diferentes causas entre las cuales se encuentran: la persona que realiza la medición, el método, instrumento, condiciones ambientales en que se realiza la medición. El error de medición se define como el resultado de una medición menos el valor verdadero de la magnitud a medir (NC OIML V2:1995).

(Arias Carrazana, 2007) en su investigación concluye que los mayores errores que ocurren actualmente en las mediciones son causados por la propia persona que ejecuta la medición, y en ello incide notablemente la falta de capacitación para el trabajo que realiza y del control que sobre ellos se debe realizar, así como la no aplicación de un sistema de gestión de las mediciones.

(Reyes Ponce; Hernández Leonard & Hernández Ruíz, 2009) en su libro “Metrología para la Vida” expresan que aún en las mejores condiciones, si el profesional no ha adquirido una formación integral que le permita incorporar el conocimiento metrológico en el desarrollo de

su gestión, este no garantizará la calidad de su trabajo, y los procesos no van a satisfacer los requisitos de los clientes y usuarios, y trae consigo, pérdidas de recursos de todo tipo, que en determinadas situaciones puede ser irreversible.

1.5. Gestión de las mediciones

La NC ISO 10012: 2007, también tiene en cuenta el enfoque basado en procesos, y expresa *“los procesos de medición deben considerarse como procesos específicos cuyo objetivo es apoyar la calidad de los productos elaborados por la organización”*.

La figura 1.4 muestra un esquema de aplicación del modelo del sistema de gestión de las mediciones dado en la NC ISO 10012: 2007.

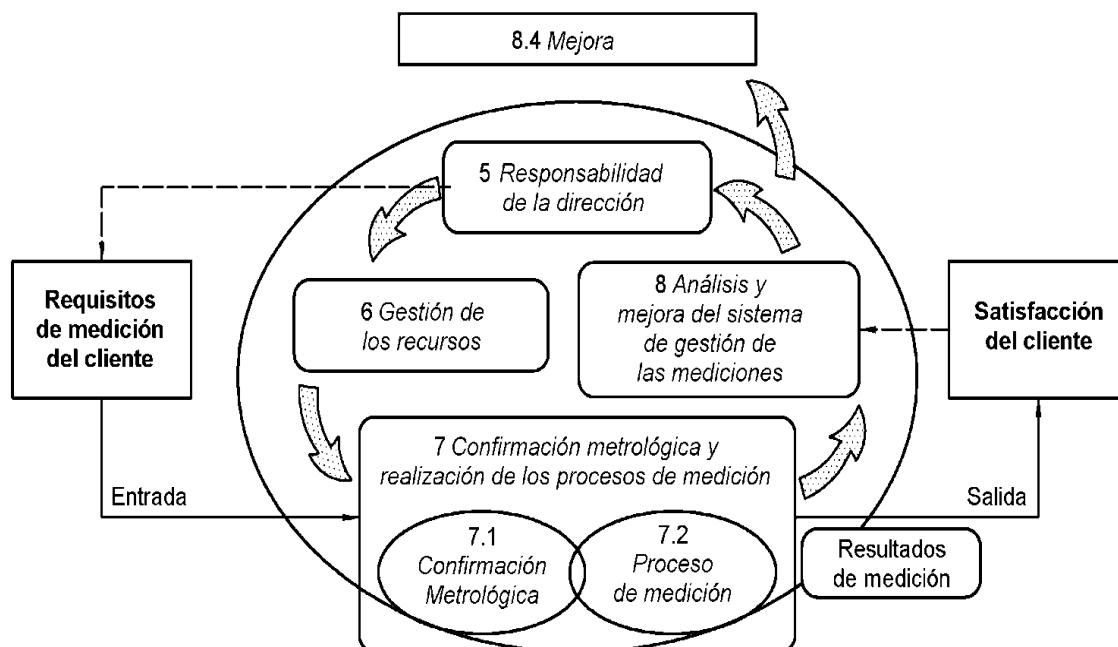


Figura 1.4. Modelo de sistema de gestión de las mediciones según NC ISO 10012: 2007. Fuente: NC 10012: 2007

El autor de la investigación en curso coincide en que dentro de la gestión de las mediciones pueden existir procesos y subprocesos en dependencia de las características y complejidad de la organización que se trate. El término subproceso es utilizado en la investigación para diferenciar los procesos internos que ocurren dentro del proceso de medición.

1.5.1. Sistema de gestión de las mediciones

La norma NC ISO 10012: 2007 especifica requisitos genéricos y proporciona orientación para la gestión de los procesos de medición y para la confirmación metrológica del equipo

de medición, utilizado para apoyar y demostrar el cumplimiento de los requisitos metrológicos. Especifica los requisitos de gestión de la calidad de un sistema de gestión de las mediciones que puede ser utilizado por una organización que lleva a cabo mediciones como parte de su sistema de gestión global, y para asegurar que se cumplen los requisitos metrológicos.

Un sistema de gestión de las mediciones eficaz, asegura que el equipo y los procesos de medición son adecuados para su uso previsto, y es importante para alcanzar los objetivos de la calidad del producto y gestionar el riesgo de obtener resultados de medición incorrectos. El objetivo de un sistema de gestión de las mediciones es gestionar el riesgo de que los equipos y procesos de medición puedan producir resultados incorrectos que afecten a la calidad del producto de una entidad.

La norma es aplicable a cualquier tipo de organización, la misma establece cinco grupos de requisitos mínimos que son genéricos, y pretende que se apliquen por las organizaciones, los grupos se muestran a continuación:

- **Requisitos generales.** En este grupo se definen los requisitos generales a tener en cuenta para el diseño del sistema y para que éste se gestione adecuadamente. Parte del alcance que tendrá el sistema de gestión de las mediciones, enfatiza en que el sistema debe hacer que se cumpla con los requisitos exigidos por los clientes. A partir de la investigación se llega a la conclusión de que, para garantizar el cumplimiento de los requisitos de los clientes, lo primero que la organización debe hacer es determinar las mediciones que son necesarias y los instrumentos de medición, para proporcionar la evidencia de la conformidad del producto con esos requisitos solicitados por los clientes.
- **Responsabilidad de la dirección.** Se establecen los requisitos que debe tener en cuenta la dirección de la organización para gestionar su sistema de gestión de las mediciones. Contempla las decisiones a tomar por la dirección y la definición de la persona que llevará a cabo la función metrológica en la empresa, las consideraciones a realizar para garantizar que el sistema está enfocado al cliente, la determinación de los objetivos de la calidad del sistema de gestión de las mediciones y los aspectos a tener en cuenta para realizar la revisión del sistema por la dirección.
- **Gestión de los recursos.** En cuanto a recursos humanos, enfatiza en la definición y documentación de las responsabilidades de todo el personal involucrado en el sistema, así como en la necesidad de que el personal demuestre su aptitud para la función que realiza.

Se hace referencia a las acciones necesarias relacionadas con los recursos de información y recursos materiales necesarios para garantizar que el sistema funcione de forma adecuada.

- **Confirmación metrológica y realización de los procesos de medición.** Se enumeran los requisitos asociados al proceso de confirmación metrológica y a la realización de los procesos de medición, desde su planificación hasta la entrega del producto al cliente, incluyendo la evaluación de la incertidumbre de las mediciones y la garantía de la trazabilidad de las mediciones. Este aspecto resulta clave y decisivo para elaborar un buen sistema de gestión, porque es donde menos experiencia existe. Sólo lo contempla este sistema y tiene exigencias que en la actualidad no se tienen en cuenta en muchas organizaciones.
- **Medición, análisis y mejora.** Este grupo está asociado con las mediciones que es necesario realizar a cada proceso del sistema y al sistema como tal, la recopilación y análisis de la información para la retroalimentación de los procesos y su mejora. Sus exigencias son similares a las de otros sistemas.

El modelo propuesto por la norma de un sistema de gestión de las mediciones basado en procesos, ilustra los vínculos entre todos estos. Según esta norma NC ISO 10012: 2007, un enfoque para desarrollar e implementar un sistema de gestión de las mediciones comprende diferentes etapas tales como:

- Determinar las necesidades y expectativas de los clientes;
- Establecer los objetivos de la calidad del sistema de gestión de las mediciones de la organización;
- Determinar los procesos y las responsabilidades necesarias para el logro de los objetivos de la calidad;
- Determinar y proporcionar los recursos necesarios para el logro de los objetivos de la calidad;
- Establecer los métodos para medir la eficacia y eficiencia de cada proceso;
- Determinar los medios para prevenir no conformidades y eliminar sus causas;
- Establecer y aplicar un proceso para la mejora continua del sistema de gestión de las mediciones.

Una vez cumplimentadas estas etapas es necesario evaluar el sistema para comprobar su eficacia a través de evaluaciones, auditorías, revisiones por parte de la dirección o autoevaluaciones, buscando generar confianza en la capacidad de sus procesos y en la calidad de las mediciones.

1.6. Análisis de los sistemas de medición

El propósito de analizar los sistemas de medición es monitorear y controlar la variación del mismo. En cuanto a la necesidad de evaluar los sistemas de medición, conforme lo dictan los sistemas de calidad, se puede mencionar que la ISO-TS 16949, expresa que cuando resulte necesario validar los resultados de las mediciones, la organización debe: identificar las mediciones a realizar, identificar los dispositivos de medición a emplear, y debe seleccionar los dispositivos de medición que sean capaces de satisfacer sus necesidades de medición (numeral 8.2.4 de la norma ISO – TS 16949).

Hoy en día se acepta la necesidad de medir los resultados de los procesos para la toma de decisiones oportunas y adecuadas. El impacto de estas acciones depende en gran medida de la calidad de los datos de la medición. Un sistema de medición de buena calidad permite controlar y predecir los resultados de un proceso, y ayuda a identificar y eliminar las causas de variaciones no controladas. En la figura 1.5 se muestran las posibles fuentes de variación observada en el proceso.

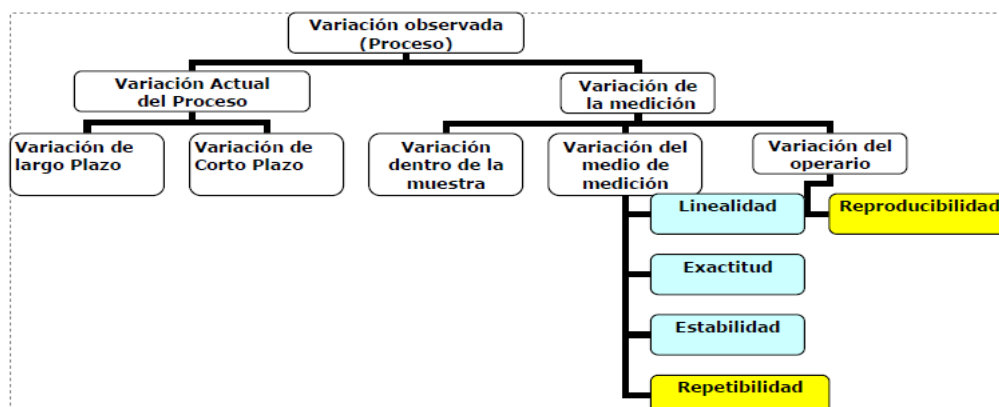


Figura 1.5. Fuentes de variación observadas en el proceso. Fuente: (Blackberry & Cross, 2002)

Con el establecimiento de la norma ISO 10012:2007, se aporta un marco de referencia para un sistema de gestión de las mediciones con el objetivo de que equipos y métodos de medición sean adecuados para el uso previsto, además estos son compatibles con el resto de los sistemas de gestión.

1.6.1 Compatibilidad del sistema de gestión de las mediciones con el resto de los sistemas de gestión

Para lograr facilitar la integración de los sistemas de gestión, un elemento fundamental a tener en cuenta es comprobar que los aspectos contemplados en los documentos que rigen esos sistemas son compatibles entre sí.

La norma NC ISO 10012: 2007, en su objeto y campo de aplicación, plantea: *“esta norma internacional no está prevista para ser utilizada como requisito para demostrar conformidad con las Normas ISO 9000, ISO 14001 o cualquier otra norma. Las partes interesadas pueden acordar la utilización de esta Norma Internacional como entrada para cumplir los requisitos del sistema de gestión de las mediciones en actividades de certificación.”*

El autor de la actual investigación no coincide exactamente con lo planteado anteriormente porque, si al elaborar un sistema de gestión de las mediciones basado en los requisitos de esta norma, se tienen en cuenta los requisitos de las normas NC ISO 9001, NC ISO 14001 o NC 18001, podemos afirmar que puede ser utilizada, y de esta forma se logra la compatibilidad de los requisitos referidos a las mediciones en esos sistemas de gestión, y por lo tanto existe la posibilidad de lograr la integración de todos estos sistemas en uno.

En Cuba quien rige la actividad de metrología es el SENAMET (Servicio Nacional de Metrología), por la importancia que representa este para la actividad se abordan algunos aspectos de esta temática en el siguiente apartado.

1.7 Servicio Nacional de Metrología (SENAMET)

La experiencia internacional demuestra que para garantizar la calidad en los procesos productivos y la competitividad de los bienes y servicios en el mercado, se hace necesario una adecuada infraestructura en el campo de la metrología, garantizando el cumplimiento de los requisitos de competencia técnica de los laboratorios de verificación y calibración y el adecuado control metrológico por parte del Estado. Debe tomarse en cuenta el estimado de que en el país existen unos 4,5 millones de instrumentos de medición, con los cuales se realizan millones de mediciones diariamente (Arias Carrazana, 2007).

La necesidad de mediciones confiables y de mayor exactitud se ha desarrollado a gran ritmo en el mundo, en el sector industrial y del comercio nacional e internacional, en la

salud, la protección humana y del medio ambiente, en las comunicaciones y en todos los campos de la ciencia y la tecnología.

La metrología comienza a alcanzar un nivel de desarrollo en Cuba a partir del Triunfo de la Revolución. En el año 1964 se organiza el primer laboratorio de Metrología en el Ministerio de Industrias. En la década del 80 a partir de inversiones con la Unión Soviética, se desarrolla una red de laboratorios que componen en la actualidad el Servicio Nacional de Metrología (SENAMET).

El SENAMET es la red de Órganos de Servicios Metrológicos pertenecientes a la Oficina Nacional de Normalización (ONN), y agrupa, además, a otras empresas o entidades autorizadas a realizar tareas de Metrología Legal, como son la verificación y aforo de instrumentos de medición, así como la ejecución de mediciones legales y la supervisión metrológica (inspección estatal) (www.nc.cubaindustria.cu). Dentro de este se incluye el Instituto Nacional de Investigación en Metrología (INIMET), los centros territoriales y laboratorios provinciales de metrología, pertenecientes a la ONN, así como los laboratorios acreditados de ensayos y de calibración de instrumentos de medición, pertenecientes a organismos y empresas de la economía nacional.

Esta gran red es la encargada de ejecutar un conjunto de actividades organizativas, legales, técnicas, científicas y productivas que tienen como objetivo garantizar la exactitud requerida, confiabilidad y la uniformidad de las mediciones en el país. Además debe garantizar la trazabilidad de las mediciones que intervienen en los procesos de producción, investigación y servicios que se realizan.

Todo ello conlleva a que las mediciones, calificaciones y/o validaciones en las actividades vinculadas con la salud pública, los polos científicos, la producción de medicamentos, la defensa, la industria azucarera, sideromecánica, electrónica, comercio nacional e internacional y otras, requieran de este servicio, en muchos casos para lograr el reconocimiento externo en la aprobación y comercialización de sus productos y servicios.

El SENAMET ha logrado que hoy Cuba cuente, con la base legal de la metrología, que está compuesta por:

- Decreto Ley No. 62 “Sobre la implantación del Sistema Internacional de Unidades,” de diciembre de 1982.
- Decreto Ley No. 183 “De la Metrología,” de febrero de 1998.
- Decreto Ley No. 270 “Reglamento del Decreto Ley de Metrología,” de enero del 2001.

- Decreto No. 271 “De las Contravenciones de las regulaciones establecidas sobre Metrología”, de enero del 2001.
- Se incluyen documentos adoptados como normas cubanas (NC), a partir de la Organización Internacional de Metrología Legal (OIML) (ver Reyes Ponce; Hernández Leonard & Hernández Ruíz, 2009 p.158).

En la figura 1.6 se muestra el árbol de relación de los documentos de la metrología legal, en el cual se cita la actividad y el número del documento relacionado con esta.

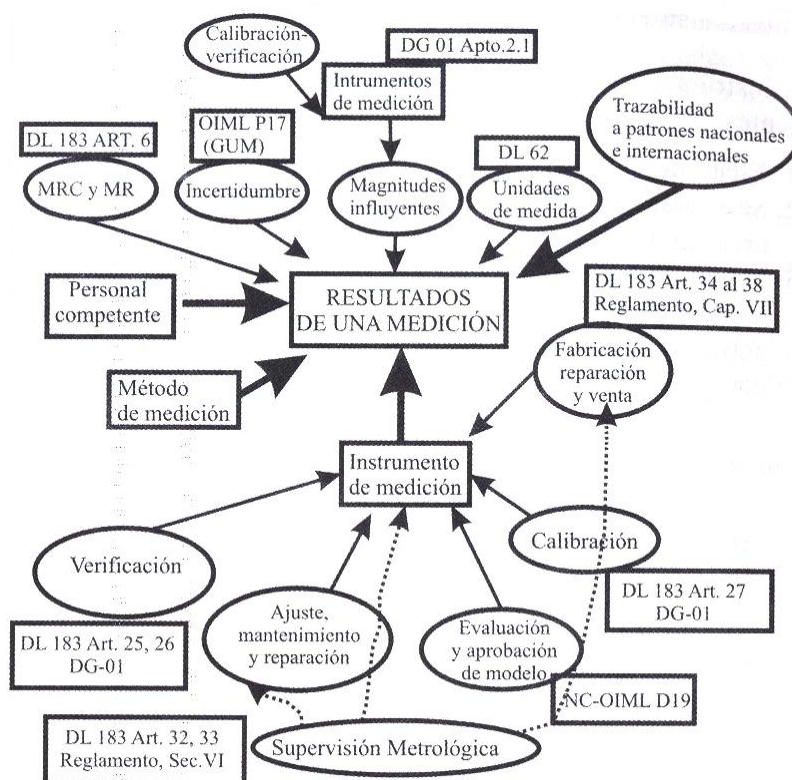


Figura 1.6: Relación entre los documentos de la metrología legal. Fuente: (Reyes Ponce; Hernández Leonard & Hernández Ruíz, 2009)

Esta base legal es imprescindible para regular el control metrológico de las básculas empleadas en el pesaje de los productos de exportación e importación, los instrumentos de medición para la salud y la seguridad industrial, la protección al consumidor y el control de los recursos del país, todos ellos pertenecientes internacionalmente al campo regulatorio.

El SENAMET, tiene como estrategia desarrollar la metrología Científica y la Metrología Legal y garantizar la trazabilidad de la Metrología Industrial, para lo cual deben fortalecerse los laboratorios de calibración de los organismos y empresas.

Además de lo anterior el SENAMET tiene la responsabilidad de garantizar que en el país se apliquen las exigencias internacionales y que se hagan las mediciones correctamente.

Existe gran diversidad de instrumentos de medición, a los cuales el SENAMET le brinda servicio, estos a su vez tienen diferentes características metrológicas, algunas de ellas se cree oportuno tratarlas en el siguiente apartado.

1.8. Características metrológicas de los instrumentos de medición

Independientemente de sus construcciones, principios de funcionamiento y magnitudes que miden, a los instrumentos de medición les son comunes una serie de características metrológicas, las cuales resultan de extrema importancia para seleccionar el instrumento adecuado para realizar una medición (Arias, 2005).

Seguidamente se mencionan algunas de ellas:

Rango de indicación: Conjunto de los valores limitados por las indicaciones extremas del instrumento de medición. El rango es normalmente expresado en términos de sus límites inferior y superior. Ejemplo: para un termómetro de 100 a 200 °C.

Valor nominal: Valor redondeado o aproximado de una característica de un instrumento de medición que sirve de guía para su utilización.

En el caso de las medidas materializadas este valor caracteriza la magnitud por ella reproducida. Ejemplo: 10 g para una pesa, 100 Ω para un resistor patrón, 20 ml para un pipeta de un trazo, 25 °C para el punto de control de un baño termostático.

Intervalo de medición: Módulo de la diferencia entre los límites de un rango nominal. Ejemplo: para un rango nominal de -5 a 30 psi de un manómetro, el intervalo correspondiente es 35 psi; para un voltímetro con rango de 0 a 10 V el intervalo de medición será 10 V.

Valor de división: Diferencia entre los valores correspondientes a dos marcas sucesivas de la escala. Ejemplo: 0,5 °C para un termómetro cuya menor división tiene ese valor.

Resolución: Menor diferencia entre indicaciones de un dispositivo de indicación que puede ser distinguida de forma significativa.

Para un instrumento de indicación digital, es el cambio en la indicación cuando el dígito menos significativo se incrementa en un paso.

Repetibilidad: Aptitud de un instrumento de medición para dar indicaciones casi similares para aplicaciones repetidas de la misma magnitud a medir, bajo las mismas condiciones de medición.

Nota: estas condiciones incluyen:

- Reducción al mínimo de las variaciones, debido al observador.
- El mismo procedimiento de operación.
- El mismo observador.
- El mismo equipo de medición usado bajo las mismas condiciones.
- El mismo lugar.
- Las repeticiones realizadas en periodos cortos de tiempo.

Condiciones nominales de funcionamiento: Condiciones de utilización para las que las características metrológicas específicas de un instrumento de medición se supone que están comprendidas entre límites dados. Las condiciones nominales de funcionamiento especifican generalmente valores nominales asignados para el mensurando y para las magnitudes de influencia.

Condiciones límites: Condiciones extremas que un instrumento de medición debe poder soportar sin daño y sin degradación de sus características metrológicas específicas cuando con posterioridad es utilizado en sus condiciones nominales de funcionamiento. Las condiciones límites pueden comprender valores límites para el mensurando y para las magnitudes de influencia y las mismas pueden corresponder a almacenamiento, transportación y operación. Ejemplo: Un indicador-controlador de temperatura que utiliza como transductor primario una termocupla de tipo J refiere en el manual del fabricante: Temperatura de operación: 0 °C a 55 °C; Temperatura de almacenamiento: - 20 °C a 70 °C.

La práctica ha demostrado la importancia que tiene la observación de estas características metrológicas para obtener buenos resultados en las mediciones; pero, lamentablemente, ésta es desconocida por las personas que deben realizarlas. El hecho de no tenerlas en cuenta en su totalidad, puede ocasionar la rotura del instrumento de medición, la salida de los parámetros que resultan de su calibración y la afectación de la calidad de las mediciones en el producto. Por ello constituye un aspecto a tener en cuenta al elaborar un sistema de gestión de las mediciones.

1.9. Calidad de las mediciones

Muchas personas, ante el resultado de una medición, en cualquiera de las actividades cotidianas, se han hecho la pregunta *¿ese equipo medirá bien, será confiable el resultado?* Esa pregunta encierra un contenido muy importante porque la obtención de un resultado confiable, solo es posible si se entienden los elementos que constituyen las bases técnicas que establecen la confianza en esa medición.

La calidad de una medición se encuentra estrechamente vinculada a:

- Adecuación de los equipos de medición a las necesidades reales de los procesos de la empresa.
- Funcionamiento correcto de los instrumentos de medición.
- Trazabilidad de los instrumentos de medición con los patrones nacionales.

Una organización solamente garantiza la gestión de la calidad si conoce con profundidad:

- El estado de funcionamiento de sus instrumentos de medición.
- Sus campos de utilización.
- Su comportamiento en el tiempo.

La calibración de un instrumento es una condición necesaria para el aseguramiento de la calidad de las mediciones, la misma es suficiente cuando exista compatibilidad entre las condiciones y los métodos de empleo de esos instrumentos con la exactitud que se pretende en la medición.

Es una función metrológica de la empresa evaluar las condiciones reales de los instrumentos de medición, dirigir o encauzar la acción de los mismos a satisfacer las necesidades claramente definidas y periódicamente actualizadas de la exactitud de las mediciones (Arias, 2005).

Las organizaciones deben establecer acciones en relación a los instrumentos de medición, para garantizar la confiabilidad de las mediciones, entre las que se encuentren:

- Selección
- Uso
- Calibración
- Reparación y ajuste de los instrumentos de medición

Para la satisfacción de las necesidades técnicas se debe tener en cuenta lo siguiente (Arias Carrazana, 2007):

- Adecuar el funcionamiento y la exactitud de los instrumentos de medición a los requisitos tecnológicos de la empresa, de acuerdo con las exigencias de la puesta en uso y de su utilización (magnitudes influyentes, mantenimiento, alimentación si es necesario, agresividad del objeto a medir o del medio ambiente, entre otras).

En el proceso de medición la presencia de variabilidad metrológica es lo que determina que, cuando se efectúe una serie de mediciones los valores resultantes varíen alrededor de un intervalo. No se obtiene siempre el mismo valor porque no es posible reproducir en cada momento las mismas condiciones para la medición. La figura 1.7 representa las bases técnicas para garantizar la calidad de la medición. Cada uno de estos elementos desempeña un papel fundamental para la materialización del objetivo central, que es la garantía de la calidad de la medición (Reyes Ponce; Hernández Leonard & Hernández Ruíz, 2009).

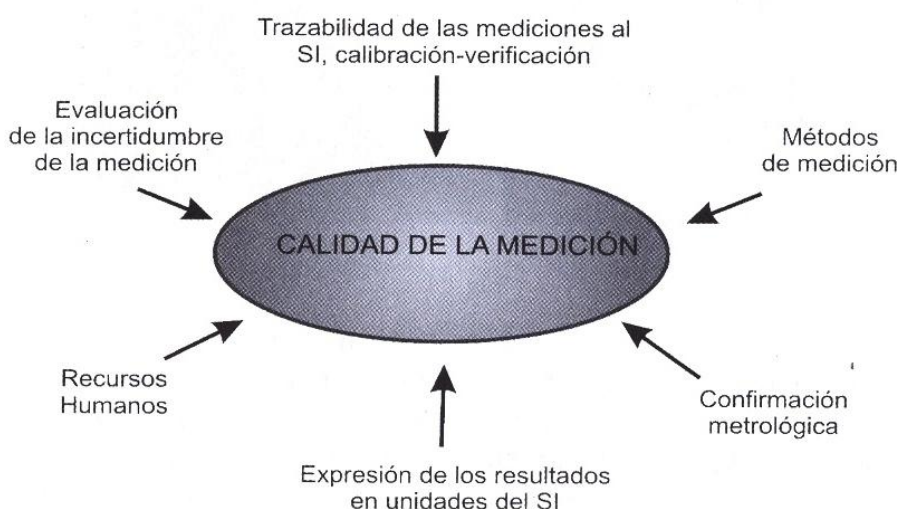


Figura 1.7. Bases técnicas para garantizar la calidad de la medición. Fuente: (Reyes Ponce; Hernández Leonard & Hernández Ruíz, 2009)

Cada uno de los aspectos mencionados en la figura anterior se encuentra explicado en (Reyes Ponce; Hernández Leonard & Hernández Ruíz, 2009).

En todo el país con el objetivo de asegurar metrológicamente todas aquellas actividades donde estén involucradas mediciones e instrumentos de medición, se crea el Decreto Ley No.183 “De la Metrología”, y se crea el SENAMET, el cual se ha mencionado anteriormente, como servicio competente responsabilizado con las actividades de la metrología legal o

parte de estas actividades, para materializar la aplicación de las leyes y las regulaciones en este campo, existiendo dependencias en todo el país.

1.10. Aseguramiento metrológico de la provincia

El Centro Territorial de Metrología de la OTN-Villa Clara, al cual Cienfuegos tributa, tiene entre sus funciones, cumplir en las provincias centrales del país las orientaciones establecidas por el SENAMET. Para ello cuenta, en su estructura, con un grupo de trabajo de aseguramiento metrológico que lleva a cabo, entre otras funciones, el asesoramiento a las empresas en todo lo concerniente a las mediciones, lo cual incluye el sistema de gestión de las mediciones.

Cuenta con laboratorios acreditados donde se realizan verificaciones y calibraciones de los instrumentos de medición, pero actualmente, por la falta de trazabilidad no puede dar algunos servicios, lo cual afecta a las empresas.

Un gran número de empresas tiene, en su plantilla, personal encargado de realizar las actividades referidas a la metrología, pero la mayoría de ellos cumplen, además, otras tareas, por lo cual, no le pueden dedicar todo el tiempo a este trabajo, y se dedican fundamentalmente a garantizar que los instrumentos de medición sean verificados o calibrados, para evitar que durante las inspecciones se les aplique alguna medida.

En las inspecciones, supervisiones metrológicas y en las auditorías realizadas a las empresas, se detectan deficiencias en las actividades de metrología, que como es lógico, afectan la calidad de las producciones o servicios que se prestan. Esto muestra que se carece de un buen aseguramiento metrológico, lo cual está motivado por factores objetivos, como pueden ser: los materiales, instrumentos de medición, condiciones de los locales, condiciones ambientales, falta de recursos financieros, y también por factores subjetivos entre los que pueden enumerarse: la despreocupación de las personas, su falta de capacitación, la falta de exigencia y del control que debe realizarse sobre la persona que realiza el trabajo.

Para garantizar el aseguramiento metrológico debemos partir de que la persona que realiza las mediciones debe estar consciente de la necesidad de su trabajo, estar motivado por su realización, y, sobre todo, es imprescindible que esté capacitado y que se le hagan los controles necesarios. Además es importante tener implantado un sistema de gestión, que sea entendido por el personal y que sea supervisado periódicamente, evidenciándose la relación entre la calidad y la metrología.

1.11. Relación entre calidad y metrología

La calidad de los productos y los procesos se evidencia mediante la demostración del cumplimiento de los requisitos especificados en las normas y se basa en las mediciones confiables y trazables al SI, realizadas en laboratorios de ensayo y calibración competentes. Este procedimiento es conocido como evaluación de conformidad y se define como la demostración del cumplimiento de los especificados en la relación con un producto, proceso, sistema, persona u organismo. Un requisito especificado es aquella necesidad o expectativa que se declara, por ejemplo, en un documento normativo, en las especificaciones de productos y en las regulaciones legales o de otro tipo dictadas por la sociedad (Reyes Ponce; Hernández Leonard & Hernández Ruíz, 2009).

Específicamente, la importancia de la metrología en su estrecha relación con la calidad radica en que las mediciones garantizan que los resultados de los procesos den productos finales con calidad especificada, y ello es aplicable a todas las actividades tanto científicas como de las diferentes ramas de la economía. Según (Reyes Ponce, 2007) las mediciones constituyen la principal fuente de información sobre la eficiencia de los procesos tecnológicos y permiten garantizar su optima calidad. Además, fundamenta todas las transacciones comerciales; desempeñan un papel decisivo en la protección al consumidor, la salud y el ambiente; y ofrecen las evidencias experimentales válidas para garantizar la credibilidad de los resultados de la investigación científica.

Debido a la globalización cada vez mayor de la economía internacional, se necesita una perspectiva unitaria sobre la calidad y forma de evaluar la conformidad. El área de su evaluación incluye diferentes actividades: el ensayo/prueba, la inspección, la certificación e, incluso, la acreditación de organismos que la evalúen. El desarrollo de estos puntos condujo al establecimiento de las actividades de certificación y acreditación a nivel internacional, como una atestación de tercera parte. La certificación (NC-ISO/IEC 17000:2005, p.4) se refiere a productos, procesos, sistemas o personas; mientras que la acreditación (NC-ISO/IEC 17000:2005, p.5) es relativa a un organismo de evaluación de conformidad, el cual manifiesta la demostración formal de su competencia para llevar a cabo las tareas específicas que le corresponden.

Las normas internacionales, relacionadas genéricamente con las actividades de evaluación de la conformidad, entre las que se encuentran los ensayos/pruebas, la inspección y varias formas de certificación, son preparadas por los grupos de trabajo del Comité ISO de Evaluación de la Conformidad (CASCO). Específicamente, la Norma Internacional ISO IEC 17000:2005 precisa los términos y las definiciones generales

relacionados con la evaluación de la conformidad y su uso para facilitar el comercio (Reyes Ponce; Hernández Leonard & Hernández Ruíz, 2009).

Las autoras mencionadas plantean que el objetivo es generar confianza en la calidad de lo evaluado, por lo que sus acciones conforman una pirámide en cuya parte superior se encuentran las actividades más complejas y con un mayor nivel de compromiso en asegurar la confianza deseada. En tal posición se encuentra la acreditación, encargada de aprobar la confianza necesaria en la evaluación objetiva y competente de la conformidad de un producto, servicio o sistema de gestión. En el segundo nivel de la pirámide se ubica la certificación, que está sujeta a exigentes requisitos, establecidos internacionalmente en un conjunto de normas y guías de actuación.

Los laboratorios de ensayo y calibración son organismos evaluadores de la conformidad, por lo que deben estar acreditados por los organismos correspondientes.

Para ello los laboratorios deben demostrar su conformidad con los requisitos técnicos y de gestión de la norma NC-ISO 17025. A nivel internacional, las organizaciones involucradas en garantizar la relación calidad-normalización-metrología a un alto nivel son la OMC y la OIML, responsables de la armonización de las regulaciones; la ISO y otras organizaciones internacionales de normalización, a partir de la armonización de las normas; el CIPM, encargado de la trazabilidad al SI; así como la ILAC y el Fórum Internacional de Acreditación (IAF) quienes trazan pautas relativas a la acreditación de la competencia técnica de los laboratorios de ensayo y calibración (Reyes Ponce; Hernández Leonard & Hernández Ruíz, 2009).

Como se ha analizado en los epígrafes anteriores la gestión de las mediciones puede ser tratada como un proceso, debido a que la misma tiene elementos de entradas, los cuales son transformados para obtener salidas. A este proceso se le pueden aplicar diferentes metodologías de mejoramiento a partir de los nuevos enfoques existentes.

1.12 Metodologías de mejoramiento de procesos

A partir de consultas realizadas se destacan un grupo de metodologías de mejoramiento de procesos y de la calidad, realizando una valoración de cada una de ellas a partir de fortalezas y debilidades.

Las metodologías son las siguientes:

- Gestión de la Calidad Total
- Reingeniería de Procesos de Negocio

- Seis Sigma

Metodología de Gestión de Calidad Total (TQM)

La gestión de la calidad total (TQM) es un acercamiento estratégico basado en la noción de que la calidad debe recorrer la organización entera. Va más allá del mando y del control; con el uso de diferentes técnicas logra un cambio en la cultura de la organización.

La filosofía de calidad del TQM es una responsabilidad de la alta dirección, la satisfacción del cliente es el objetivo primario, la mejora continua es el credo y la manera de actuar debe estar basada en los hechos, no en las opiniones y todos los empleados deben estar comprometidos.

Mientras muchos ven como un fenómeno relativamente reciente, el concepto surgido del trabajo en el control estadístico de calidad. Las ideas más importantes al respecto, se presentan en Japón por los norteamericanos, con gran fuerza en la post-guerra inmediata y encontraron su máxima expresión en la industria japonesa, en los trabajos desarrollados por Ishikawa y Taguchi.

Juran considera la gestión de la calidad en tres procedimientos básicos: Planeación de la Calidad, Control de la Calidad y Mejora de Calidad (Juran & Gryna, 1993). Juran define la calidad como la satisfacción del cliente o aptitud para el uso. Desde su punto de vista, el acercamiento a la gestión de la calidad consiste en:

- El problema esporádico se descubre y actúa en el proceso de control de la calidad.
- El problema crónico requiere un proceso diferente, a saber, la mejora de calidad.

Los problemas crónicos están relacionados con una inadecuada planeación de la calidad del proceso.

Valoración crítica de la metodología de TQM

Hay varias críticas asociadas con TQM como las expresadas en los estudios de (Wilkinson, et al., 1992). Un resumen de estas aparece a continuación:

- A pesar de la cultura de compromiso, el eslogan de delegación de autoridad y el enfoque basado en el control de gestión, en algunos casos, la gestión basada en el estrés producido.
- Los sistemas de TQM son burocráticos, es decir, más tiempo es consumido, por lo que es caro en instalar y establecer.

- Las ganancias de introducir TQM no se ven con frecuencia de manera inmediata. Esto lleva a la desmotivación y falta de interés en los sistemas y procedimientos. El resultado es que el impacto de la introducción de TQM se envejece con el tiempo.
- A pesar de las demandas por la naturaleza inclusiva de TQM, su fracaso ha determinado a menudo una falta de integración. Un nuevo conjunto de procedimientos puede implementarse para el control de la calidad existente, los cuales son difíciles de entender y vistos como otro sistema de control burocrático.
- TQM requiere niveles altos de veracidad en la organización. Por consiguiente, es difícil introducirlo eficazmente en las situaciones donde no exista dicha veracidad.
- La falta de compromiso de la dirección es una de las razones para el fracaso de esfuerzos de TQM (Brown et al., 1994).

Metodología de Reingeniería de Procesos de Negocio

La aparición de la metodología de reingeniería de procesos de negocio (BPR) se remonta a principios de los años noventa. La misma está basada en una escuela diferente de pensamiento a la mejora del proceso continuo. La reingeniería asume que el proceso actual no es pertinente, no funciona, por lo cual debe empezarse a diseñar un nuevo proceso.

(Roberts, 1994) presenta un procedimiento concentrado en un conjunto de pasos relacionados con BPR exponiendo de esta manera la forma en que las compañías deben ejecutar la Reingeniería del Proceso como una pauta por lograr el éxito. El procedimiento tiene nueve pasos fundamentales, los cuales son: Identificación de la oportunidad, análisis de la capacidad actual del proceso, diseño del proceso, riesgo y valoración del impacto, plan de transición, prueba piloto, modificaciones de la infraestructura, aplicación, transición y evaluación del desempeño del proceso. Después de la realización de todos los pasos, el autor mencionado enfatiza en la necesidad de la mejora continua.

Valoración crítica a la metodología de BPR

(Aubyn Salkey, 2008) resume un grupo de críticas, las cuales se exponen a continuación:

- BPR asume que el factor que limita el desempeño de la organización es la ineficacia de sus procesos.
- BPR no proporciona una manera eficaz de enfocar los esfuerzos de mejora en las restricciones de la organización.

- Las recomendaciones generalmente se basan en la restructuración radical, reduciendo el número de departamentos, sobre todo los que están relacionados con el trato de clientes, y reduciendo los número de empleados (Needle, 2004).
- Se ha criticado por no sólo enfocar la calidad como un costo, sus críticas más frecuentes se basan en que se utiliza como medio para reducir la mano de obra y como una novedad de paso (Needle, 2004).

Seis Sigma como metodología de mejora de procesos

Seis Sigma es una estrategia comercial que busca identificar y eliminar causas de errores, defectos o fracasos en los procesos de negocio, enfocado en rendimientos que son críticos para clientes (Snee, 1999). También es una medida de calidad que se esfuerza para realizar un acercamiento a la eliminación de defectos a través del uso y la aplicación de métodos estadísticos. Un defecto está definido como algo que puede llevar a la insatisfacción del cliente. El objetivo fundamental de la metodología Seis Sigma es la aplicación de una estrategia de medida basada y enfocada en la mejora de proceso y reducción de su variación.

La metodología Seis Sigma consiste en los pasos siguientes: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, es el mapa del proceso la guía para lograr esta meta. Dentro de este procedimiento de mejora, es responsabilidad del equipo de mejora identificar el proceso, la definición de defectos y las medidas correspondientes.

La metodología Seis Sigma (DMAIC), identifica las variables de procesos de negocio, volviéndolas estables y predecibles con capacidad para cumplir con sus requerimientos de proceso. Es considerada una iniciativa estratégica para la calidad, con la implementación de la mejora continua.

Seis Sigma se introduce como una manera de construir las iniciativas exitosas, coexistiendo elementos en la organización que permitan establecer varios pasos necesarios, identificar cualquier iniciativa que no esté siendo trabajada y llevarla a término, a apoyar a la dirección y depositar recursos en aquellos que están teniendo éxito. Además, ayuda al incremento del control de la mejora y como ésta se refleja en el cumplimiento de los objetivos del negocio.

Valoración crítica de la metodología Seis Sigma

Simplemente como todas las iniciativas de mejora de proceso previamente analizadas, Seis Sigma tiene sus propias limitaciones. Las críticas principales se resumen a continuación (Aubyn Salkey, 2008):

- Los procesos se mejoran independientemente
- Falta de consideración por los factores humanos
- La infraestructura requiere una inversión significativa
- La meta Seis Sigma (3.4 partes por millones de oportunidades) es absoluto, pero esto no siempre es una meta apropiada y no necesita ser cumplido rigurosamente
- Trabaja solo sobre la calidad
- Debido a las demandas dinámicas del mercado, las características críticas de calidad de hoy necesariamente no son significativas mañana

En el **Anexo No.2** se muestra una comparación de las metodologías de mejora de proceso analizadas anteriormente.

Del análisis realizado previamente, el autor de la actual investigación decide seleccionar Seis Sigma como la metodología a aplicar, debido a que esta metodología supera a las debilidades descritas en el resto de las analizadas. El método de desarrollar Seis Sigma es más comprensivo y fácil de aplicar, una vez que se tienen claras las herramientas requeridas, también contiene un acercamiento sistemático para encontrar soluciones a los problemas ocultos y controlar el desempeño de los resultados.

Es válido resaltar que en la búsqueda bibliográfica realiza en la investigación, no se evidencian trabajos donde se utilice dicha metodología para la mejora de la gestión de las mediciones, aspecto que el autor del actual trabajo tiene en cuenta en el desarrollo de la investigación.

Conclusiones parciales del capítulo

1. Uno de los sistemas mejor documentados que existen actualmente en Cuba es el sistema de gestión de la calidad, por lo cual es conveniente, tomarlo como base para insertar sobre él, otros sistemas de gestión incluyendo el de gestión de las mediciones.
2. El requisito concerniente a la confirmación metrológica y la realización de los procesos de medición resulta clave y decisivo para elaborar un buen sistema de gestión, porque es en este aspecto que existe menos experiencia en el país, ya que sólo lo contempla la norma NC ISO 10012: 2007, que ha sido poco utilizada en Cuba.

3. Los mayores errores que ocurren actualmente en las mediciones son causados por la propia persona que ejecuta la medición, y en ello incide notablemente la falta de capacitación de esa persona para el trabajo que realiza, las deficiencias en el control que sobre ellos se debe realizar, así como la no aplicación de un sistema de gestión de las mediciones.
4. Se selecciona la metodología Seis Sigma, debido a que esta supera a las debilidades descritas en el resto de las analizadas, es más comprensiva y fácil de aplicar, una vez que se tienen claras las herramientas requeridas, también contiene un acercamiento sistemático para encontrar soluciones a los problemas ocultos y controlar el desempeño de los resultados.



PETRÓLEOS
CUBA VENEZUELA S.A.

Capítulo 2

CAPÍTULO II: PROCEDIMIENTO PARA LA MEJORA DE PROCESOS EN LA GESTIÓN DE LAS MEDICIONES

En el presente capítulo se realiza una caracterización de la Refinería de Petróleo “Camilo Cienfuegos”, así como la propuesta de un procedimiento de mejora de procesos aplicado a la gestión de las mediciones, utilizando la metodología Seis Sigma. En este se utilizan criterios de diferentes autores, tales como: (Gutiérrez Pulido, 2004), (Guadalupe Echeverría, 2008), (Arias Carrazana, 2007) y la NC ISO10012: 2007.

2.1. Caracterización de la entidad objeto de estudio

La Refinería de Petróleo “Camilo Cienfuegos” se encuentra ubicada en la Finca Carolina, al norte de la bahía de Cienfuegos entre los ríos Salado y Damují, ocupando sus instalaciones 320 ha.

La refinería es una de las grandes inversiones que se inician en la década del 80 con la colaboración de la desaparecida Unión Soviética, comenzando su etapa de proyección y movimiento de tierra en el período comprendido entre 1977 y 1983, su construcción y montaje se enmarca entre 1983 y 1990.

En el verano de 1990 comienzan los trabajos de ajustes y puesta en marcha del complejo mínimo de arrancada. En enero de 1991 se realizan las primeras pruebas con carga, obteniéndose las primeras producciones. La puesta en marcha de estas plantas es realizada por personal de la refinería, sin la necesidad de asesoramiento extranjero.

La refinería es declarada por la Comisión Nacional del Sistema de Dirección de la Economía como empresa, el 22 de mayo de 1992, mediante la Resolución 690/1992.

La empresa a partir de la paralización de las plantas para la refinación, comienza una etapa de negociaciones sucesivas con diversas firmas extranjeras para la obtención del capital y los mercados necesarios para su arrancada, pero estas no resultan. Paralelamente se comienza a aprovechar sus facilidades tecnológicas como un centro de transbordo para la prestación de los siguientes servicios:

- Consignación de combustibles
- Almacenamiento de productos
- Operaciones de manipulación a entidades de la Unión del Combustible

Con la caída de la Unión Soviética, desaparecen también los suministros estables de crudo y en 1995 es necesario paralizar la planta de procesos de refinación y utilizar solo

la capacidad instalada para la recepción, almacenamiento y entrega de productos derivados del petróleo, que eran necesario almacenar y distribuir en toda la región central de Cuba.

No es hasta el 10 de abril del 2006 que en el marco de la Alternativa Bolivariana para las Américas (ALBA) se crea la empresa mixta PDV CUPET, S.A. entre las compañías petroleras PDVSA de Venezuela y CUPET de Cuba, con el objetivo de reactivar la Refinería de Petróleo de Cienfuegos y en este sentido comercializar los productos resultantes de la refinación tanto en Cuba como en el extranjero. Actualmente la Refinería de Cienfuegos pertenece a la corporación CUVENPETROL, dentro de la cual es una Unidad de Negocio.

La dirección general de la Unidad de Negocio perteneciente a CUVENPETROL se encuentra compuesta por nueve direcciones y dos grupos, uno de estos grupos realiza todo lo relacionado con la asesoría legal y el otro tiene a cargo la seguridad y protección física de la misma. Las direcciones con que cuenta la empresa son:

- **Dirección de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente (SHA):** Dirige, asesora y fiscaliza el cumplimiento de lo establecido en la legislación vigente; en los documentos rectores; las disposiciones de los organismos superiores en materia de medio ambiente, seguridad del trabajo y ocupacional, prevención y extinción de incendios, asesoría y auditoría técnica y el uso racional de los recursos.
- **Dirección de Contabilidad y Finanzas (DCF):** Organiza, procesa y contabiliza todas las operaciones contables y financieras de la empresa; y asesora a la alta dirección, así como a los máximos órganos de dirección de la empresa en materia económica-financiera, manteniéndolos informados de la situación de la empresa y del comportamiento de los principales indicadores técnico-económicos, alertando y recomendando la adopción de medidas que contribuyan al alcance de los objetivos propuestos en los planes y en la estrategia trazada.
- **Dirección de Recursos Humanos (DRRHH):** Garantiza la aplicación, asesora y supervisa la política de cuadros y capacitación, organización del trabajo y los salarios, inducción del personal y atención al hombre, previstos en la legislación vigente, de conjunto con la empresa empleadora, y de conformidad con lo establecido por los organismos rectores, la estrategia del Ministerio de Energía y Minas, el sistema CUPET y la empresa Mixta; observando y fiscalizando las relaciones existentes entre la empresa mixta y la empresa empleadora, a través del contrato de suministro de la fuerza de trabajo y planificar, mantener y

desarrollar los recursos del personal en la consecución de los objetivos estratégicos planteados en cada lugar.

- **Dirección Técnica (DT):** Dirige, asesora y fiscaliza el cumplimiento de lo establecido en la legislación vigente; en los documentos rectores; las disposiciones de los organismos superiores en materia de tecnología; asesoría y auditoría técnica; uso racional de los recursos; proyectos y control técnico; información científico técnica y bibliotecología. Participa en la determinación de la estrategia de la empresa y en la definición de sus objetivos y tareas principales. Garantiza la realización de los ensayos para la refinación, manteniendo la continuidad de la recepción, almacenamiento y entrega de los productos, cumpliendo con la seguridad, higiene y cuidado ambiental.
- **Dirección de Compra de Bienes y Servicios (DCBS):** Realiza las compras que se requieren; el almacenamiento y conservación de los recursos adquiridos; y el proceso de entrega a las áreas de la empresa de acuerdo a la estrategia de compras, garantizando la calidad requerida y un trato adecuado a sus clientes. Esta dirección es la encargada del aseguramiento técnico y material a todos los procesos, para ello cuenta con varios especialistas en gestión comercial y almacenes.
- **Dirección de Automática, Informática y Telecomunicaciones (AIT):** Garantiza el funcionamiento de la instrumentación, a través del sistema de control distribuido, logrando la continuidad del proceso productivo, así como mantener un adecuado desarrollo de la actividad de informática y las telecomunicaciones en la empresa, asegurando la ejecución de las funciones de sus clientes. Se divide en dos grupos: Informática Telecomunicaciones (operan toda la red informática y las señales de los equipos de comunicación) e Instrumentación (monitorea, controla y sustituye todos los sistemas de control automático de la refinería).
- **Dirección de Operaciones (DO):** Organiza y dirige la ejecución y control de las operaciones relacionadas con la refinación de petróleo, las facilidades auxiliares al proceso y el tratamiento de los residuales que se obtienen como resultado del mismo; con la máxima seguridad, eficiencia, calidad y mínimo costo; respondiendo al cumplimiento de la disciplina tecnológica y laboral, así como garantizar la calidad en correspondencia con la estrategia y la política de calidad establecida por la empresa.

- **Dirección de Movimiento de Crudo y Productos (MCP):** Organiza y dirige la planeación, ejecución y control de las operaciones de recepción, almacenaje y entrega de los combustibles en las plantas e instalaciones de la refinería con máxima seguridad, eficiencia, calidad y mínimo costo.
- **Dirección de Mantenimiento (MTTO):** Provee un servicio de mantenimiento de alta calidad, con efectividad y eficiencia para maximizar la confiabilidad operacional, la seguridad y la rentabilidad del negocio de refinación, alineados y articulados con los planes sociales para beneficio de la comunidad, a través del uso y aplicación de procesos, mejores prácticas, equipos, sistemas y tecnologías que agregan valor a la gestión, con recursos humanos comprometidos con los intereses de la empresa y la nación.

La estructura jerárquica de estas direcciones se define claramente en el organigrama de la empresa que se muestra en el **Anexo No.3**.

En la actualidad la Unidad de Negocio cuenta con total de 865 trabajadores, los cuales se dividen en obreros, técnicos y dirigentes, cuyos porcentajes se muestran en la figura 2.1.

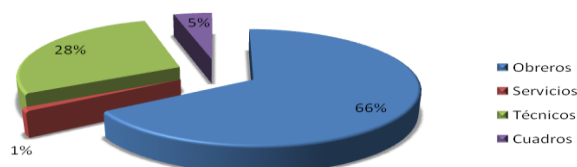


Figura 2.1. Representación de las categorías ocupacionales en la Unidad de Negocio Refinería de Petróleo “Camilo Cienfuegos”. Fuente: Elaboración propia

En el contexto de la empresa mixta existen siete empresas de la Unión Cuba Petróleo, que prestan diferentes servicios de apoyo. Entre ellas se pueden mencionar:

- Empresa Empleadora del Petróleo (PETROEMPLEO)
- Empresa de Transporte (TRANSCUPET)
- Empresa de Servicios de Petróleo (EMSERPET)
- Empresa Comercializadora de Combustible (ECC)
- Empresa de Mantenimiento al Petróleo (EMPET)
- Unión de Negocio Refinería de Petróleo “Camilo Cienfuegos”

- Unidad de Negocio: Proyectos (expansión)

La misión, visión, así como su objeto social y valores se exponen a continuación:

Misión:

Garantizar la refinación de hidrocarburos manteniendo la continuidad de la recepción, almacenamiento y comercialización de los productos con calidad, alta seguridad y responsabilidad ambiental, con PDVSA.

Visión:

Consolidar a CUVENPETROL S.A. como Unidad de Negocio refinadora de petróleo, de reconocido prestigio nacional y en el área del Caribe, con excelencia en sus productos y servicios, de eficiente gestión, competitiva, en alianza estratégica con PDVSA, comprometida con el servicio al cliente, la formación integral de sus recursos humanos, la protección del medio ambiente y el desarrollo energético del país.

Objeto social

El desarrollo y la operación del sistema de refinación de petróleo, gas natural licuado (GNL) y gas natural comprimido, sin limitación en los siguientes proyectos:

- Expansión de la Refinería “Camilo Cienfuegos”, con la finalidad de añadir valor a los productos mediante esquemas de conversión profunda y obtener materia prima para la industria petroquímica transformativa.
- Construcción de la Refinería de Matanzas, para manufacturar productos de alto valor mediante esquemas de conversión profunda que le permitan procesar crudo pesado cubano.
- Expansión de la Refinería Hermanos Díaz (Santiago de Cuba), con la finalidad de apoyar el desarrollo del polo energético en la zona Oriental y obtener calidad Euro V en la gasolina para la exportación.

Valores

DISCIPLINA: Actuación con honor y respeto ante dirigentes, funcionarios, proveedores y clientes, con una adecuada y mantenida conducta en cualquier actividad del quehacer cotidiano, cumpliendo a cabalidad con la legislación vigente.

COLABORACIÓN: Cooperación, ayuda y contribución del colectivo de trabajadores en todas las tareas que se precisen dentro del marco legal, estrechando las relaciones interpersonales y entre áreas, así como con los proveedores, clientes y la comunidad.

AUSTERIDAD: Rigurosos, severos y exigentes con nosotros mismos y los demás en el uso racional y sostenible de los recursos humanos y materiales, combatiendo el derroche, el desvío de recursos y el delito, considerando éstos, actos de indisciplina social.

FIDELIDAD: Actuación con constancia, devoción y lealtad ante nuestro trabajo cotidiano, ante nuestros clientes y proveedores, nuestros dirigentes, nuestra organización y de manera general ante la sociedad que construimos, manteniendo la unidad y la colaboración en torno a la Revolución y a los principios integracionistas de la Alternativa Bolivariana para las Américas.

RESPECTO AL CLIENTE Y PROVEEDORES: Hacer de la confianza recíproca y la buena fe principios que inspiren nuestras actuaciones en la ejecución e interpretación de nuestras relaciones interempresariales.

HONESTIDAD: Ejecutar nuestras acciones y palabras con decoro, transparencia y correspondencia entre la forma de pensar y actuar, manteniendo una posición de honor y vergüenza en defensa de la verdad bajo cualquier circunstancia, cumpliendo con las normas legales.

Sus principales proveedores y clientes son:

- **Proveedores internos:** Dirección General, Dirección de Tecnología, Servicios Técnicos, Mantenimiento, Sector Energético (Calderas y la Subestación eléctrica).
- **Proveedores externos:** Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA), Empresa de Preparación y Suministro de Fuerza de Trabajo (PETROEMPLO), Empresa de Servicios al Petróleo (EMSERPET), ENERGOCONTROL, Refinería de Petróleo “Nico López”, Empresa de productos químicos “Sagua la Grande”, Comercializadora de Sal/División Matanzas, Refinería de Petróleo “Puerto La Cruz”, Empresa de Mantenimiento del Petróleo (EMPET).
- **Clientes Internos:** Planta de Tratamiento y Residual (PTR), Laboratorio, Producción de Diesel.
- **Clientes externos:** Petróleos de Venezuela (PDVSA).

Sistemas de gestión

Existe un Sistema de Gestión de la Calidad diseñado sobre la base de la NC ISO 9001:2008, certificado por *Lloyd's Register*, que tiene identificado cinco procesos principales, de acuerdo al mapa de procesos que aparece en el **Anexo No.4**.

Los procesos M1 y M2 corresponden a actividades netamente administrativas y de oficinas, relacionadas con toda la gestión de la Unidad de Negocio. El proceso M3, básicamente responde a actividades administrativas y de oficinas, salvo la actividad de almacenamiento. El proceso M4 concentra los procesos de apoyos fundamentales tales como: M4.1 Gestión de la infraestructura; M4.2 Gestión de la documentación; M4.3 Gestión del ambiente de trabajo y protección de los trabajadores y la comunidad y M4.4 Gestión de los recursos financieros y de ahorro. Este proceso también corresponde a actividades administrativas y de oficinas, a excepción del subproceso M4.1 y específicamente el M4.1.1, que asume las actividades de programación y ejecución del mantenimiento de la infraestructura, lo cual constituye un elemento de fuerte incidencia ambiental, ya que al mismo se subordinan todos los talleres. El proceso M5 constituye la espina dorsal del sistema, donde se lleva a cabo la realización del producto, fundamentalmente asociado a los subprocesos M5.2, M5.3 y M5.4.

La Unidad de Negocio Refinería “Camilo Cienfuegos”, cuenta con un Sistema de Gestión para la Calidad basado en la NC ISO 9001:2008. Además posee certificación *Lloyd's Register*, la cual se encuentra interrelacionada con la norma NC ISO 10012: 2007 “Sistema de gestión de las mediciones – requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición”, específicamente en su apartado 7.6, donde se exponen los requisitos relacionados con el Análisis y mejora del sistema de gestión de las mediciones, lo cual es aplicado a cualquier sistema de gestión. Por tanto los procesos de medición deben considerarse como procesos específicos, cuyo objetivo es apoyar la calidad de los productos elaborados por la organización, aspecto que no se evalúa en la organización objeto de estudio, constituyendo los elementos mencionados la principal razón por la cual surge la necesidad de evaluar la calidad de las mediciones en los diferentes procesos. El procedimiento propuesto en la actual investigación para dar cumplimiento a lo mencionado anteriormente se aborda en el siguiente apartado.

2.2 Procedimiento para la mejora de procesos en la gestión de las mediciones

El procedimiento para la mejora de procesos propuesto en la presente investigación, está fundamentado en la filosofía Seis Sigma para el mejoramiento continuo de procesos, la cual se basa en el ciclo gerencial básico de Deming. Dicho procedimiento es elaborado por el autor de la actual investigación para ser aplicado al proceso de gestión de las mediciones, debido a que es una estrategia de mejora continua que busca encontrar y eliminar causas de errores o defectos en los procesos, enfocada a las variables de importancia crítica para los clientes. Para su elaboración se utilizan criterios de diferentes

metodologías, dadas por disímiles autores, tales como: (Gutiérrez Pulido, 2004), (Guadalupe Echeverría, 2008), (Arias Carrazana, 2007), (Pons Murguía y Villa Glez del Pino, 2006) y la NC ISO10012: 2007.

El procedimiento se organiza en cinco etapas básicas: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (ver figura 2.2), cada una de ellas con su correspondiente sistema de actividades y herramientas para su diseño y ejecución (ver tabla 2.1).

Antes de comenzar la investigación es necesario la creación de un grupo de trabajo, el cual debe estar formado por un Black Belt, un directivo, el especialista que atiende la metrología, un especialista conocedor de los procesos y un trabajador de experiencia de cada una de las áreas que formen parte de la empresa, estos deben dominar lo planteado en la NC ISO 10012: 2007, así como parte de los requisitos planteados en la NC ISO 9001: 2008, NC ISO 14001: 2004 y NC 18001: 2005 y la metodología Seis Sigma, además de las técnicas de diagnóstico que se aplicarán para conocer el estado del sistema de gestión de las mediciones en la organización objeto de estudio. De ser necesario se realizará una capacitación en el tema.

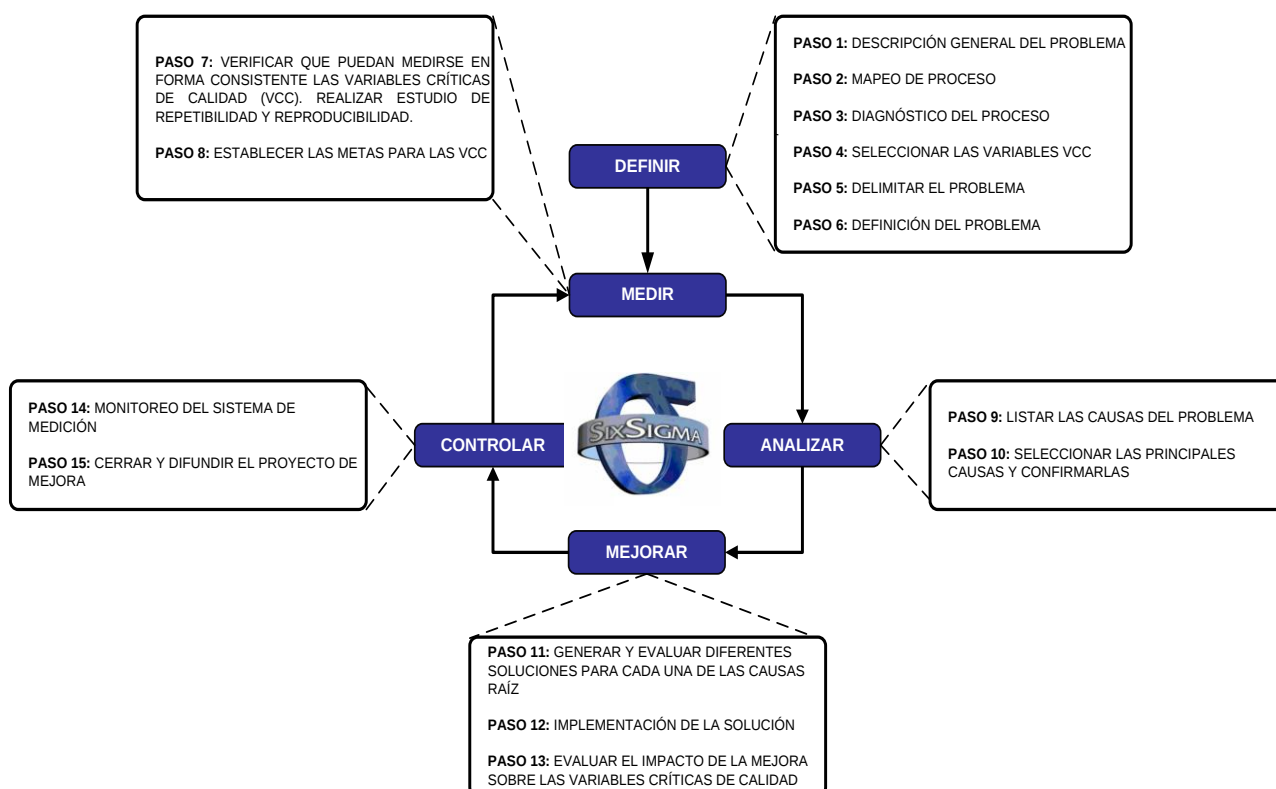


Figura 2.2. Procedimiento para la mejora de la gestión de las mediciones, a partir de la utilización de la metodología Seis Sigma. Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.1: Aspectos básicos del procedimiento para la mejora de procesos en la gestión de las mediciones

ETAPAS	ACTIVIDAD	HERRAMIENTAS
Definir	Descripción general del problema	Documentación descriptiva del sistema de gestión de las mediciones, reuniones participativas, trabajo de grupo.
	Mapeo de proceso	Reuniones participativas, documentación de proceso, Mapeo de procesos (SIPOC).
	Diagnóstico del proceso	Análisis de los requisitos legales aplicables en la materia, documentación relativa al sistema de gestión de las mediciones, informes de auditorías, no conformidades.
	Seleccionar las variables críticas para la calidad.	Método Delphi, Técnica UTI, Selección pondera
	Delimitar y definir el problema	Trabajo en grupos
Medir	Verificar que puedan medirse en forma consistente las variables críticas de calidad.	Estudios de repetibilidad y reproducibilidad
	Establecer las metas para las variables críticas de calidad	Trabajo en grupo
Analizar	Listar las causas del problema	Diagrama causa – efecto
	Seleccionar las principales causas y confirmarlas	Trabajo en equipo Votación

Mejorar	Generar y evaluar diferentes soluciones para cada una de las causas raíces.	Trabajo en grupos, Tormenta de ideas Técnica UTI
	Implementación de la solución.	5W y 2H Planes de Control
	Evaluar el impacto de la mejora sobre las variables críticas de calidad.	Estudios de repetibilidad y reproducibilidad
Controlar	Monitoreo del sistema de medición	Documentación del proceso, Cartas de Control
	Cerrar y difundir el proyecto de mejora.	Reuniones participativas.

A continuación se expone la descripción de cada una de las etapas del procedimiento propuesto para ser aplicado al proceso de gestión de las mediciones, teniendo en cuenta los criterios de los autores mencionados anteriormente.

Etapas I: Definir

En esta etapa se debe tener una visión y definición clara del problema que se pretende resolver mediante un proyecto Seis Sigma. Por lo cual es esencial una presentación del proceso, detallando el mismo en término de su contexto, alcance y requisitos.

Luego es fundamental identificar las variables críticas para la calidad, establecer metas, definir el alcance del proyecto, precisar el impacto que sobre el cliente tiene el problema y los beneficios potenciales que se esperan del proyecto. Todo lo anterior se debe hacer con base en el conocimiento que el equipo tiene sobre las prioridades del negocio, de las necesidades del cliente y del proceso que necesita ser mejorado.

Los siguientes pasos componen esta secuencia inicial:

Paso 1: Descripción general del problema

Se hace necesario responder la pregunta, ¿Cómo está funcionando actualmente la actividad?

Para realizar un examen profundo del trabajo es necesario:

- Conversar con los clientes (fundamentalmente los trabajadores)
- Recopilar datos y obtener información relevante sobre el comportamiento del proceso
- Obtener una visión global de la actividad

De forma general se debe explicar en qué consiste el problema y por qué es importante resolverlo.

El mapeo del proceso permite visualizar cada una de las operaciones (subprocesos) involucradas, de manera aislada o interrelacionadas, debido a que este flujo detallado deja clara la trayectoria de la actividad desde su inicio hasta su conclusión.

Paso 2: Mapeo de proceso

Este paso tiene por objetivo mostrar los subprocesos u operaciones principales del proceso completo donde se presenta el problema, para lo cual es necesario:

Descripción del contexto

Este aspecto (*Descripción del contexto*), se pretende dar respuesta a la pregunta, ¿Cuál es la naturaleza del proceso?

Para llegar a conocer el proceso en su totalidad es preciso especificar:

- La esencia de la actividad
- El resultado esperado del proceso
- Los límites del proceso: ¿Dónde comienza? (entradas) y ¿Dónde termina? (salidas)
- Las interfaces con otras actividades (¿Cómo el proceso interactúa con otros procesos?)
- Los actores involucrados en la actividad (ejecutores, clientes, proveedores)

Determinación de los requisitos y narración del proceso

En cuanto a la determinación de requisitos es necesario analizar cuáles son:

a) Los requisitos del cliente (exigencias de salida).

-Las demandas de los clientes de la actividad esclareciendo adecuadamente el producto final que estos esperan.

b) Los requisitos para los proveedores (exigencias de entrada).

-Las demandas del proceso, indispensables para obtener un producto o servicio que satisfaga al cliente.

Sin duda alguna, es fundamental que se establezca una comunicación directa, positiva y efectiva entre los responsables de la actividad, los clientes y los proveedores.

Se debe describir con claridad el proceso para tener una visión amplia sobre él. El producto final esperado de esta etapa de caracterización del proceso, es un documento que permita entender y visualizar de manera global en qué consiste el mismo, además de elaborar la ficha del proceso objeto de estudio.

Paso 3: Diagnóstico del proceso

En cuanto a la identificación de problemas, la pregunta a responder es; ¿Cuáles son los principales problemas que afronta la gestión de las mediciones en la organización?

Para ello se considera importante definir las fortalezas y debilidades de la actividad, especificando:

- ¿El qué está bien? (éxito)
- ¿El qué está mal? (fracaso)
- ¿El por qué de cada una de estas situaciones?

Por tanto se definen los aspectos a que irá dirigido el diagnóstico, fundamentalmente: requisitos legales aplicables, actividades de gestión, entre otras. A continuación se abordan criterios para realizar un diagnóstico en materia de gestión de las mediciones, dados por (Arias Carrazana, 2007).

Requisitos legales aplicables en materia de gestión de las mediciones

Tomando como base los listados actualizados emitidos por la Oficina Nacional de Normalización (ONN), Servicio Nacional de Metrología (SENAMET), se deben identificar y ubicar los requisitos legales aplicables. Se recomienda elaborar un listado de referencia con el número y título de las regulaciones aplicables en la empresa, además verificar la existencia o no de estas.

Actividades de gestión

Para conocer en qué medida el Sistema de Gestión de las Mediciones que posee la organización cumple con los requisitos de la NC ISO 10012: 2007 “Sistema de gestión de las mediciones. Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición”, y si

el mismo responde a las necesidades de dicha empresa y sus clientes, es necesario identificar los elementos que conforman el sistema de la organización, sus interrelaciones y responsabilidades asignadas.

Se determina si se trabaja con enfoque a los clientes, tanto internos como externos, si cada uno de los elementos de los procesos tiene identificado a quién le entrega sus resultados y si están definidos los requisitos de dichos resultados.

Se analizan los documentos existentes, buscando que describan el sistema, garanticen su eficacia y respondan a las necesidades tanto de la organización como de sus clientes.

En este diagnóstico se utiliza el cuestionario de cumplimiento de la norma mencionada, el cual se muestra en el **Anexo No.5**.

Entre los requisitos fundamentales a cumplir se encuentran:

- Responsabilidades de la dirección
- Gestión de los recursos
- Confirmación metrológica y realización de los procesos de medición
- Análisis y mejora del sistema de gestión de las mediciones

Con la información recopilada, se prepara un informe para la alta dirección de la empresa sobre la situación encontrada en el desempeño del sistema de gestión de las mediciones.

De forma general deben quedar claros los elementos del sistema gestión de las mediciones (requisitos) que se deben considerar.

Se recomienda la revisión de las “No conformidades” identificadas en auditorias, supervisiones metrológicas y reclamaciones de los clientes. Las “No conformidades” deben ser corregidas con la mayor inmediatez posible o programar su solución, ser objeto de seguimiento por el comité de gestión y el análisis en las revisiones semestrales del sistema por la dirección.

Para el tratamiento a las No Conformidades se siguen los pasos expuestos en el procedimiento RF-GG-P-02-09 “Gestión de no conformidades, acciones correctivas y preventivas”, el cual se encuentra integrado al sistema de gestión de la calidad.

Una vez conocida las No Conformidades (NCF), el representante del área autorizada emite al área responsable un Reporte de NCF, formalizando para ello el formato RRF-GG-P-02-09-01. Luego se determinan las medidas que correspondan a partir de la propia naturaleza de la NCF. El cierre de la NCF ocurre cuando el área autorizada comprueba la

aplicación real por el área responsable de las medidas y acciones correctivas o preventivas planificadas.

Dando un adecuado uso a los datos e informaciones obtenidas es posible detectar y caracterizar las causas responsables de las fallas y de los resultados indeseados en la gestión de las mediciones.

Paso 4: Seleccionar las variables críticas para la calidad (VCC)

En este paso se deben especificar las variables críticas para la calidad y productividad mediante las cuales se evaluará que tan bien se cumplen los objetivos del proyecto, ejemplo de esto: tiempo de ciclo, costos, calidad de alguna variable de salida, quejas, productividad, entre otras. Estas variables deben estar ligadas a la satisfacción del cliente o en general al desempeño del proceso, por tanto se debe garantizar que se está escuchando al cliente. La clave aquí es preguntarse qué aspectos del producto final son importantes para el cliente y por qué, además de los resultados del diagnóstico realizado en el paso anterior. Luego se debe dar un orden de prioridad a cada una de las variables identificadas, para lo cual se recomienda utilizar diferentes técnicas y herramientas como la UTI, Selección ponderada y el Método Delphi.

Paso 5: Delimitar el problema

En este paso se hace necesario delimitar el problema, para decidir qué parte del proceso será abordado en la investigación en función de su magnitud. Para demostrar la influencia de la calidad de las mediciones, se hace necesario analizarla a través de la calidad del producto, debido a que las mismas se encuentran presentes en todos los procesos.

Paso 6: Definición del problema.

Para la definición final del problema deben utilizarse los datos de las variables críticas para la calidad (ya sea que se refieren al cliente o al desempeño del proceso). Es decir, expresar el problema en términos cuantitativos, ligarlo a los resultados del proceso.

Etapas II: Medir

En esta segunda etapa se verifica que las variables críticas para la calidad puedan medirse en forma consistente, se mide su situación actual y se establecen metas para dichas variables. Esta es una etapa importante porque se da continuidad a la anterior, se realiza el estudio de repetibilidad y reproducibilidad (R&R) para saber con mayor precisión la magnitud del problema actual y generar bases para encontrar la solución.

Esta segunda etapa está compuesta por la siguiente secuencia de pasos:

Paso 7: Verificar que puedan medirse en forma consistente las variables críticas de calidad. Realizar estudio de repetibilidad y reproducibilidad

Lo primero que debe hacerse es verificar que las variables críticas de calidad que se han elegido en la etapa anterior pueden medirse en forma consistente. Por tanto lo más indicado es llevar a cabo un estudio de repetibilidad y reproducibilidad al sistema de medición de las variables críticas de calidad. Un estudio R&R es perfectamente factible para la mayoría de las variables críticas de calidad que se presentan en la práctica, donde pueden haber dificultades en el caso de variables lentas de tipo administrativas (ejemplo: quejas). Con independencia del tipo de variables, el equipo de mejora debe revisar con detalle la forma en que se miden sus variables críticas de calidad y asegurar que estas mediciones se hacen en forma consistente, debido que a través de estas variables se mide el impacto de las mejoras.

De forma general los estudios R&R evalúan experimentalmente qué parte de la variabilidad total observada es atribuible al error de medición y cuantificar este error, comparando con la variabilidad del producto y con las especificaciones de calidad que requiere. Las fuentes de variabilidad se pueden evaluar a partir de la variabilidad del producto mediante el proceso de medición y la reproducibilidad de los operadores.

(Gutiérrez Pulido, 2004) plantea que existen dos tipos de estudios R&R, el corto y el largo. El estudio R&R largo es el más completo y el recomendado, debido a que permite evaluar cada una de las fuentes de variabilidad, en particular la repetibilidad y reproducibilidad. Mientras que el estudio R&R corto, es menos recomendado, debido a que solo permite evaluar la variabilidad del instrumento de medición y del operador.

Dentro de los métodos utilizados se encuentra el de medias y rangos, para analizar los datos de un estudio R&R largo. Según el autor mencionado la ventaja de este método es su simplicidad (ver Gutiérrez Pulido, 2004). Otro de los métodos recomendados es el ANOVA (Análisis de varianza) para el análisis de los datos del estudio largo, siendo este más completo, debido que no supone la inexistencia de interacción parte x operador (producto x operador), como lo hace el método basado en medias y rangos, cuando esta interacción está presente los resultados de este último son incorrectos, ya que subestima la verdadera variación de la medición (Gutiérrez Pulido, 2004).

Para el procesamiento de los datos en este tipo de estudio se recomienda utilizar el software Minitab 15.0.

Paso 8: Establecer las metas para las variables críticas de calidad

Tomando en cuenta la situación para las variables críticas de calidad, se deben establecer metas para éstas. Dichas metas deben balancear el que sean ambiciosas pero alcanzables.

Etapla III: Analizar

La meta de esta fase es identificar la(s) causa(s) raíz del problema, entender cómo es que éstas generan el problema y confirmar las causas con datos. Por tanto en esta fase se deben desarrollar teorías que explican cómo es que las causas raíces generan el problema, confirmar estas teorías con datos, para después de ello tener las pocas causas vitales que están generando el problema. Las herramientas que son de utilidad en esta fase son muy variadas, entre algunas de ellas: lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa, cartas de control, entre otras.

Paso 9: Listar las causas del problema

En la etapa anterior queda definido el estado del proceso en cuanto a variabilidad, por tanto en función de estos resultados se deben generar las causas que pueden estar incidiendo en el estado del proceso mediante una lluvia de ideas, y organizarlas mediante un diagrama de Ishikawa.

Paso 10: Seleccionar las principales causas y confirmarlas

En este paso se deben seleccionar las que se crean que son las causas principales, explicar cuál es la razón y confirmar con datos la situación existente.

Etapla IV: Mejorar

Como lo hecho en la etapa previa se está listo para que en ésta se propongan, implementen y evalúen las soluciones que atiendan las causas raíces detectadas. Así, el objetivo último de esta etapa es demostrar, con datos, que las soluciones propuestas resuelvan el problema y llevan a las mejoras buscadas. Con este propósito se propone completar los siguientes pasos.

Paso 11: Generar y evaluar diferentes soluciones para cada una de las causas raíz

Es recomendable generar diferentes alternativas de solución que atiendan las diversas causas. Luego es importante evaluarlas a partir de diferentes criterios o prioridades sobre los que se debe tomar la solución.

Paso 12: Implementación de la solución

Para implementar la solución es importante elaborar un plan en el cual se especifiquen las diferentes tareas, su descripción (en qué consiste, cómo se va a hacer, dónde se va a implementar), las fechas para cada una, los recursos monetarios que se requieren, las personas responsables y participantes. Para este fin se recomienda utilizar la técnica de las 5W2H.

En el caso que sea considerado conveniente, inicialmente, puede adoptarse un procedimiento de carácter experimental, que consista en:

- Realizar un proyecto piloto
- Observar, controlar y evaluar la experiencia implantada
- Realizar la implantación definitiva como consecuencia de los resultados positivos obtenidos

Paso 13: Evaluar el impacto de la mejora sobre las variables críticas de calidad

Para la evaluación de la solución se debe comparar el estado del proceso antes y después de las acciones tomadas, es decir, volver a realizar un estudio de repetibilidad y reproducibilidad para las variables críticas de calidad seleccionadas. Si los resultados no son satisfactorios, entonces se debe revisar por qué no da resultado y con esa base revisar lo hecho nuevamente.

Etapas V: Controlar

Una vez que las mejoras deseadas han sido alcanzadas, en esta etapa se diseña un sistema que mantenga las mejoras logradas. En otras palabras, el objetivo de esta etapa es que el equipo de trabajo desarrolle un conjunto de actividades con el propósito de mantener el estado y desempeño del proceso a un nivel que satisfaga las necesidades del cliente y esto sirva de base para buscar la mejora continua. En este sentido, es necesario establecer un sistema de control para:

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

Paso 14: Monitoreo del sistema de medición

Para el monitoreo de los resultados, se dirige a responder la pregunta; ¿Funciona el proceso de acuerdo con los patrones? Consiste en verificar si el proceso está funcionando de acuerdo con los patrones establecidos así como la ejecución de las acciones correctivas.

Este monitoreo del proceso es permanente y forma parte de la rutina diaria de trabajo de todas las personas que participan en el proceso, siempre sobre la base del Ciclo Gerencial Básico de Deming (PHVA).

Este tipo de estudio donde el objetivo es monitorear permanentemente el desempeño de un equipo de medición, midiendo cada cierto intervalo de tiempo una o varias magnitudes. Estos tiene la ventaja de que en cualquier momento provee información sobre el estado del proceso de medición, lo que puede servir para decidir los intervalos de calibración y el momento en que se pueda realizar un estudio R&R.

Las herramientas por excelencia para analizar y monitorear un sistema de medición son las cartas de control, las cuales permiten visualizar el comportamiento de las mediciones a través del tiempo, conociendo de esta forma la estabilidad del procesos de medición.

Paso 15: Cerrar y difundir el proyecto de mejora

El objetivo de este último paso es asegurarse que el proyecto de mejora sea fuente de evidencia de logros, de aprendizaje y que sirva como herramienta de difusión. Por ello el equipo de trabajo debe desarrollar los siguientes aspectos:

- Documentar el proyecto: Integrar todos los documentos que reflejen el trabajo realizado en las cinco etapas.
- Principales logros alcanzados: Elaborar un resumen de los principales cambios o soluciones dadas para el problema, el impacto de las mejoras, entre otros.
- Difundir lo hecho y logros alcanzados: Presentación ante colegas y directivos, difusión interna por los canales adecuados.

La correcta aplicación de este procedimiento a la gestión de las mediciones exige la observancia de tres condiciones básicas:

- Utilización de herramientas de la calidad
- Se requiere el empleo de recursos y técnicas que faciliten la recopilación y el análisis de los datos sobre toda actividad.

- Registro documental del proceso
- El registro documental está constituido por datos e informaciones sobre el trabajo, de forma descriptiva, estadística y gráfica con el fin de documentar las actividades, así como las conclusiones de la evaluación y las propuestas de recomendación.
- Ejecución del trabajo en equipo

Conclusiones parciales del capítulo

1. Para la mejora de un sistema de gestión de las mediciones es necesario considerar las responsabilidades de la dirección, la gestión de los recursos, la confirmación metrológica y realización de los procesos de medición, además de asegurar que todos en la organización estén sensibilizados con la importancia de este tipo de sistema, así como su interrelación con la calidad del producto final.
2. El procedimiento general propuesto para la mejora de la gestión de las mediciones está fundamentado en la filosofía Seis Sigma para el mejoramiento continuo de procesos, la cual se basa en el ciclo gerencial básico de Deming. En este se incluye el diagnóstico inicial, así como un grupo de criterios planteados por diferentes autores, tales como: (Gutiérrez Pulido, 2004), (Guadalupe Echeverría, 2008), (Arias Carrazana, 2007) y NC ISO10012: 2007.
3. El procedimiento general propuesto para la mejora de la gestión de las mediciones, es flexible a toda organización durante el proceso de integración y mejoramiento continuo de su gestión. El mismo facilita el proceso de ajuste de las acciones planificadas (correctivas y preventivas) a través del análisis de los resultados del funcionamiento del sistema de medición, a partir de la evaluación de la calidad del producto final.



PETRÓLEOS
CUBA VENEZUELA S.A.

Capítulo 3

CAPÍTULO III: APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA LA MEJORA DE LA GESTIÓN DE LAS MEDICIONES EN EL PROCESO DE TRATAMIENTO Y ALMACENAMIENTO DEL JET A1

En este capítulo se presentan los resultados relacionados con la aplicación del procedimiento para la mejora de la gestión de las mediciones en el proceso de Tratamiento y almacenamiento del Jet A1, sobre la base de un conjunto de elementos propios en la temática, trayendo como resultado el conocimiento de las principales debilidades en la materia y los elementos a mejorar dentro del sistema.

3.1 Aplicación del procedimiento

La aplicación del procedimiento se realiza siguiendo en orden los pasos propuesto en el capítulo anterior, tomando como objeto de estudio la Unidad de Negocio Refinería de Cienfuegos.

Para comenzar la investigación se crea el grupo de trabajo compuesto por especialistas, tecnólogos, directores, entre otros, los integrantes del mismo se listan en el **Anexo No.6**.

A medida que transcurra la investigación se hace necesario la incorporación de otros miembros, ejemplo: especialistas y técnicos en la actividad industrial, trabajadores de experiencia, entre otros.

Etapas I: Definir

Conocer los resultados de una evaluación de la eficacia de un sistema de gestión de las mediciones nos permite mejorar la gestión de las distintas actividades relacionadas con la metrología, minimizar los riesgos de mediciones incorrectas, reducir las incertidumbres, garantizar la trazabilidad, patrones y materiales de referencia, tener certeza y credibilidad en los resultados de las mediciones tecnológicas y económicas, entre otras.

Paso 1: Descripción general del problema

La Unidad de Negocio Refinería “Camilo Cienfuegos”, cuenta con un Sistema de Gestión de Calidad basado en la NC ISO 9001:2008. Posee certificación *Lloyd Register*, la cual se encuentra interrelacionada con la norma NC ISO 10012: 2007 “Sistema de gestión de las mediciones” – Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición, específicamente en su apartado 7.6, donde se exponen los requisitos relacionados con el análisis y mejora del sistema de gestión de las mediciones, lo cual es aplicado a cualquier sistema de gestión. Por tanto los procesos de medición deben considerarse como procesos específicos, cuyo objetivo es apoyar la calidad de los productos elaborados por

la organización, aspecto que no se evalúa en la organización objeto de estudio, constituyendo los elementos mencionados la principal razón por la cual surge la necesidad de evaluar la calidad de las mediciones en sus procesos.

Paso 2: Mapeo del proceso

Descripción del contexto

Dada la dinámica actual, la metrología como ciencia de las mediciones, adquiere hoy una importancia relevante dentro de las relaciones comerciales a nivel global.

La gestión de la calidad, el control de los procesos, la calibración de los instrumentos de medición, la trazabilidad de las mediciones, la acreditación de laboratorios y las actividades de certificación, demandan cada día, mayor calidad en los servicios metrológicos.

El sistema de gestión de las mediciones incluye todos los procesos donde se realizan mediciones; proceso de confirmación metrológica de los instrumentos de medición y los procesos de soporte necesarios, que son aquellos referentes a la asignación de responsabilidades, capacitación, competencia y formación del personal, la gestión y asignación de los recursos, auditorías, control de las no conformidades y la mejora continua, entre otros.

Hoy la Unidad de Negocio “Refinería de Cienfuegos” cuenta con un total de 13 000 instrumentos aproximadamente, los cuales se encuentran distribuidos por los diferentes procesos que existen en la organización, las magnitudes de los mismos son Presión, Temperatura, Flujo, Volumen, Masa, Nivel, Físico-Químico, Electricidad, Radio, Tiempo, Longitud, Ángulo, entre otras.

Dada la importancia de la temática tratada, la misma se refleja en la política de la organización, cuando expone “Cumplir los requisitos de calidad de los productos pactados con los cliente”, donde estos son evaluados a partir de las mediciones de cada uno de los parámetros de calidad de los productos; dicha política se muestra en el **Anexo No. 7**.

El proceso de Mantenimiento, calibración y verificación de los instrumentos de medición, se encuentra subordinado a la Dirección Técnica (DT) y la Dirección de Automática, Informática y Telecomunicaciones (AIT).

La Unidad de Negocio Refinería “Camilo Cienfuegos”, dentro del sistema de gestión de las mediciones cuenta con un grupo de procedimientos, los cuales se nombran a continuación.

- RF-DT-P-13-04 “Procedimiento para el control de los dispositivos de seguimiento y medición”
- RF-DAIT-11-03 “Reparación y calibración de dispositivos de seguimiento y medición”
- RF-DAIT-11-04 “Procedimiento para el cambio de ajustes o parámetros en los sistemas de control”
- RF-DT-IT-13-01 “Instrucción para la inspección interna de la comercialización”

Determinación de los requisitos

Entre los requisitos a cumplir para realizar el trabajo dentro del proceso se encuentran:

- Disponer de la Orden de Trabajo
- Solicitar el Permiso de Trabajo
- Determinar el periodo de verificación según Disposición General DG-01
- Observar el RF-DT-P-13-05 “Procedimiento de control de los dispositivos de seguimiento y medición”
- Utilizar para accionar la RF-DAIT-IT-11-08 “Instrucción para la calibración de manómetros y manovacuómetros, de deformación elástica, indicadores de trabajo”
- Revisión del cumplimiento del Decreto Ley 183
- Realizar el control de calidad a las mediciones en el proceso de medición

Narración del proceso

El proceso de Mantenimiento, Calibración y Verificación de los instrumentos de medición se encuentra compuesto por 14 actividades, las cuales son descritas en el **Anexo No.8**.

Para un mejor análisis del proceso en estudio se muestra en el **Anexo No.9** el diagrama de flujo, especificando cada una de las operaciones que ocurren y su secuencia.

En el **Anexo No.10** se encuentra el mapa del proceso de Mantenimiento, calibración y verificación de los instrumentos de medición en la Unidad de Negocio Refinería de Petróleo “Camilo Cienfuegos”, utilizando la técnica SIPOC, mientras en el **Anexo No.11** se expone la ficha correspondiente al proceso analizado.

Paso 3: Diagnóstico del proceso

El objetivo general del diagnóstico es establecer el estado actual de la gestión de las mediciones por medio de una revisión inicial, así como de los requisitos legales aplicables en la misma.

A partir de lo expuesto anteriormente se realiza un diagnóstico inicial en la actividad de metrología, estructurado en:

- Requisitos legales aplicables en materia de gestión de las mediciones
- Actividades de gestión

A continuación se describe cada uno de los aspectos mencionados:

Revisión y análisis de los requisitos legales en materia de gestión de las mediciones

Se realiza la revisión de la legislación, normas cubanas y otras regulaciones de la Oficina Nacional de Normalización (ONN) y el Servicio Nacional de Metrología (SENAMET) relativas a dicha materia. Se elabora un listado de referencia de acuerdo a lo establecido por el organismo rector y el título de las normas aplicables en la empresa. Se verifica la existencia o no de dichas regulaciones, lo que aparece en el **Anexo No.12**.

De forma general la empresa dispone de la legislación emitida (resoluciones, normas, instrucciones, reglamentos, normas extranjeras aplicables, leyes, decretos y decretos leyes) en el país por organismos rectores como: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (MTSS), Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), Ministerio de Energía y Minas (MINEM), la Unión CUPET, CUVENPETROL y otros.

Diagnóstico en las actividades de gestión de las mediciones en la empresa

Consiste en aplicar técnicas y herramientas propias para realizar un diagnóstico en materia de gestión de las mediciones, en la presente investigación se utilizan fundamentalmente las siguientes:

- Cuestionario de cumplimiento de la NC ISO 10012: 2007

- Registro de no conformidades

Cuestionario de cumplimiento de la NC ISO 10012: 2007

Se aplica la guía de cumplimiento de la NC ISO 10012: 2007, la cual recoge los requisitos a cumplir por un sistema de gestión de mediciones y los documentos que dan respuesta a dichos requisitos. Esta es llenada de conjunto con el especialista en metrología y un equipo de trabajo, donde evalúan el cumplimiento de cada requisito.

En la figura 3.1 se representan los resultados obtenidos.

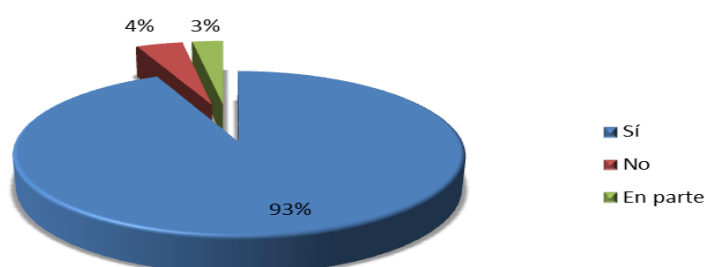


Figura 3.1. Representación del porcentaje de cumplimiento de los requisitos planteados en el cuestionario de la NC ISO 10012: 2007. Fuente: Elaboración propia

Del análisis de la figura anterior se evidencia que el 3% de los requisitos que plantea el cuestionario utilizado están definidos documentalmente en parte, pero existen actuaciones que pretenden resolver dicha situación. Para cada proceso de medición no están identificados los elementos que pueden poner en riesgo el cumplimiento de los requisitos y los límites de control del proceso, lo cual representa el 4%.

Se realiza una revisión del registro RRF-GG-P-02-09-01 “Registro de No Conformidades”, reclamaciones de los clientes, así como informes de auditorías y supervisiones metrológicas correspondientes a los últimos cinco años. A partir de este análisis se evidencian un grupo de deficiencias relacionadas con el tema tratado en la investigación, las cuales han sido solucionadas en diferentes períodos, pero en todo momento se evidencia la necesidad de realizar estudios que permitan conocer la calidad de las mediciones.

En todos los procesos están identificados los instrumentos de medición por un código, el cual se encuentra en correspondencia con su ubicación y sus funciones. Se realiza un estudio de las exigencias de medición en todos los procesos, para seleccionar los

instrumentos que cumplan con las especificaciones en cuanto a: precisión, rango, valor de división, unidad de medida, así como asegurar que dichas unidades se correspondan con las establecidas en el Sistema Internacional de Unidades (Decreto Ley No. 62 “Sobre la implantación del Sistema Internacional de Unidades,” de diciembre de 1982). De esta forma se garantiza que los instrumentos adquiridos tengan trazabilidad, para lograr el Aseguramiento Metrológico por el Servicio Nacional de Metrología (SENAMET).

Se encuentra definido para cada uno de los instrumentos que integran el proceso de medición, período de calibración y de verificación, el cual se establece por el Decreto Ley No.183 de febrero de 1998 y regulado por la Disposición General DG-01:2012 “Instrumentos de medición sujetos a la verificación obligatoria y a aprobación de modelo según los campos de aplicación donde serán utilizados”. Actualmente se trabaja por un Plan de Calibración y de Verificación con la utilización de un software (MP2), con el sistema de órdenes y permisos de trabajo para extraer del proceso los instrumentos, existe un proceder para los imprevistos de trabajo. Las principales dificultades en estos momentos se centran en:

- Se extiende el período de extracción para la calibración o verificación del instrumento por imposibilidad de detener el proceso.
- Demora en el ciclo de verificación y calibración.
- No se cuenta con la reserva necesaria para reponerlo en caso de que el instrumento termine su vida útil.
- Falta de control en la posición de los instrumentos, faltando chapilla de identificación.
- Falta de trazabilidad en algunos instrumentos por el SENAMET.
- No existencia en determinado momento de materiales de referencias certificados para los ensayos de laboratorio.
- No se realizan estudios para conocer la calidad en el sistema de gestión de las mediciones.
- Uso de instrumentos en el proceso sin la debida confirmación metrológica o carencia de su evidencia.

A partir de los resultados obtenidos se procede a listar fortalezas y debilidades del proceso de gestión de las mediciones en la Unidad de Negocio Refinería “Camilo Cienfuegos”, para lo cual se realiza una Lluvia de Ideas (Brainstorming) con el equipo de trabajo.

Los resultados que se obtienen son los siguientes:

Fortalezas

- Se cuenta con instrumentación de tecnología de punta en la mayoría de los procesos.
- Utilización de un software para mejorar la gestión del proceso de Mantenimiento, Calibración y Verificación.
- Existencia de un registro de todos los instrumentos de la empresa separados por magnitudes y procesos.
- Se posee un sistema de gestión de calidad certificado por la NC ISO 9001: 2008.
- Personal capacitado y apto para operar los equipos.
- El proceso se encuentra automatizado y se poseen recursos informáticos y logísticos para el aseguramiento del proceso.
- Existe un presupuesto por área de responsabilidades, tanto para garantizar la confirmación metrológica como las inversiones.
- En todos los equipos existentes la unidad de medida se encuentra en correspondencia con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Debilidades

- Existencia de equipos sin trazabilidad en el proceso.
- No se cuenta con laboratorios de calibración en las magnitudes de temperatura y electricidad en la empresa.
- No se realizan estudios para conocer la calidad en los sistemas de medición.
- No se cuenta con reserva de instrumentos para reponer en el momento de la calibración.

- Demora en el tiempo de ciclo de salida y reposición de los instrumentos.
- Incumplimiento en el período de verificación y calibración.
- No se cuenta en algunos momentos en los ensayos con materiales de referencias certificados (MRC).

Paso 4: Seleccionar las variables críticas para la calidad (VCC)

La calibración y verificación de un instrumento es una condición necesaria para el aseguramiento de la calidad de las mediciones.

Para la satisfacción de las necesidades técnicas es necesario considerar la adecuación del funcionamiento y la exactitud de los instrumentos de medición a los requisitos tecnológicos de la empresa, de acuerdo con las exigencias de la puesta en uso y de su utilización (magnitudes influyentes, mantenimiento, alimentación sí es necesario, agresividad del objeto a medir o del medio ambiente, entre otros).

Para definir las variables críticas de calidad de mayor impacto a los clientes del proceso objeto de estudio, se realiza una sesión de trabajo con el equipo de expertos a partir de los resultados obtenidos en el diagnóstico, definiendo las siguientes variables:

- Período de verificación y calibración
- Tiempo de ciclo de salida y reposición del instrumento al proceso
- Utilización de materiales de referencia certificados
- Calidad en los sistemas de mediciones

Para lograr la prioridad de estas variables se reúne el equipo de trabajo que realiza una valoración de cada una de ellas, utilizando la selección ponderada. En la tabla 3.1 se ilustra la situación actual de dichas variables.

Tabla 3.1: Variables críticas de calidad en el proceso de Mantenimiento, calibración y verificación y su prioridad. Fuente: Elaboración propia

Variable de salida	¿Por qué es importante para el cliente?	Situación actual
Período de verificación y calibración	Garantizando que se cumpla este período la empresa trabaja con equipos trazables	El plan de calibración se cumple al 75 %. El plan de verificación se cumple al 89 %. Existe un 3 % de instrumentos sin

		trazabilidad, que estos no entran dentro del plan.
Tiempo de ciclo de salida y reposición del instrumento al proceso	Asegura una mayor disponibilidad del equipo en el proceso	No se cuenta con reserva de instrumentos para reponer en el momento de la calibración. No se cuenta con laboratorios de calibración en las magnitudes de temperatura y electricidad.
Calidad en los sistemas de medición	Funcionamiento correcto de los instrumentos de medición. Su comportamiento en el tiempo. Adecuación de los equipos de medición a las necesidades reales de los procesos de la empresa. Trazabilidad de los instrumentos de medición con los patrones nacionales.	No cuenta con un método o procedimiento para evaluar la calidad de las mediciones (como sistema).

Luego de procesar los resultados obtenidos con la aplicación de la técnica mencionada (ver **Anexo No.13**), se propone como variable crítica de calidad a estudiar:

- Calidad en los sistemas de medición

Paso 5: Delimitar el problema

Para demostrar la influencia de la calidad en las mediciones, se hace necesario analizarla a través de la calidad del producto, debido a que las mismas se encuentran presentes en todos los procesos. En la organización objeto de estudio existen diferentes productos que son comercializados, por lo cual el autor de la investigación decide seleccionar uno de ellos para estudiar la calidad en las mediciones, mediante las variables críticas del producto seleccionado, lo cual se detalla a continuación.

Durante el año 2011 las plantas de la Refinería de Petróleo “Camilo Cienfuegos” se operaron al 85.3% de su capacidad, cumpliéndose al 101% el plan de producción general con los rendimientos planificados, como se muestra en la tabla 3.2.

Tabla 3.2: Producción del año 2011 por productos. Fuente: Informe Anual de la Dirección de Movimiento de Crudo y Productos (MCP), 2011

UM: Ton	Año 2011	Precio
	% Cumplimiento	Promedio
Crudo	100,03	102,504
GLP	92,789	70,666
Gasolina	100	114,957
Turbo	99,73	126,927
Diesel	110,31	122,218
Fuel Oíl	96,672	95,974
Total producción	101	

Por ser el Turbo combustible Jet A1 líder en precio en el mercado y constituir su producción un reto para la organización bajo estudio, con especificaciones incluso por debajo de las normas internacionales, se hace necesario la toma de gran cantidad de mediciones que avale la calidad del producto terminado. Por todo lo expuesto se decide seleccionar el proceso de Tratamiento y almacenamiento del Jet A1.

Este producto presenta valores de acidez que se encuentran por encima de 0,015 máximo mg KOH/g normado (mínimo valor obtenido del número de neutralización: 0,0193 mg KOH/g), por lo que la planta donde se trata el mismo consta de un proceso de endulzamiento con sosa cáustica, un lavado con agua, un secado con sal, por último una filtración con arcilla para obtener la especificación deseada, para ser enviado a tanque de producto terminado.

Por tanto, es a través de la calidad del Turbo combustible Jet A1 que se analizará la calidad del sistema de medición, por lo cual se hace necesario el análisis de dicho proceso.

Análisis del proceso M5.3.04 Tratamiento y almacenamiento del JET

El proceso Tratamiento y almacenamiento del Jet A1 (M5.3.04) se encuentra compuesto por un grupo de operaciones, las cuales son descritas en el **Anexo No. 14**.

Para un mejor análisis del proceso en estudio se muestra en el **Anexo No.15** el diagrama de flujo, especificando cada una de las operaciones que ocurren y su secuencia, así como el esquema de la Planta Merox a través del software Exaquantum en el **Anexo No.16**, mientras en el almacenamiento se utiliza el software Tankvision.

En el **Anexo No.17** se muestra el mapa del proceso M5.3.04 utilizando la técnica SIPOC, además se conforma el diagrama de tortuga encontrándose este en el anexo mencionado, mientras en el **Anexo No.18** se halla la ficha correspondiente al proceso analizado.

Las especificaciones de este producto, por las cuales el cliente emite su conformidad, son exigidas por la norma internacional DEF STAN 91:91 ISSUE 7-2011: “Especificaciones de calidad para los combustibles de aviación” y el Catálogo de CUPET sobre especificaciones de productos, Rama combustible, las mismas se detallan en el **Anexo No.19**, entre las que se encuentran: composición, corrosión, conductividad, combustión, volatilidad, entre otros.

En los procedimientos RF-DO-M-17-05 “Manual de operaciones para la planta de tratamiento caústico del Jet A1” y RF- DMCP-M-21- 47 “Manual de operaciones del Sector MCP”, se reflejan las especificaciones que dependen del tratamiento que se le realiza al producto analizado en la Planta Merox y en tanques de almacenamiento de producto terminado, estas se encuentran en el **Anexo No.20**, siendo estas variables críticas en la calidad de dicho producto, constituyendo un elemento esencial los resultados de las mediciones tomadas a lo largo del proceso y en el producto final.

Para el desarrollo de la investigación se deciden seleccionar las variables en las cuales tengan mayor repercusión los requisitos exigidos por los clientes así como en las especificaciones del producto, para lo cual se decide desarrollar el Método Delphi, es válido señalar que para medir la calidad de dicho producto se evalúan 25 características.

Para conocer las variables objeto de estudio, se seleccionan 13 expertos (ver **Anexo No.21**), entre los cuales se encuentran especialistas de la planta de procesos, de la Dirección Técnica y MCP. Es significativo destacar que el promedio de años de experiencia en la actividad es de 27.

Para la descripción de la competencia de los expertos, se combina la autovaloración y la evaluación de la competencia (**Anexo No.22**). En el perfil de competencia de los expertos, como puede observarse no hay expertos de perfil de competencia bajo, mayoritariamente se encuentran entre medio (9) y alto (4), (**Anexo No.23**).

Para verificar si el juicio de los expertos es consistente o no, se utiliza el paquete estadístico SPSS versión 19.0, cuyos resultados se muestran en el **Anexo No.24**. El coeficiente de Kendall tiene un valor de 0.808 aproximado a 1, y la significación asintótica (0.0) es menor que el nivel de confianza (0.05), además se utiliza la prueba de hipótesis λ^2 , en la cual se cumple la región crítica. Por tanto se concluye que el juicio de los expertos es consistente.

Finalmente se selecciona para el estudio la acidez, color y JFTOT. Unido al criterio dado por los expertos se añade que el objetivo fundamental del proceso de Tratamiento del Jet A1 en la Planta Merox es la reducción de la acidez de dicho producto.

El valor de acidez promedio para este producto es de 0,03 mg KOH/g por lo que ésta requiere ser lavada con sosa cáustica para extraer los ácidos nafténicos, fenoles, mercaptanos ligeros y otros ácidos orgánicos, para de esta forma cumplir con un valor máximo de acidez en el producto de 0,015 mg KOH/g. Este es uno de los parámetros con los cuales debe cumplir con más rigor el Turbo combustible Jet A1.

Para la medición de la estabilidad a altas temperaturas de los combustibles de turbina de gas se utiliza el Probador de Oxidación Térmica de los Combustibles a Reacción (JFTOT), que somete el combustible de ensayo a condiciones que pueden ser relacionadas con aquellas que ocurren en los sistemas de combustible de motor de turbina de gas. El combustible es bombeado a una velocidad de flujo volumétrico fijada, después de lo cual entra por un filtro de acero inoxidable de precisión, donde los productos de la degradación del combustible pueden ser atrapados. Los resultados del ensayo son indicativos del funcionamiento del combustible durante la operación de la turbina de gas, este pueden ser usados para estimar el nivel de depósitos que se forma cuando el combustible se pone en contacto con una superficie caliente que está a una temperatura especificada (260 °C).

La determinación del color de los productos de petróleo es utilizada principalmente para propósitos de control en su manufactura y es una característica cualitativa importante, ya que el color es una de las propiedades observadas por el usuario del producto. En algunos casos, el color puede servir como un indicador del grado de refinación del material.

Ya definida las variables críticas de calidad a estudiar dentro del proceso descrito anteriormente, es importante delimitar los subprocesos que deben ser analizados. Para ello el equipo de trabajo se debe preguntar qué tanto cada subproceso contribuye a las

variables seleccionadas desde el punto de vista de las mediciones realizadas a lo largo del proceso, resultando los siguientes:

- Preparación de la concentración de sosa
- Toma y análisis de muestra a medir concentración de sosa
- Toma de muestra para comprobar contenido de sosa
- Toma de muestra para realizar Prueba Shell
- Toma y análisis de muestra para conocer los parámetros del producto final
- Toma de muestra parcial en tanque alineado a planta
- Toma de muestra total en tanque listo para sellar

Por ello el estudio se orienta hacia estos subprocesos.

Paso 6: Definición del problema

Se tiene el Turbo combustible Jet A1, al cual se le realizan un grupo de ensayos para determinar los parámetros a cumplir según las exigencias de las normas y los clientes, para esto intervienen un grupo de instrumentos y procedimientos de trabajo, los cuales repercuten en la calidad final del producto, traducéndose esta en variables o parámetros de calidad, siendo las de mayor peso para la investigación en curso la acidez, color y JFTOT, constituyendo estos algunos de los parámetros que debe cumplir con más rigor el Turbo combustible Jet A1. En la planta y en los tanques se opera con equipos que tienen trazabilidad y que cumplen con la confirmación metrológica, los cuales son intrínsecamente seguros según lo exige el proceso. Pero al existir diversos análisis e instrumentos e intervenir cierto número de personas se corre el riesgo que se obtengan mediciones erradas, lo cual conlleva a pérdidas económicas, debido a que se tiene que reprocesar o depreciar el producto, denotándose la necesidad de evaluar la calidad de las mediciones.

Etapas II: Medir

En esta etapa se realiza la medición de las variables críticas de calidad definidas en la etapa anterior, con el objetivo de realizar un estudio R&R.

Paso 7: Verificar que puedan medirse en forma consistente las variables críticas de calidad

En el proceso objeto de estudio intervienen una gama de instrumentos así como ensayos de laboratorio, los cuales responden a diferentes magnitudes tanto físicas como químicas, mostrándose estos en los **Anexo No.25 y 26** respectivamente.

Con respecto a los instrumentos que se encuentran ubicados en la planta, son resultados de un estudio HAZOP (*Hazardous Operation*) por la firma italiana Chematek y personal cubano. Esta firma tiene representación en Cuba, la misma se encargó del montaje y puesta en marcha de los instrumentos, así como dan respuesta a posibles fallas.

Es válido destacar que todos los instrumentos que intervienen en el proceso tienen aseguramiento metrológico en Cuba, excepto el concentrómetro en la parte de producción y este se usa al preparar el bache. Este recibe servicio de mantenimiento y comprobación de sus resultados con material de referencia preparado por el laboratorio, a su vez se compara con el resultado del análisis de la muestra que emite el laboratorio sobre la concentración en cada bache, pero no se cuenta con los materiales de referencias certificados para su verificación. En cuanto al almacenamiento se encuentra instalado un sistema de medición de nivel (radar) los cuales no intervienen en transferencia fiscal, pero son útiles para el control operacional de los niveles del producto en los tanques, mediante esto se conoce la disponibilidad en cada uno de ellos.

Por ser estas variables de tipo físico – químico, son fácilmente medibles, por tanto el equipo de trabajo debe revisar con detalle la forma en que se miden estas variables, asegurando que las mismas se hagan de forma consistente, ya que a través de estas se mide el impacto de la mejora.

En el **Anexo No.27** se describe la forma en que se realizan las mediciones en las diferentes operaciones del proceso del Tratamiento y almacenamiento del Jet A1.

En el **Anexo No. 28**, se muestra un informe de ensayo del TK-1061 correspondiente a diciembre de 2012, en el cual se reportan las especificaciones de calidad del Jet A1 dadas por el laboratorio, donde queda explícito el número del registro, el método utilizado para el ensayo, resultado obtenido por cada uno, especificación según norma y la incertidumbre del método.

Realizar el estudio de repetibilidad y reproducibilidad

Los estudios R&R evalúan de forma experimental qué parte de la variabilidad total observada es atribuible al error de medición y cuantifica si este error es aceptable

comparando con la variabilidad del producto. Las fuentes de variabilidad que se pueden evaluar en este tipo de estudio son: variabilidad del producto, del instrumento y los operadores.

En la actual investigación se decide utilizar el método ANOVA, por las ventajas que posee el mismo, las cuales son explicadas en el capítulo II del presente estudio, utilizando para el procesamiento de los datos el software Minitab 15.

Como se expone en el paso 5, se toma para realizar dicho estudio las variables acidez, color y JFTOT, por ser estas las de mayor influencia en la comercialización del producto, así como en las exigencias del cliente.

Con respecto a la acidez se le realizan dos estudios R&R, uno a la salida de la Planta Merox, debido a que en la misma es donde se le realiza un endulzamiento del producto, conllevando a la reducción de la acidez. Mientras el otro se realiza en tanque terminado, específicamente en el TK 1061, debido a que en los mismos se efectúa el control final de la calidad del producto, siendo este resultado el que llega al cliente.

Estudio de repetibilidad y reproducibilidad para la acidez del Jet A1 en la Planta Merox

Para comenzar el estudio se sigue la secuencia de pasos que se describen a continuación:

- Se selecciona al azar un operario para tomar la muestra en la Planta Merox.
- Se toman diez muestras al azar siguiendo el proceder de la NC ASTM D 4057: 2009.
- Se trasladan las mismas hacia el laboratorio, al llegar se registran en el libro de recepción de muestras y se etiquetan según el procedimiento RF-DT-IT-16-04 “Instrucción para la manipulación de los objetos de ensayos e informe de resultados”.
- Se seleccionan cuatro analistas de forma aleatoria, que se encuentren aptos para realizar los análisis.
- Se aleatoriza el orden de las muestras y los analistas, asegurando que el resultado del ensayo no sea conocido entre ellos.

- Los mismos miden la acidez dos veces por cada muestra, cumpliendo con el procedimiento expuesto en la NC ASTM D-974 y la D-3242.

En la tabla 3.3 se muestra el resultado de los cuatro analistas evaluados, denominados con la simbología A, B, C y D, con dos repeticiones cada uno, y cada uno de ellos tiene diez medidas alternadas.

Tabla 3.3: Resultados del ensayo acidez. Fuente: Elaboración propia

Analista	Prueba	Muestras									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	1	0.0030	0.0031	0.0031	0.0030	0.0032	0.0029	0.0031	0.0030	0.0030	0.0030
A	2	0.0031	0.0031	0.0031	0.0029	0.0031	0.0029	0.0030	0.0030	0.0030	0.0030
B	1	0.0033	0.0033	0.0034	0.0034	0.0033	0.0033	0.0034	0.0034	0.0031	0.0022
B	2	0.0033	0.0033	0.0034	0.0033	0.0034	0.0034	0.0035	0.0034	0.0031	0.0023
C	1	0.0030	0.0030	0.0031	0.0031	0.0030	0.0015	0.0027	0.0029	0.0029	0.0034
C	2	0.0029	0.0030	0.0031	0.0030	0.0031	0.0015	0.0027	0.0030	0.0030	0.0035
D	1	0.0030	0.0030	0.0030	0.0028	0.0030	0.0030	0.0030	0.0028	0.0030	0.0030
D	2	0.0030	0.0030	0.0030	0.0028	0.0030	0.0030	0.0030	0.0029	0.0030	0.0031

Estos resultados son procesados con el software mencionado con anterioridad, obteniendo lo siguiente.

Tabla 3.4: R&R del sistema de medición. Fuente: Elaboración propia

Fuente	VarComp	%Contribución (de VarComp)	Desv.Est (DE)	Var. de estudio (6 * SD)	%Var. de estudio (%SV)
R&R del sistema de medición total	0.0000001	100.00	0.0003514	0.0021082	100.00
Repetibilidad.	0.0000000	1.72	0.0000461	0.0002766	13.12
Reproducibilidad	0.0000001	98.28	0.0003483	0.0020900	99.14
Analistas.	0.0000000	9.10	0.0001060	0.0006361	30.17
Analistas*Muestras	0.0000001	89.17	0.0003318	0.0019908	94.43
Parte a parte.	0.0000000	0.00	0.0000000	0.0000000	0.00
Variación total	0.0000001	100.00	0.0003514	0.0021082	100.00
Número de categorías distintas = 1					

En este estudio en el cual están involucrando cuatro analistas, cada uno midiendo la acidez en diez muestras dos veces, la desviación estándar estimada del proceso de medición es igual a 0,0003514. Incluyendo partes, la variación total (VT) es igual a 0,0003514. En este tipo de estudio debe asegurarse de que el porcentaje de variación total debido a RR sea relativamente pequeño. En este caso, el valor es igual a 100%, por tanto el sistema de medición es considerado no aceptable.

El número de categorías distintas (nc) que pueden ser distinguidas confiablemente por el sistema de medición analizado en este estudio es igual a 1. Normalmente, este número debe ser, al menos 5 (Gutiérrez Pulido, 2004).

De la varianza total, 98,28% es debida a diferencias entre analistas (reproducibilidad) en tanto que 1,92% es debida al instrumento (repetibilidad), corroborándose de forma gráfica en la figura 3.2.

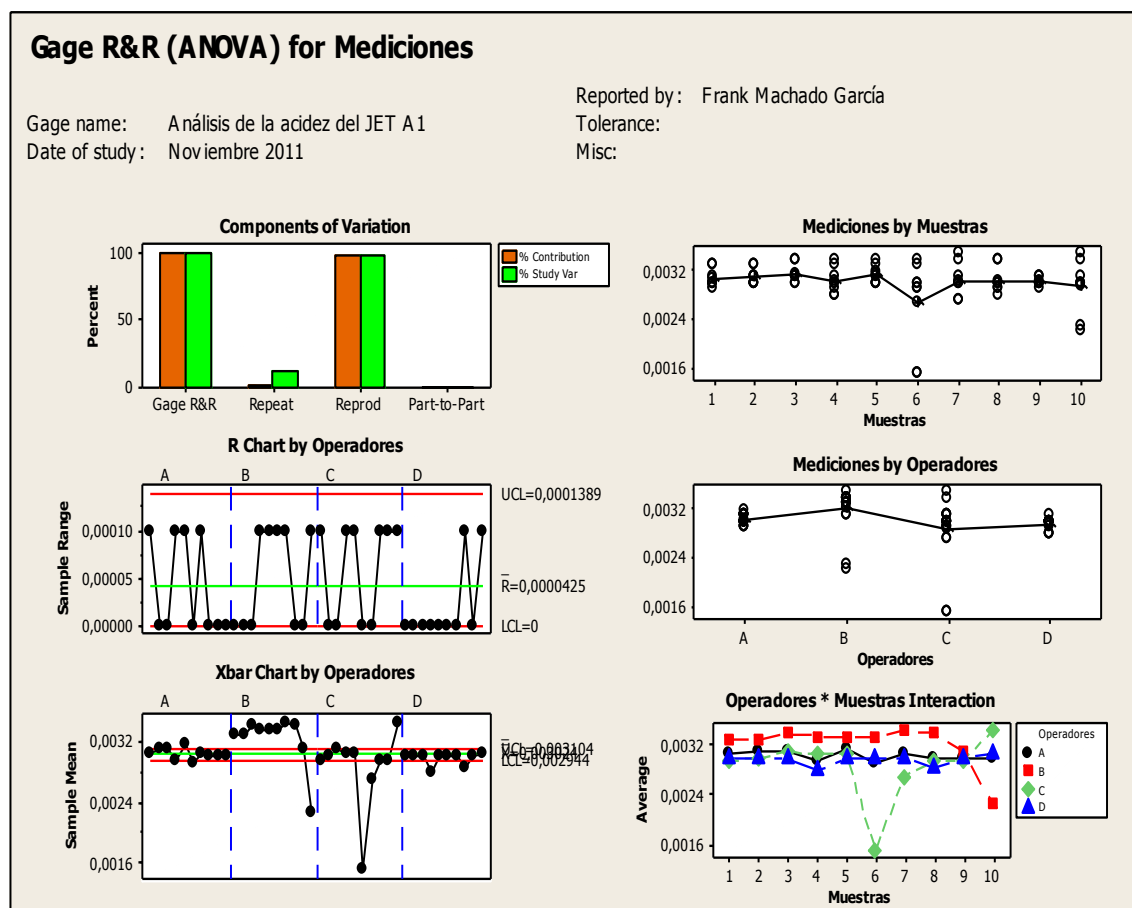


Figura 3.2. R&R del sistema de medición (ANOVA) para la acidez. Fuente: Salida del Software Minitab 15

De la figura anterior se aprecia el análisis gráfico que entrega el Minitab 15 del estudio realizado, la misma se encuentra compuesta por seis gráficos, donde se puede resumir lo siguiente:

En el gráfico X-barra se observa que parte de los puntos están situados fuera de los límites de control y otra parte dentro de los mismos, lo cual refuerza la idea de que existe variación en el sistema de medición. En el diagrama de barras se observa que prácticamente toda la variación se encuentra en la columna de reproducibilidad. En cuanto al gráfico Mediciones por analista se puede decir que existen diferencias en las

mediciones realizadas por los analistas B y C, evidenciándose en la desviación de la línea horizontal.

Con respecto al gráfico Interacción Analista * Muestras se observa cierta variabilidad en la medida del analista B y C con respecto al A y D. Se puede decir que entre el analista A y D hay similitud en sus mediciones. Este gráfico nos demuestra que existen diferencias en los resultados del ensayo (acidez), posiblemente el método de medición no sea el adecuado, por tanto se deben corregir las desviaciones para realizar otro estudio.

Estudio de repetibilidad y reproducibilidad para el color del Jet A1

Al igual que en el estudio anterior se sigue la misma secuencia de pasos, tomándose las muestras para la medición del color, solamente es válido aclarar lo siguiente:

- Los analistas miden el color (saybolt) dos veces por cada muestra, cumpliendo con el procedimiento expuesto en la NC ASTM D-6045.

En la tabla 3.5 se muestra el resultado de los cuatro analistas evaluados, denominados con la simbología A, B, C y D, con dos repeticiones cada uno, y cada uno de ellos tiene diez medidas alternadas.

Tabla 3.5: Resultados del ensayo color. Fuente: Elaboración propia

Analista	Prueba	Muestras									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	1	23.00	25.00	24.00	24.00	26.00	26.50	23.00	25.00	26.00	25.25
A	2	24.00	25.00	24.00	24.00	26.00	26.25	23.50	25.00	26.00	24.50
B	1	23.00	25.00	24.00	24.00	26.00	26.33	23.00	25.00	25.00	25.25
B	2	23.00	25.00	24.00	24.00	26.00	26.25	23.50	24.50	26.00	25.25
C	1	23.00	25.00	24.00	24.00	26.00	26.25	23.00	25.00	26.00	25.11
C	2	24.00	25.00	24.00	24.00	26.50	26.55	23.00	25.00	26.00	25.00
D	1	23.00	25.00	24.00	24.50	26.25	26.00	23.00	25.00	26.00	25.26
D	2	23.25	24.00	24.50	24.00	25.50	26.00	23.00	25.33	26.00	25.00

Estos resultados son procesados con el software mencionado con anterioridad, obteniendo lo siguiente.

Tabla 3.6: R&R del sistema de medición. Fuente: Elaboración propia

Fuente	VarComp	%Contribución (de VarComp)	Desv.Est (DE)	Var. de estudio (6 * SD)	%Var. de estudio (%SV)
R&R del sistema de medición total	0.08161	6.24	0.28567	1.71400	24.98
Repetibilidad	0.008161	6.24	0.28567	1.71400	24.98
Reproducibilidad	0.00000	0.00	0.00000	0.00000	0.00
Analistas	0.00000	0.00	0.00000	0.00000	0.00

Parte a parte	1.22566	93.76	1.10710	6.64259	96.83
Variación total	1.30727	100.00	1.14336	6.86015	100.00
Número de categorías distintas = 5					

En este estudio en el cual están involucrando cuatro analistas, cada uno midiendo el color en diez muestras dos veces, la desviación estándar estimada del proceso de medición es igual a 0,28567. Incluyendo partes, la variación total (VT) es igual a 1,14336. Debe asegurarse de que el porcentaje de variación total debido a RR sea relativamente pequeño. En este caso, el valor es igual a 24,98%, por tanto el sistema de medición es considerado como aceptable.

El número de categorías distintas (nc) que pueden ser distinguidas confiablemente por el sistema de medición analizado en este estudio, es igual a 5.

De la varianza total 6,24% es debida al instrumento (repetibilidad), corroborándose de forma gráfica en la siguiente figura 3.3.

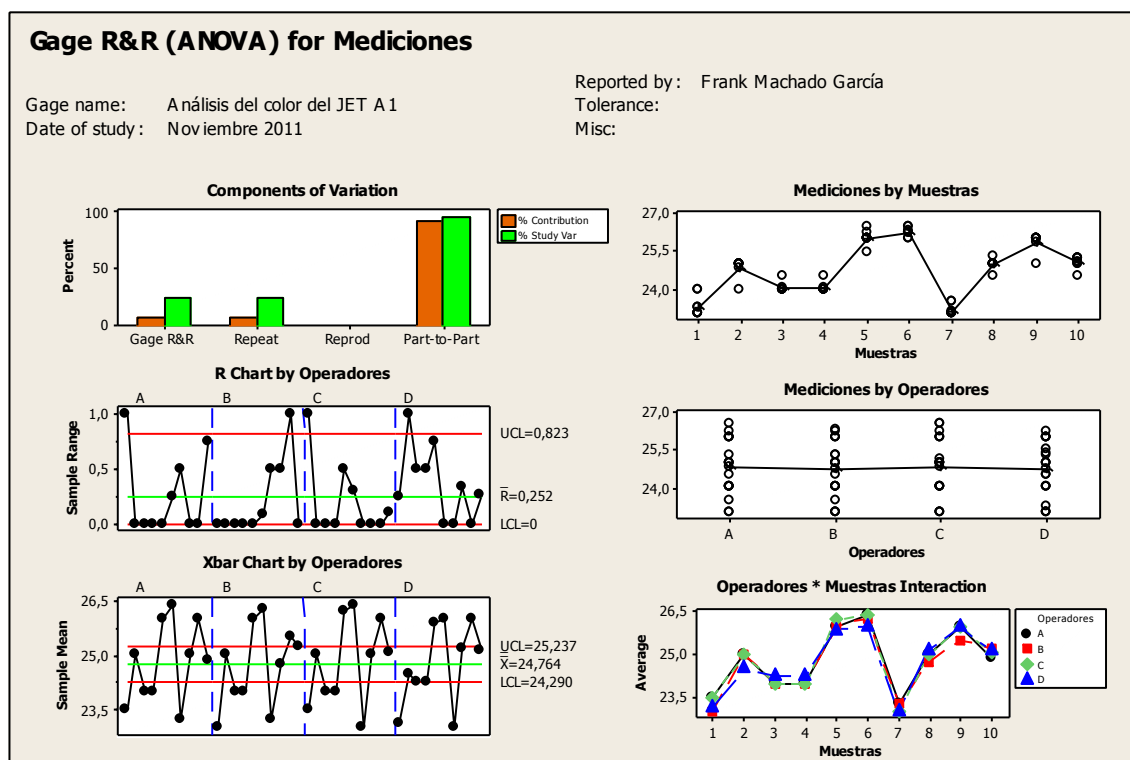


Figura 3.3. R&R del sistema de medición (ANOVA) para el color. Fuente: Salida del Software Minitab 15

En la figura anterior se representa el análisis gráfico que entrega el Minitab 15 del estudio realizado, donde se resume lo siguiente:

En el gráfico X-barra se observa que prácticamente la mayor parte de los puntos están situados fuera de los límites de control, lo cual refuerza la idea de que el sistema de medición es aceptable. En el diagrama de barras se observa que prácticamente toda la variación se encuentra en la columna parte a parte, lo que implica que el estudio es capaz de detectar variaciones. En cuanto al gráfico Mediciones por Analistas se puede decir que no existen diferencias en las mediciones realizadas entre los analistas, evidenciándose en la línea que es prácticamente horizontal. Con respecto al gráfico Interacción Analistas * Muestras se observa una homogeneidad para medir por parte de los analistas. Por tanto este sistema de medición es considerado aceptable.

Estudio de repetibilidad y reproducibilidad para el JFTOT en TK terminado

Con respecto a este análisis solo se realiza en tanque terminado, debido a que este ensayo solo se analiza antes de poner el tanque a mercado. Para realizar el estudio R&R del ensayo mencionado, se decide seleccionar el TK 1061, por ser el de mayor capacidad de almacenamiento de Jet A1 (20 000 m³).

De igual forma se sigue la misma secuencia de pasos, tomándose las muestras para la medición del JFTOT, solamente es válido aclarar lo siguiente:

- Este ensayo se encuentra compuesto por dos componentes: Clasificación visual del depósito en el tubo y Diferencial de presión en el filtro.
- Los analistas miden el JFTOT dos veces por cada muestra, cumpliendo con el procedimiento expuesto en la NC ASTM D-3241.

El resultado del estudio de repetibilidad y reproducibilidad para la Clasificación visual del depósito en tubo y el Diferencial de presión se encuentran en el **Anexo No.29**.

Estudio de repetibilidad y reproducibilidad para la acidez en tanque terminado (TK 1061)

Para este estudio se sigue la misma secuencia de pasos que se describen en el estudio realizado a la acidez a la salida de planta. Dicho resultado se expone en el **Anexo No.30**.

De los análisis realizados anteriormente se evidencia que el ensayo para el Color, Diferencial de presión y Clasificación visual en tubo son aceptables, mientras para la acidez existe variabilidad por parte de los operadores, para lo cual se deben tomar acciones para su mejoramiento.

Estudio de las mediciones por magnitudes durante el proceso de Tratamiento y almacenamiento del Jet A1 y análisis de la calidad del producto

En el proceso mencionado existen un grupo de instrumentos los cuales regulan los diferentes parámetros de las magnitudes que intervienen en el proceso (ver Anexo No.25), así como los relacionados con los ensayos químicos (ver Anexo No.26), estando todas las variables totalmente aceptadas.

En la Unidad de Negocio Refinería de Cienfuegos, se elabora anualmente el plan de calibración y verificación de los instrumentos existentes en la organización. A continuación se describe el proceder de la calibración y verificación según el tipo de instrumento.

Con respecto a los instrumentos que no responden a metrología legal (instrumentos industriales) reciben el servicio de reparación y calibración por el laboratorio de la empresa, el cual se encuentra en proceso de acreditación por la NC ISO 17025: 2007 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración”. El laboratorio cuenta con instrucciones y procedimientos donde se describe el proceder de los servicios que presta, los relacionados con los instrumentos del proceso objeto de análisis son:

- RF-DAIT-IT-11-01: Instrucción para la comprobación de transmisores de presión diferencial.
- RF-DAIT-IT-11-08: Instrucción para la calibración de manómetros y manovacuómetros, de deformación elástica, indicadores de trabajo.
- RF-DAIT- IT-11-02: Instrucción para el mantenimiento y reparación de los manómetros.
- RF-DAIT-I-11-05: Instrucción para el mantenimiento de transmisores e indicadores de nivel.
- RF-DAIT-P-11-03: Procedimiento para la reparación y calibración de dispositivos de seguimiento, medición y control.

Al término del servicio el laboratorio emite un certificado de calibración, en el cual se reflejan los siguientes datos:

- Denominación del instrumento
- Posición

- Número de serie
- Rango de medición
- Documento utilizado
- Método de calibración
- Patrones utilizados
- Resultados del reporte de calibración

Además se le coloca al instrumento un sello en el cual se indica la fecha de la calibración y la persona que brinda el servicio.

Con respecto a los equipos de medición de los ensayos del laboratorio químico además de recibir el servicio de calibración, que puede ser en este caso interna o externa (que la empresa contrata), también reciben el servicio de verificación, este es contratado a la Oficina Nacional de Normalización (ONN) o al Instituto Nacional de Investigaciones de Metrología (INIMET), debido a que son instrumentos que interviene en la determinación de la calidad de los análisis de un producto (metrología legal).

En la actualidad todos los instrumentos que intervienen en el proceso y en los análisis químicos se encuentran calibrados y/o verificados, seguidamente se muestra la relación de los diferentes instrumentos con sus fechas de calibración y/o verificación en el presente año (2013) según plan (ver **Anexo No.31**).

Como se puede apreciar hasta la fecha todos los equipos han sido calibrado y/o verificados, estando cumplido al 100%.

Paso 8: Establecer las metas para las variables críticas de calidad

Tomando en cuenta la situación para las variables críticas de calidad, se plantea como meta reducir el porcentaje de variación total debido a R&R en el ensayo acidez, tanto a la salida de planta como en tanque terminado de 100% a menos del 30 %, así como aumentar el número de categorías distintas (nc) a más de 4.

Etapas III: Analizar las causas raíz

Paso 9 y 10: Listar las causas del problema, seleccionar las principales y confirmarlas

Después de haber identificado los problemas existentes, se hace un análisis de las causas. Este análisis se divide en dos aspectos:

- Preparación del diagrama causa-efecto
- Preparación de las hipótesis y verificación de las causas más probables

Preparación del Diagrama Causa-Efecto: Se realiza el análisis de causa y efecto para determinar las causas posibles que influyen en la variación del sistema de medición en el ensayo de acidez del Turbo combustible Jet A1 en el laboratorio central de la Unidad de Negocios Refinería Cienfuegos. El diagrama de causa y efecto, que se muestran en el **Anexo No.32**, es construido en una sesión de tormenta de ideas de conjunto con el equipo de mejora.

Planteamiento de las hipótesis y verificación de las causas más probables: El equipo de mejora revisa las causas posibles y seleccionan las más probables mediante una votación basada en la experiencia. Estas causas se enumeran en la tabla 3.7. Basándose en esta lista, se verifican las más probables.

Tabla 3.7: Verificación de las causas probables (raíces). Fuente: Elaboración propia

Causa probables (hipótesis)	Verificación de la causa	Oportunidad de mejora
Condiciones laborales	En el laboratorio se observan adecuadas condiciones de trabajo.	No es necesario realizar mejoras
Falta de capacitación	Revisión de la determinación de las necesidades de capacitación (DNC) de los analistas y mediante entrevistas personales.	Gestionar la capacitación adecuada a las características del puesto analizado y actualización de la tecnología utilizada.
Experiencia	Mediante los años de trabajo de los analistas en la actividad.	No es necesario realizar mejoras
Calibración	Mediante la revisión del plan de calibración, así como la presencia del certificado que acredite que el equipo se encuentre apto para el uso.	Gestionar la calibración de los equipos que no tienen trazabilidad en el país en el exterior
Cambio de tecnología	Existencia de equipos fabricados en los últimos dos años.	Formar a los analistas en la operación de los nuevos equipos adquiridos, así como la familiarización con la documentación

		técnica de los mismos
Falta de certificación de los materiales de referencia	A través de la revisión de los certificados de calidad de los materiales de referencia utilizados en el ensayo.	Adquirir los materiales de referencia certificados
Materiales vencidos	Revisión de la vigencia del material de referencia en sus certificados.	No utilizar material de referencia caducado
Mal uso de materiales consumibles	Observación de las operaciones durante el ensayo.	No utilizar materiales consumibles usados en otros ensayos
Monitoreo y registro de las condiciones ambientales	Supervisión del cumplimiento del procedimiento: RF-DT-IT-16-07-03 "Control y registro de las condiciones ambientales".	No es necesario realizar mejoras
Muestreo	Mediante la supervisión del cumplimiento de la NC ASTM D 4057:2009.	Gestionar recipientes idóneos para las muestras
Errores de la medición	Realizando una repetibilidad del ensayo a través del control de calidad.	Realizar estudios R&R
Cálculo de la incertidumbre	Mediante la supervisión del cumplimiento de la instrucción RF-DT-IT-16-07 "Instrucción para la evaluación y expresión de la incertidumbre del resultado de la medición".	No es necesario realizar mejoras
Aplicación de herramientas estadísticas	Mediante la utilización de cartas de control.	Actualizar los datos en la web del laboratorio

Etapa IV: Mejorar

En esta etapa se proponen, implementan y evalúan las soluciones a las causas raíces detectadas, demostrando con datos, que las soluciones propuestas resuelven el problema y llevan a las mejoras buscadas.

Paso 11: Generar y evaluar diferentes soluciones para cada una de las causas raíces

A partir de los resultados obtenidos, se generan un grupo de soluciones para las causas raíces detectadas u oportunidades de mejora, las cuales se mencionaron en el paso anterior.

A estas propuestas se aplica la Matriz UTI para definir las prioridades de mejora. Los resultados de la aplicación de esta herramienta, se muestran en el **Anexo No.33** (en la tabla se presentan los resultados obtenidos, ordenados de modo descendente).

Usando esta herramienta para cada una de las oportunidades se evalúan los siguientes criterios en una escala del 1 al 10:

Urgencia: Tiempo disponible frente al necesario para realizar una actividad.

Tendencia: Consecuencias de tomar la acción sobre la situación.

Impacto: Incidencia de la acción o actividad que se está analizando en los resultados de la gestión, en determinada área, producto o servicio.

Por consenso del equipo de trabajo se arriba a la conclusión de priorizar las cuatro primeras oportunidades de mejora, las cuales son:

- Gestionar la capacitación adecuada a las características del puesto analizado y actualización de la tecnología utilizada.
- Gestionar la calibración de los equipos que no tienen trazabilidad en el país en el exterior.
- Adquirir los materiales de referencia certificados.
- Formar a los analistas en la operación de los nuevos equipos adquiridos, así como la familiarización con la documentación.

Paso 12: Implementación de la solución

Para realizar la implementación de las soluciones se diseñan los planes de acción correspondientes, haciendo uso de la técnica de las 5W y 2H (qué, quién, cómo, por qué,

dónde, cuándo y cuánto). Dicho plan se encuentra en el **Anexo No.34**, donde se refleja en qué consiste la propuesta, dónde se implementan, la forma en qué se va a realizar, las fechas para cada una, las personas responsables, entre otros.

Orientado a la revisión de las medidas propuestas se diseña un plan de control, que se auxilia de un conjunto de indicadores, (para medir el grado de cumplimiento de lo orientado) y recoge la frecuencia para determinarlos (ver **Anexo No.35**). Los indicadores mencionados en su mayoría están basados en medidas porcentuales y están vinculados a alguna acción específica, (ver **Anexo No.36**), según previo análisis en sesión de trabajo entre los integrantes del equipo.

Paso 13: Evaluar el impacto de la mejora sobre las variables críticas de calidad

Para la evaluación de la solución se debe comparar el estado del proceso antes y después de las acciones tomadas, es decir, volver a realizar un estudio repetibilidad y reproducibilidad para la acidez del Jet A1, tanto a la salida de planta como en tanque terminado.

Luego de implementada las mejoras, se espera un período de once meses para realizar el cálculo de los indicadores del plan de control (ver **Anexo No.37**), para nuevamente ejecutar el estudio de repetibilidad y reproducibilidad para la variable crítica acidez.

Para comenzar el estudio se siguen los pasos declarados en la etapa II de la presente investigación, los cuales son:

- Se selecciona al azar un operario para tomar la muestra en la Planta Merox y en el TK 1061.
- Se toman diez muestras al azar siguiendo el proceder de la NC ASTM D 4057: 2009, verificando que se cumpla estrictamente lo planteado en la norma mencionada.
- Se trasladan las mismas hacia el laboratorio, al llegar se registran en el libro de recepción de muestras y se etiquetan según el procedimiento RF-DT-IT-16-04 “Instrucción para la manipulación de los objetos de ensayos e informe de resultados”.
- Se seleccionan los mismos cuatro analistas para realizar los ensayos.
- Se aleatoriza el orden de las muestras y el orden de los analistas, asegurando que el resultado del ensayo no sea conocido entre ellos.

- Los mismos miden la acidez dos veces por cada muestra, verificando que se cumpla estrictamente lo planteado en la NC ASTM D-974 y la D-3242.

En la tabla 3.8 se muestra el resultado de los cuatro analistas evaluados, denominados con la simbología A, B, C y D, con dos repeticiones cada uno, y cada uno de ellos tiene diez medidas alternadas.

Tabla 3.8: Resultados del ensayo acidez a la salida de planta luego de implementadas las mejoras. Fuente: Elaboración propia

Analista	Prueba	Muestras									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	1	0.0026	0.0031	0.0026	0.0032	0.0022	0.0029	0.0026	0.0021	0.0030	0.0030
A	2	0.0027	0.0031	0.0026	0.0032	0.0021	0.0029	0.0026	0.0020	0.0030	0.0030
B	1	0.0027	0.0032	0.0027	0.0031	0.0020	0.0030	0.0026	0.0020	0.0031	0.0029
B	2	0.0027	0.0032	0.0027	0.0031	0.0021	0.0030	0.0025	0.0020	0.0031	0.0029
C	1	0.0027	0.0029	0.0026	0.0030	0.0021	0.0031	0.0026	0.0020	0.0030	0.0031
C	2	0.0027	0.0029	0.0027	0.0030	0.0022	0.0030	0.0027	0.0020	0.0030	0.0031
D	1	0.0027	0.0030	0.0028	0.0030	0.0021	0.0030	0.0026	0.0020	0.0030	0.0030
D	2	0.0027	0.0030	0.0027	0.0030	0.0021	0.0030	0.0026	0.0021	0.0030	0.0031

Estos resultados son procesados con el software Minitab 15, obteniendo lo siguiente.

Tabla 3.9: R&R del sistema de medición. Fuente: Elaboración propia

Fuente	VarComp	%Contribución (de VarComp)	Desv.Est (DE)	Var. de estudio (6 * SD)	%Var. de estudio (%SV)
R&R del sistema de medición total	0.0000000	3.99	0.0000787	0.0004722	19.97
Repetibilidad	0.0000000	0.97	0.0000387	0.0002324	9.83
Reproducibilidad	0.0000000	3.02	0.0000685	0.0004111	17.39
Analistas	0.0000000	0.00	0.0000000	0.0000000	00.00
Analistas*Muestras	0.0000000	3.02	0.0000685	0.0004111	17.39
Parte a parte	0.0000001	96.01	0.0003862	0.0023170	97.99
Variación total	0.0000002	100.00	0.0003941	0.0023646	100.00
Número de categorías distintas = 6					

En este estudio en el cual están involucrando cuatro analistas, cada uno midiendo la acidez en diez muestras dos veces, la desviación estándar estimada del proceso de medición es igual a 0,0000787. Incluyendo partes, la variación total (VT) es igual a 0,0003941. En este tipo de estudio debe asegurarse de que el porcentaje de variación total debido a R&R sea relativamente pequeño. En este caso, el valor es igual a 3,99%, por tanto el sistema de medición es considerado aceptable.

El número de categorías distintas (nc) que pueden ser distinguidas confiablemente por el sistema de medición analizado en este estudio, es igual a 6.

De la varianza total 3,02% es debida a diferencias entre analistas (reproducibilidad) en tanto que 0,97% es debida al instrumento (repetibilidad), corroborándose de forma gráfica en la figura siguiente.

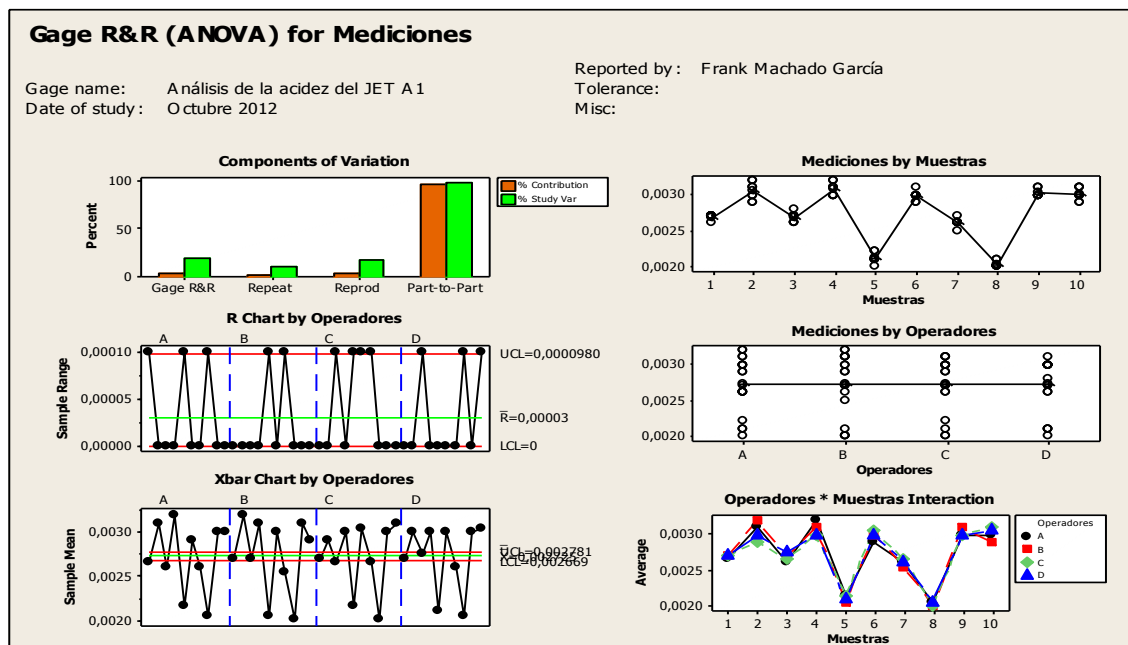


Figura 3.4. R&R del sistema de medición (ANOVA) para la acidez a la salida de planta luego de implementar las mejoras. Fuente: Salida del Software Minitab 15

En el gráfico X-barra se observa que prácticamente todos los puntos están situados fuera de los límites de control, lo cual refuerza la idea de que el sistema de medición es aceptable. En el diagrama de barras se observa que la mayor parte de la variación se encuentra en la columna parte a parte, lo que implica que el estudio es capaz de detectar variaciones. En cuanto al gráfico Mediciones por Analistas se puede decir que no existen diferencias en las mediciones realizadas entre ellos, evidenciándose en la línea que es prácticamente horizontal. Con respecto al gráfico Interacción Analistas * Muestras se observa una homogeneidad para medir por parte de los analistas.

Mientras en el **Anexo No.38** se muestra el resultado de los mismos cuatro analistas evaluados anteriormente, denominados con la simbología A, B, C y D, con dos repeticiones cada uno, y cada uno de ellos tiene diez medidas alternadas de la acidez en tanque terminado (TK 1061).

Por tanto, este sistema de medición es considerado aceptable, evidenciándose la efectividad de las propuestas de mejoras.

Comparando los datos obtenidos con los registrados en el estudio inicial, se aprecia lo que se indica en la siguiente tabla.

Tabla 3.10: Evaluación del impacto de mejora en la variable crítica acidez a la salida de planta y en tanque terminado. Fuente: Elaboración propia

	Salida de Planta		Tanque terminado		
Criterio	Antes	Después	Antes	Después	Comentario
R&R del sistema de medición total	100.00	3.99	91.46	3.98	Mejora notablemente la variación del sistema de medición.
Repetibilidad	1.72	0.97	5.02	3.98	Disminuye la variación de las mediciones con un instrumento con el mismo analista.
Reproducibilidad	98.28	3.02	86.44	0.00	Disminuye notablemente la variación de las mediciones del objeto con diferentes analistas.
Operadores*Muestras	89.17	3.02	83016	0.00	Disminuye considerablemente, por tanto existe homogeneidad para medir por parte de los analistas.
Parte a parte	0.00	96.01	8.54	96.02	Aumenta significativamente, lo que implica que el estudio es capaz de detectar variaciones.
nc	1	6	1	6	Aumenta el número de categorías distintas (nc) que pueden ser distinguidas confiablemente por el sistema de medición analizado.

Etapas V: Controlar

El objetivo de esta etapa es desarrollar un conjunto de actividades, con el propósito de mantener el estado y desempeño del proceso a un nivel aceptable.

Paso 14: Monitoreo del sistema de medición

Los estudios R&R presentados en las etapas anteriores, permiten tener una evaluación del proceso de medición en un período corto de tiempo, y las conclusiones obtenidas son válidas pero no para siempre. El estudio se debe repetir cada cierto tiempo para conocer el estado actual del proceso de medición. En la práctica se dificulta definir el intervalo de tiempo entre un estudio R&R y el siguiente.

Para realizar monitoreos en los sistemas de mediciones, se utilizan los estudios de estabilidad, en los cuales se mide cada cierto intervalo de tiempo una variable, que en este caso es la acidez del Jet A1, tanto a la salida de planta como en tanque terminado. Estos proveen información clave sobre el estado del proceso de medición. Esta información puede ser utilizada para definir intervalos de calibración o el momento de realizar otro estudio R&R.

Para realizar dicho monitoreo se utiliza una carta de control, la cual permite obtener una visualización del comportamiento de las mediciones realizadas a la variable acidez a través del tiempo. Para este estudio se toman las muestras correspondientes a los meses de noviembre de 2012 a marzo de 2013 (ver **Anexo No.39**), cuyos valores son obtenidos del Informe Técnico correspondiente a los meses mencionado.

Luego se procede a verificar si los datos siguen distribución normal, cuyo procesamiento se realiza con el paquete de programa Statgraphics Centurión XV, donde se utiliza la prueba de Kolmogorov-Smirnov, para lo cual se plantea la siguiente prueba de hipótesis.

H₀: Los datos siguen distribución normal

H₁: Los datos no siguen distribución normal

Región Crítica: $P \text{ value} \leq \alpha$

Si se cumple la región crítica se rechaza H₀, en este caso no se cumple, siguiendo los datos distribución normal. En este caso el P value = 0,078 para los datos de salida de planta y 0,074 para tanque terminado, mientras el nivel de significación 0,05 para ambos casos. El procesamiento de los resultados se muestra en el **Anexo No.40**.

Del resultado arrojado por la prueba se concluye que debido a que los valores-P más pequeño de la prueba realizada son mayores o iguales a 0,05, no se puede rechazar la idea de que los datos provienen de una distribución normal con 95% de confianza.

Con la ayuda del software Minitab15 se obtienen los gráficos de control $\bar{X}$ -R, con tamaño de subgrupo $n=2$, estas se realizan con el objetivo de conocer el comportamiento de la acidez del Jet A1 en el período analizado.

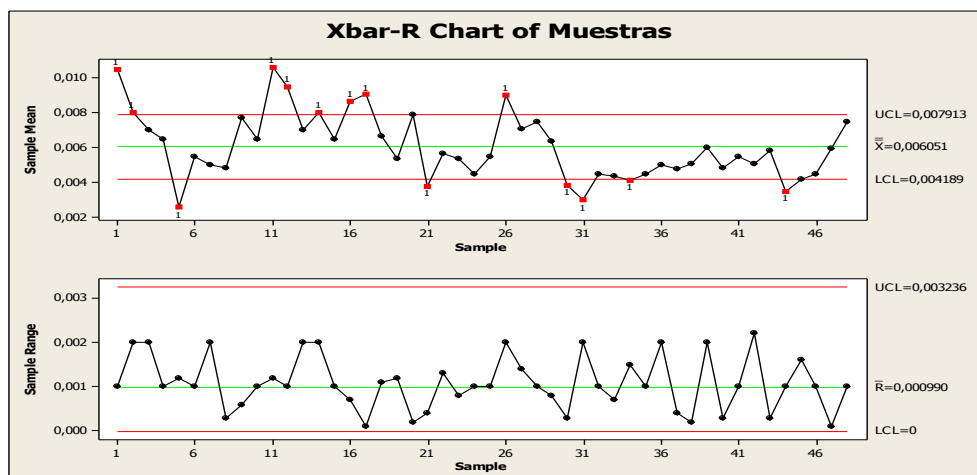


Figura 3.5. Carta $\bar{X}$ -R para el análisis de la acidez a la salida de planta durante el período de noviembre – diciembre de 2012. Fuente: Salida del software Minitab 15

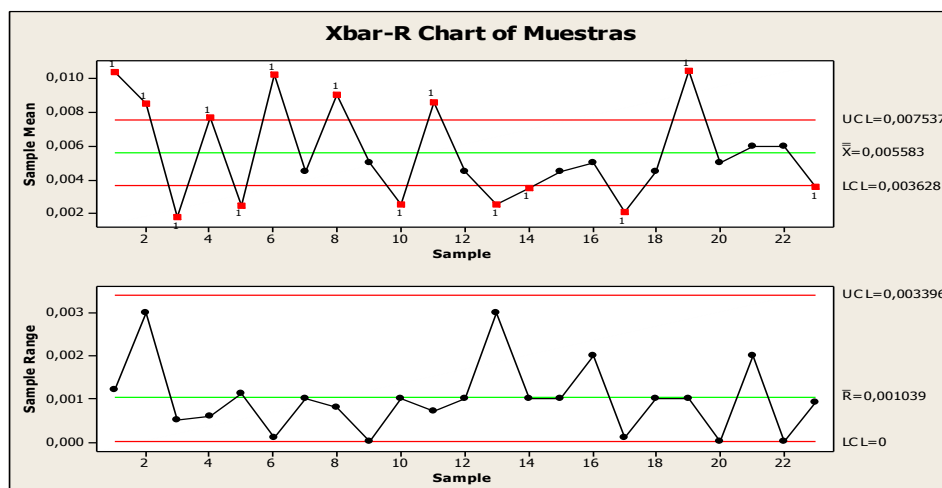


Figura 3.6. Carta $\bar{X}$ -R para el análisis de la acidez en tanque terminado durante el período de noviembre de 2012 – marzo de 2013. Fuente: Salida del software Minitab 15

Del análisis de los gráficos anteriores se puede concluir que en la carta-R se observa que la variabilidad dentro de muestras se encuentra en control estadístico, es decir, el

proceso de medición es estable en cuanto a su variabilidad. Mientras la carta $\bar{X}$ se observa que la mayor parte de los puntos se encuentran fuera de los límites de control, ya que aquí esta carta no se interpreta de forma convencional en el contexto de monitoreo de instrumentos de medición, por tanto el proceso de medición está haciendo un mejor trabajo y es capaz de discriminar entre una muestra y otra.

Paso 15: Cerrar y difundir el proyecto de mejora.

El objetivo de este último paso es asegurarse que el proyecto de mejora es fuente de evidencia de logros, de aprendizaje y que sirva como herramienta de difusión.

Finalmente se realiza una recopilación de todos los documentos utilizados en la investigación, donde se refleja el trabajo realizado, quedando redactado un documento final, el cual es depositado en la biblioteca de la organización para ser consultado por el personal interesado.

Se refleja en el mismo los principales logros alcanzados luego de poner en práctica las propuestas de mejora, así como los principales impactos, entre los que sobresalen:

- Estudio de repetibilidad y reproducibilidad del ensayo acidez del Jet A1, donde se muestran las deficiencias de la reproducibilidad para evidenciar la acreditación de este ensayo por la NC ISO 17025: 2006 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración”
- Evaluación de la confirmación metrológica de todos los instrumentos que intervienen en el proceso de Tratamiento y almacenamiento del Jet A1.
- Evaluación de las especificaciones técnicas del Jet A1, según el estándar internacional durante todo el proceso mediante las muestras analizadas y accionar en el proceso para evitar pérdidas por mala calidad y reprocesar producto terminado.

La presente investigación es presentada ante la Dirección Técnica, Dirección de Operaciones, Dirección de Movimiento de Crudo y Producto, Dirección de Automática, Informática y Telecomunicaciones, así como el Jefe de Laboratorio Químico de la organización, contando con total apoyo, la cual debe ser extendida a otros procesos dentro de la Unidad de Negocio Refinería de Cienfuegos. Como resultado de lo anterior se propone la elaboración del procedimiento RF-DT-P-13-08 Estudios de repetibilidad y reproducibilidad en los sistemas de medición (ver **Anexo No.41**), el cual luego de su

aprobación pasará a formar parte del sistema de gestión de calidad de la empresa, pudiendo de esta forma extender este tipo de estudio a cualquier sistema de medición.

3.2 Impactos de la investigación

En la presente investigación se diseña un procedimiento para la mejora de la gestión de las mediciones mediante el uso de las técnicas relacionadas con la metodología Seis Sigma en la Unidad de Negocio Refinería de Cienfuegos, así como la propuesta del procedimiento RF-DT-P-13-08 Estudios de repetibilidad y reproducibilidad en los sistemas de medición, lo que trae consigo la garantía de la calidad del producto a partir de los ensayos que se le realicen.

Se describe el sistema de gestión de las mediciones, realización de estudios de repetibilidad y reproducibilidad del ensayo acidez, JFTOT y color del Jet A1, evaluación de la confirmación metrológica de todos los instrumentos que intervienen en el proceso bajo estudio, evaluación de las especificaciones técnicas del Jet A1, además de poner a disposición un grupo de herramientas propias en la temática.

Un importante análisis se enmarca en el ámbito económico, de manera que la concepción de la investigación, como un servicio de intercomparación entre laboratorios contratado a una entidad reconocida, atendiendo a criterios como número de especialistas, porciento de ocupación de los mismos, trámites legales, requisitos aduanales, embalaje y duración del servicio, incurriría en un gasto que asciende a la cifra de 5 000.00 dólares canadienses por cada uno de los ensayos. La cifra anterior sin dudas representa un ahorro de recursos monetarios considerable, que reafirma la importancia de la investigación para la empresa objeto de estudio, debido que actualmente CUPET y PDVSA realizan de cuatro a cinco rondas al año para el caso del Turbo Combustible Jet A1, por ser el producto estrella de la organización.

Conclusiones parciales del capítulo

1. Las principales deficiencias en la gestión de las mediciones recae en la ausencia de estudios para conocer la calidad en los sistemas de medición, demora en el tiempo de ciclo de salida y reposición de los instrumentos, así como el incumplimiento en ocasiones del período de verificación y calibración.
2. Las variables que tienen mayor influencia en las especificaciones del producto Turbo combustible Jet A1 y los clientes son: acidez, JFTOT y color, siendo estos

- uno de los parámetros con los cuales debe cumplir con más rigor el Turbo combustible Jet A1.
3. En el estudio de repetibilidad y reproducibilidad al ensayo acidez, se observó variabilidad en las mediciones por una incorrecta aplicación del método de medición por parte de algunos analistas.
 4. Luego de aplicar las mejoras propuestas se evidencia que el sistema de medición es aceptable, lo que implica que el sistema es capaz de detectar variaciones. Se puede decir que no existen diferencias en las mediciones realizadas entre los analistas, observándose una homogeneidad para medir por parte de los mismos.
 5. Con la utilización de la carta-R se observa que la variabilidad dentro de muestras se encuentra en control estadístico, es decir, el proceso de medición es estable en cuanto a su variabilidad. Mientras la carta- $\bar{X}$ se observa que la mayor parte de los puntos se encuentran fuera de los límites de control, por tanto el proceso de medición está haciendo un mejor trabajo y es capaz de discriminar entre una muestra y otra.



PETRÓLEOS
CUBA VENEZUELA S.A.

Conclusiones

CONCLUSIONES

1. Se elabora un procedimiento que posibilita la mejora del proceso de gestión de las mediciones, tomando como base la integración de requisitos establecidos en la NC ISO 10012: 2007, Metodología Seis Sigma, así como criterios de un grupo de autores que trabajan la temática y resoluciones vigentes relativas a la metrología, constituyendo un aporte metodológico de la presente investigación.
2. Se realiza un diagnóstico de la gestión de las mediciones determinándose las principales deficiencias en la temática en la Unidad de Negocio Refinería de Petróleo “Camilo Cienfuegos”, sobresaliendo las relacionadas con la ausencia de estudios para conocer la calidad en los sistemas de medición, visualizándose la necesidad de implementar el procedimiento diseñado en la presente investigación.
3. Se selecciona para realizar el estudio el proceso de Tratamiento y almacenamiento del Turbo combustible Jet A1 por ser este producto líder en precio en el mercado, y constituir su producción un reto para la organización, con especificaciones por debajo de las normas internacionales, además en el mismo intervienen gran cantidad de mediciones que avalan la calidad del producto terminado.
4. Se identifican las variables que tienen mayor influencia en las especificaciones del producto y los clientes, resultando ser la acidez, color y JFTOT, siendo estos parámetros con los cuales debe cumplir con más rigor el Turbo combustible Jet A1.
5. Se realiza un estudio de repetibilidad y reproducibilidad al ensayo acidez, color y JFTOT, observando en el primero de ellos cierta variabilidad en las mediciones, resultando que el método de medición no es el adecuado, siendo lo contrario para el resto de los ensayos mencionados.
6. Se proponen un grupo de acciones encaminadas al tratamiento de las deficiencias detectadas durante el estudio, se implementan y evalúan las mismas, evidenciándose que el sistema de medición es aceptable, lo que implica que es capaz de detectar variaciones, demostrando que las soluciones propuestas resuelven el problema y llevan a las mejoras buscadas.



PETRÓLEOS
CUBA VENEZUELA S.A.

Recomendaciones

RECOMENDACIONES

- Extender el estudio realizado a otros ensayos, a otros productos y a otros procesos relacionados con las mediciones en la Unidad de Negocio Refinería de Cienfuegos.
- Realizar cada determinado período de tiempo estudios de repetibilidad y reproducibilidad a los ensayos analizados en la actual investigación, para comprobar su comportamiento en el tiempo.
- Utilizar la metodología Seis Sigma como herramienta en otros procesos de la organización objeto de estudio por ser iniciativa estratégica para la calidad, con la implementación de la mejora continua.



PETRÓLEOS
CUBA VENEZUELA S.A.

Bibliografía

BIBLIOGRAFÍA

- Amozarrain, M. (1999). *La gestión por procesos*. España: Editorial Mondragón. Corporación Cooperativa.
- Arias Carrazana, J. (2005). *Adiestramiento de metrología general*. Villa Clara: Oficina Territorial de Normalización.
- Arias Carrazana, J. (2005). *Adiestramiento de Sistemas de gestión de las mediciones. Una aplicación práctica para el trabajo del metrólogo*. Villa Clara: Oficina Territorial de Normalización
- Arias Carrazana, J. L. (2007). *Manual para la elaboración de un sistema de gestión de las mediciones en una empresa*. Unpublished Tesis de Maestría, Universidad Central de Las Villas, Santa Clara.
- Aubyn Salkey, M. (2008). *Procedimiento para la mejora de procesos, haciendo uso de las técnicas Lean Six Sigma, en el proceso de préstamos hipotecarios de Jamaica National Building Society*. Unpublished Tesis de Maestría, Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Blackberry, & Cross. (2002). Introducción a Integridad de Datos y Análisis del Sistema de Medición. from <http://www.blackberrycross.com>
- Brown, M., Hitchcock, G., & Willard, M. (1994). *Why TQM fails and what to do about it* (Vol. 3). New York: IRWIN Professional Publishing.
- Caal Galicia, L. A. (2005). *Mejora continua mediante la utilización de seis sigma para la selección y asignación de recursos de sistemas en una empresa dedicada a la producción de lámina galvanizada*. Unpublished Tesis de Grado, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, Guatemala.
- Cabrera Delgado, E. (2010). *Influencia de la incertidumbre de las mediciones en la intercambiabilidad para procesos de manufactura*. Unpublished Tesis de Doctorado, Universidad Central de Las Villas, Santa Clara.
- Cátedra de Calidad Metrología y Normalización. (2011). *Materiales del Programa de Maestría en Gestión de la Calidad y Ambiental*. La Habana: Universidad de La Habana.
- Colectivo de Autores. (2009). *Manual del Sistema de Gestión de Calidad*. Rev.03: Refinería Camilo Cienfuegos.
- Chacon, F. *Metrología y sistemas de gestión de las mediciones*. México: CENAM.

- Díaz Peña, M. (2009). *Análisis del Ciclo de Vida de la producción de alcohol. Ejemplo de caso ALFICSA*. Unpublished Tesis de Grado, Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Escobar Ojeda, I. (2010). *Apuntes de la asignatura de: Metrología y Normalización*. La Paz. México: Tecnológico de estudios superiores.
- Espinosa Hidalgo, P., Rosua Campos, J. L., Peinado Muñoz, A., & Cárdenas Paiz, C. (2006). *Guía para la gestión integrada en un centro de enseñanza superior*. Universidad de Granada: Organización Internacional de Universidades por el Desarrollo Sostenible y el Medio Ambiente.
- Fernández Cao, E. (2003). *La calidad y la cultura de la calidad*. Aula Magna de la Universidad de La Habana.
- Fernández, N. (1999). El hombre y los sistemas de gestión de la calidad. *Revista Normalización*, N°3.
- González, M., & Carvajal, M. (1999). Premio nacional de calidad. Un estímulo a la mejora continua. *Revista Normalización*, N°1.
- González Quintero, E. (2009). *Procedimiento para la implantación y mejora continua de un Sistema de Gestión de Gestión Integrado de Calidad, Medioambiente y Seguridad y Salud Ocupacional en Inmobiliaria CIMEX S.A., CUJAE, La Habana*.
- Guadalupe Echeverría, V. R. (2008). *Diseño de una metodología a través de indicadores metrológicos que asegure los sistemas de medición en las industrias productoras de artículos plásticos, para mejorar la calidad de sus productos*. Unpublished Tesis de Maestría, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil. Ecuador.
- Guerra Bretaña, R. M., & Meizoso Valdés, M. (2012). *Gestión de la Calidad conceptos, modelos y herramientas*. La Habana: Editorial UH.
- Gutiérrez Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2007). *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma* (Vol. 2). La Habana: Félix Varela.
- ISO 9000. (2005). *Sistemas de gestión de la calidad - Fundamentos y vocabulario, ISO 9000*. C.F.R. (2005).
- ISO. (1993). *International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology*.
- ISO. (2002). *ISO/TS 16949:2002 Quality management systems - Particular requirements for the application of ISO 9001:2000 for automotive production and relevant service part organizations*.

- John, A., Meran, R., Roenpage, O., & Staudter, C. (2008). *Six Sigma+Lean. Executing Improvement Projects Successfully Toolse*. Alemania: Stephan Lunau.
- Johnston, E. A. (2008). *International Symposium Metrology*.
- Juran, J. M., & Gryna, F. M. (1993). *Quality Planning and Analysis*. New York: McGraw-Hill.
- Lazos Martínez, R. (2002). *Evaluación de sistemas de medición en la iniciativa seis sigma*. Querétaro. México: Centro Nacional de Metrología.
- Martín Herrera, C. M. (2010). *Diseño e implementación del sistema de gestión de las mediciones en la empresa de conservas de frutas y vegetales*. Unpublished Tesis de Maestría, Universidad de Sancti Spíritus Santi Spíritus.
- Martínez Miranda, A. (2009). *Procedimiento para la implantación y mejora continua del Sistema de Gestión Integrado según normas ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 y OSHAS 18001:2005 en Inmobiliaria CIMEX S.A.* CUJAE, La Habana.
- Miranda Hernández, C. (2010). *Diseño de un sistema integrado de gestión de calidad, medio ambiente y seguridad y salud en el trabajo en la empresa de plaguicidas "Juan Luis Rodríguez Gómez"*. Unpublished Tesis de Maestría, CUJAE, La Habana.
- Mosquera Saravia, C. R. (2007). *Comparación entre los métodos de evaluación de incertidumbre y estudios de repetibilidad y reproducibilidad para la evaluación de las mediciones*. Unpublished Tesis de Maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Needle, D. (2004). *Business in context: An introduction to business and its environment* (4th ed.).
- ASTM D 3242: 2009 Industria del petróleo — método de ensayo estándar para la determinación de acidez en combustibles de turbina de aviación (2009a).
- ASTM D 4057: 2009 Industria del petróleo — práctica estandarizada para el muestreo manual del petróleo y productos del petróleo (2009b).
- Oficina Nacional de Normalización. (2005a). *Estrategia de Desarrollo de la Metrología a Mediano Plazo (2006-2010)*. La Habana. Cuba.
- NC 18001: 2005. Seguridad y Salud en el Trabajo - Sistemas de Gestión de la Seguridad y la Salud Ocupacional — Requisitos (2005b).

NC 18002: 2005. Seguridad y Salud en el Trabajo - Sistemas de Gestión de la Seguridad y la Salud Ocupacional — Directrices para la Implantación de la Norma NC 18001 (2005c).

NC ISO/IEC 17025:2006 Requisitos generales relativos a la competencia de los laboratorios de ensayo/prueba y calibración (2006).

NC-ISO 10012: 2007. Sistemas de gestión de las mediciones. Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición (2007).

NC-ISO 9001:2008. Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos (2008).

OHSAS 18001: 2007: Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo. Requisitos (2007).

OHSAS 18002: 2008. Sistemas de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo-Directrices para la implementación de la OHSAS 18001: 2007. (2008).

Ortiz Lavado, A. (2001). Integración de la Seguridad, Medioambiente y Calidad: la última tendencia. *Revista MAPFRE Seguridad, Año 21, Nr. 81. Primer trimestre*, P. 23 -29.

Pacheco González, V. (2008). *Procedimiento de aforo y cálculo de incertidumbre en tanques horizontales de cabezas planas, inclinados y con centros de medición desplazados*. Unpublished Tesis de Maestría, Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.

Peresson, L. (2007). *Sistemas de gestión de la calidad con enfoque al cliente*. Valladolid.

Pérez Fernández de Velasco, J. A. (2009). Gestión por Procesos. from <http://www.esic.es/editorial.asp?sec=detalle&isbn=9788473565882>

Pérez González, A., & Toledo Hernández, C. (2003). *Monografía: Gestión de Seguridad e Higiene Ocupacional. Material de la Maestría Gestión de los Recursos Humanos*: Facultad de Ciencias Empresariales.

Pons Murguía, R., & Villa González del Pino, E. (2006). *Monografía. Gestión por Procesos*. Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos.

Portuondo Paisan, Y. (2010). *Metodología para la consideración de la incertidumbre de la medición en la valoración y control de la calidad de los procesos de manufactura*. Unpublished Tesis de Doctorado, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba.

Portuondo Paisan, Y., & Portuondo Moret, J. (2010). La repetibilidad y reproducibilidad en el aseguramiento de la calidad de los procesos de medición. *Tecnología Química XXX, No. 2*.

- Prieto Matzuki, P. R. (2008). *Uso de la metodología six sigma como referencia para la optimización de un área de mantenimiento de planta*. Unpublished Trabajo de diploma, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. Perú.
- Pulido Pérez, D. A. (2011). *Diseño del Sistema de Gestión de Seguridad y salud en el Trabajo en el Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos* Unpublished Trabajo de Diploma, Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Reyes Ponce, Y. (2007). No hay control sin mediciones de calidad. *Normalización*, No.1, pp 43-49.
- Reyes Ponce, Y., Hernández Leonard, A. R., & González Labrada, E. (2007). Implantación del SI en la República de Cuba. Presente, pasado y futuro. *Normalización*, vol.2, No.3, pp 79-89.
- Reyes Ponce, Y., Hernández Leonard, A. R., & Hernández Ruíz, A. D. (2009). *Metrología para la Vida*. La Habana: Editorial Científico-Técnica.
- Reyes Ponce, Y., «Importancia de la metrología y su repercusión en el desarrollo» *Revista Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*, 2011, Vol. 1, no.1, pp. 1 – 9. [consulta: 2013-01-24]. Disponible en: <http://www.revistaccuba.cu/index.php/acc/article/viewFile/99/83>
- Roberts, L. (1994). *Process Reengineering: The key to archieving breakthrough success*. ASQ Quality Press, 8. No.4.
- Rodríguez Cardona, J., & Carvajal Arencibia, M. (2011). Implementación, certificación y evaluación de la efi cacia de un Sistema de Gestión de las Mediciones y su importancia para una organización. *Normalización*, 2.
- Romero Lau, I. (2011). *Implantación de un procedimiento para el mejoramiento de la calidad de los componentes que conforman el racor en la UEB de Mangueras Hidráulicas de la Empresa Oleohidráulica Cienfuegos*. Unpublished Tesis de Maestría, Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Salinas Quevedo, E. J., & Zhunio Pucha, J. I. (2009). *Propuesta de un plan para la aplicación de estrategias 5'S, seis sigma y SMED para optimizar los procesos de producción en INDALUM S.A*. Unpublished Tesis de Grado, Universidad Politécnica Salesiana. Facultad de Ingenierías, Cuenca.
- Snee, R. (2003). *Leading Six Sigma: A step-by-step guide based on experience with GE and other six sigma companies*: Financial Times Prentice Hall.

Tejada Arenas, V. H. (2006). *Modelo de un sistema integrado de gestión para la subdirección redes de transmisión energía enfocado en las normas ISO 9001, ISO 14001 y OHSAS 18001*. Universidad de Antioquia.

Tomati, F. J., & Serio Gabriele, A. (2010). Aplicaciones de Six Sigma en la industria química. *Revista Ingeniería Química*, 37.

Vázquez Dovale, F., Muñoz Umaña, F., & Suárez Piña, W. (2005). *Sistema de gestión de las mediciones. Una herramienta eficaz que ayuda a la gestión de la calidad*. Costa Rica.

Wilkinson, A., Marchinton, M., Goodman, J., & Ackers, P. (1992). Total Quality Management and employee involvement. *Human Resource Management Journal*.



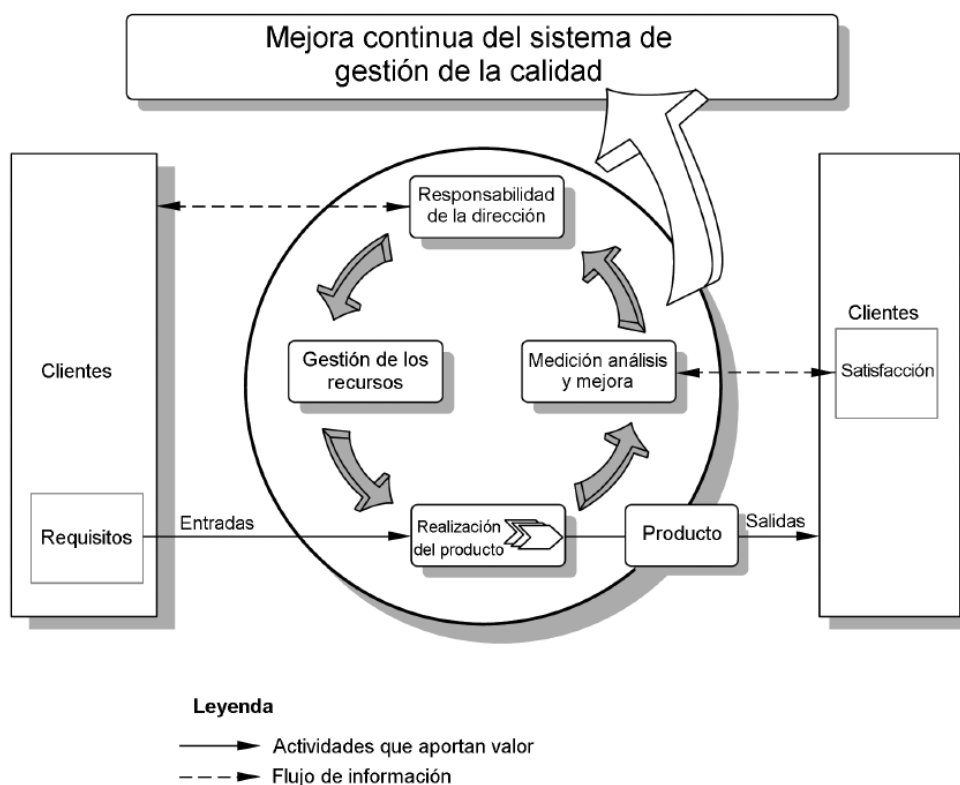
PETRÓLEOS
CUBA VENEZUELA S.A.

Anexos

ANEXOS

Anexo No.1

Modelo de un sistema de gestión de la calidad basado en procesos. Fuente: (ISO 9001: 2008)



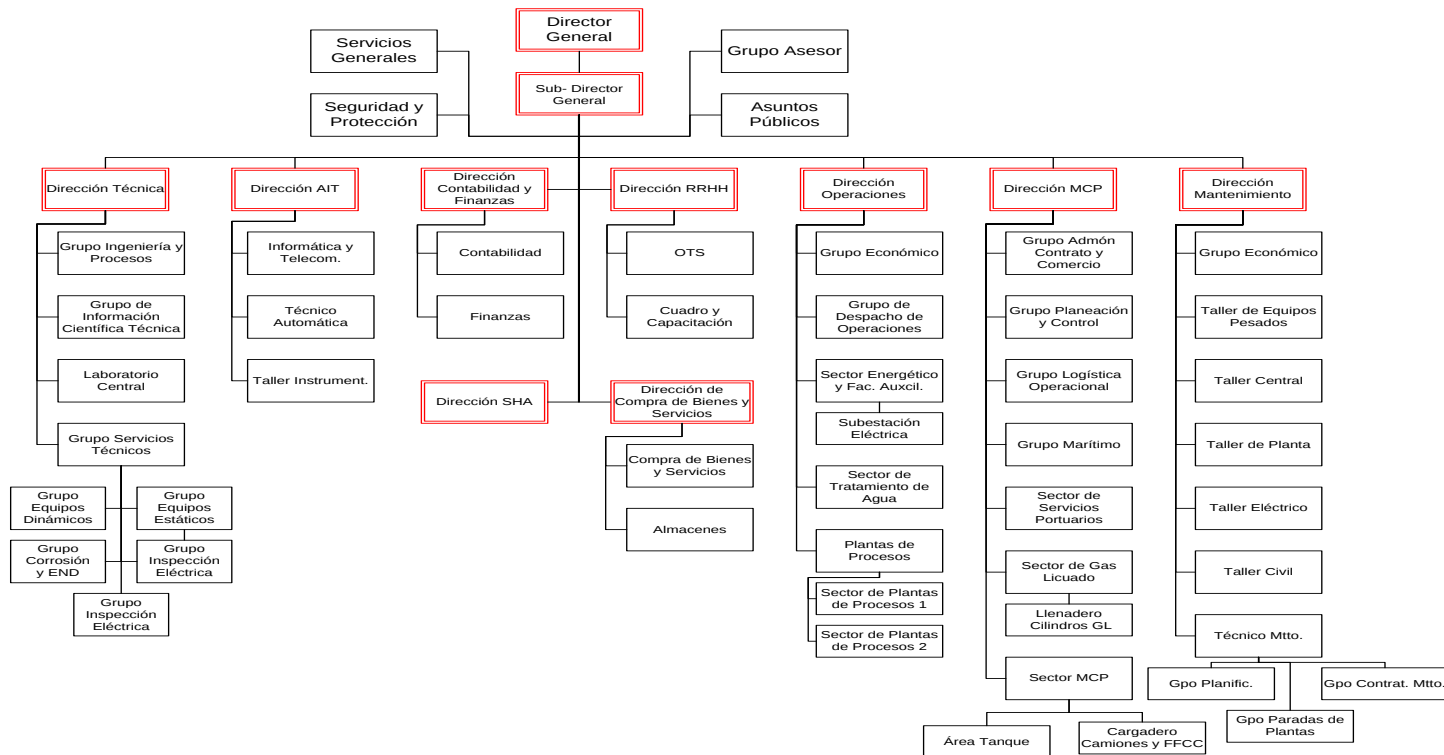
Anexo No.2

Comparación de las metodologías de mejoramiento analizadas. Fuente: (Upton y Cox, 2002)

	TQM	BPR	Seis Sigma
Consideraciones por el factor humano	Los empleados son conscientes de su responsabilidad por la calidad	No se estima la resistencia al cambio de los empleados dentro de la organización.	Cambios constantes de gestión, técnicas pero no relacionadas al mejoramiento y diseño del puesto de trabajo y aspectos ergonómicos del proceso
Monitorear los beneficios financieros	Pequeños monitoreos de beneficios financieros medibles	No presenta métodos efectivos de monitoreo de los beneficios financieros	Contiene indicadores de beneficios financieros
Alineamiento estratégico de procesos	Los programas no pueden ser alineados con las estrategias	A veces los proyectos no están aun completamente alineados con los procesos estratégicos	Alineación estratégica, está relacionada con el incremento de la calidad del producto y la satisfacción del cliente
Mejoramiento esperado	73 % de las compañías electrónicas en EUA tienen programas de calidad, pero más de la mitad muestran mejoramiento inferior al 10%	Cambio radical es prometido pero no presenta un método que indique el nivel esperado de mejoramiento del nuevo proceso	Reducción en el proceso de 3,4 defectos por millón de oportunidades
La efectividad en el desarrollo del método	No promueve sucesos hasta un tiempo, carece de un método de desarrollo efectivo.	No provee un camino efectivo que focalice los esfuerzos de mejoramiento sobre las restricciones de la organización	Contiene una prueba de cinco pasos del método de despliegue

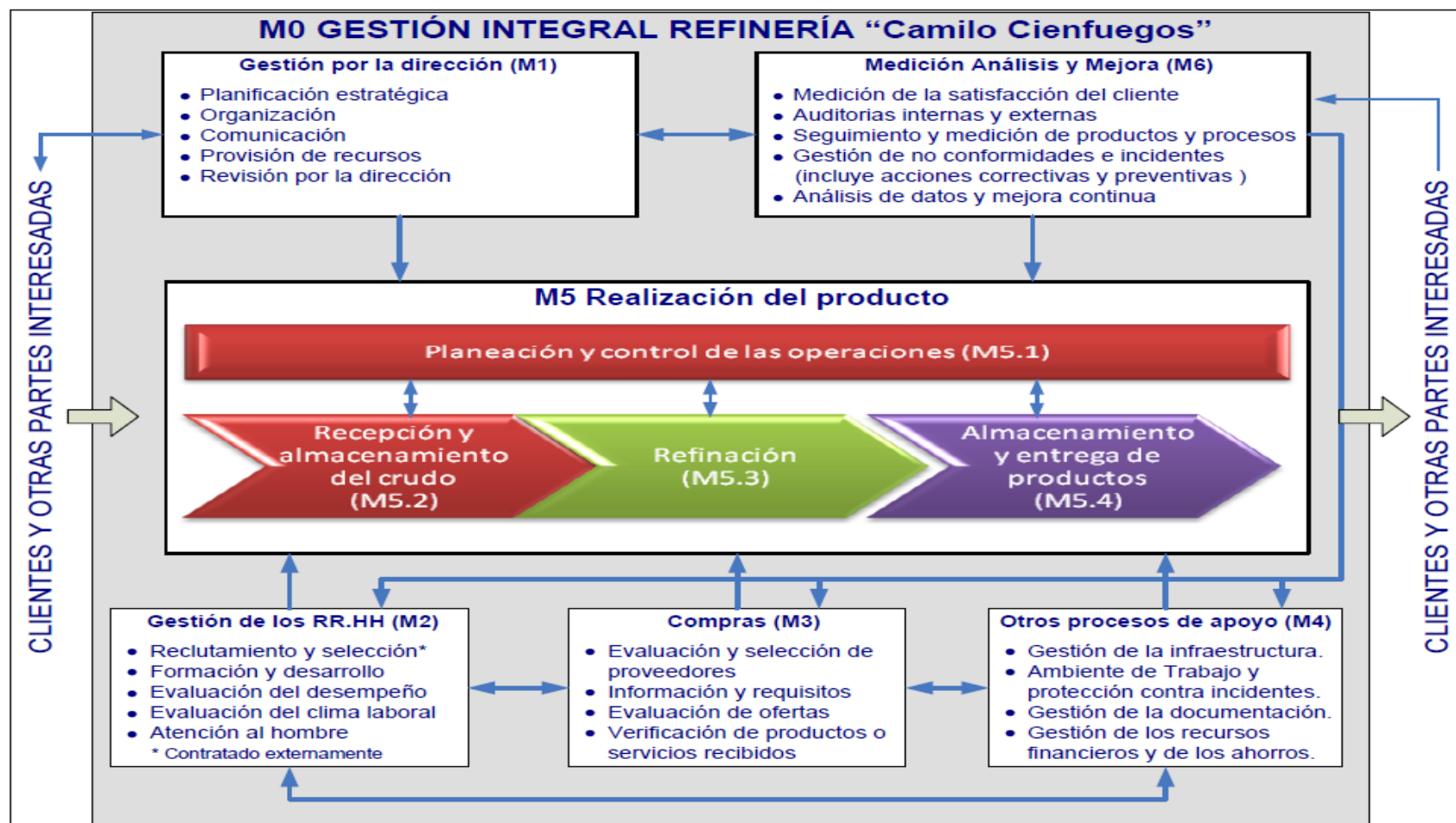
Anexo No.3

Organigrama de la Empresa. Fuente: Unidad de Negocio Refinería “Camilo Cienfuegos”



Anexo No.4

Mapa de proceso de la Refinería “Camilo Cienfuegos”. Fuente: Refinería “Camilo Cienfuegos”



LISTA DE PROCESOS DEL SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN REFINERÍA CIENFUEGOS

N0	N1	N2	N3	N4	N5	← Niveles en cascada de los procesos / subprocesos
M0						GESTIÓN INTEGRAL REFINERÍA CIENFUEGOS
	M1					GESTIÓN POR LA DIRECCIÓN
		M1.1				Gestión del riesgo
	M2					GESTIÓN DE LOS RR.HH
		M2.1				Planificación de los Recursos Humanos
		M2.2				Organización y Normación del Trabajo
		M2.3				Reclutamiento, Selección y Gestión del Personal
		M2.4				Evaluación del Personal
		M2.5				Formación y Desarrollo
	M3					COMPRAS
	M4					OTROS PROCESOS DE APOYO
		M4.1				Gestión de la Infraestructura
			M4.1.1			Mantenimiento de la infraestructura existente
				M4.1.1.1		Planificación del Mantenimiento
				M4.1.1.2		Realización de inspecciones técnicas
				M4.1.1.3		Gestión de las roturas y fallas de operación
				M4.1.1.4		Programación del Mantenimiento
				M4.1.1.5		Ejecución del Mantenimiento
				M4.1.1.6		Inspección técnica del mantenimiento realizado
				M4.1.1.7		Gestión de Confiabilidad
					M4.1.1.7.1	Análisis de criticidad
					M4.1.1.7.2	Jerarquización de problemas y oportunidades Mejora
					M4.1.1.7.3	SILCO
					M4.1.1.7.4	Análisis de Causa Raíz (ACR)
			M4.1.2			Mantenimiento, calibración y verificación de los medios de medición
				M4.1.2.1		Mantenimiento Planificado
				M4.1.2.2		Mantenimiento Predictivo
				M4.1.2.3		Mantenimiento Correctivo
				M4.1.2.4		Mantenimiento y calibración interna en el Taller
				M4.1.2.5		Verificaciones y calibraciones externas
			M4.1.3			Acometer Proyecto de Inversión (Cambios)
		M4.2				Gestión de la documentación
			M4.2.1			Control de los documentos
			M4.2.2			Control de los registros
		M4.3				Gestión del ambiente de trabajo, de los trabajadores y la comunidad
		M4.4				Gestión de los recursos financieros y de ahorros
		M4.5				Gestión de las Tecnologías de Información
			M4.5.1			Gestión de la Estrategia de Servicios TI
				M4.5.1.1		Generación y actualización de la Estrategia TI
				M4.5.1.2		Gestión financiera de TI
			M4.5.2			Gestión del Diseño de los Servicios TI
				M4.5.2.1		Gestión del nivel de servicios
				M4.5.2.2		Gestión de la disponibilidad
				M4.5.2.3		Gestión de la continuidad de los servicios
				M4.5.2.4		Gestión de la seguridad de la información
			M4.5.3			Gestión de la Transición de los Servicios TI
				M4.5.3.1		Gestión y control de los cambios en los servicios TI
				M4.5.3.2		Gestión de la configuración y de activos
				M4.5.3.3		Validación y pruebas del servicio
			M4.5.4			Gestión de la Operación de los Servicios TI

N0	N1	N2	N3	N4	N5	← Niveles en cascada de los procesos / subprocesos
						M4.5.4.1 Gestión de peticiones
						M4.5.4.2 Gestión de problemas
						M4.5.4.3 Gestión de accesos
						M4.5.5 Gestión de la Mejora Continua de los Servicios TI
						M4.5.5.1 Informes del servicio
						M5 REALIZACIÓN DEL PRODUCTO
						M5.1 Planeación y control de las operaciones
						M5.1.1 Planeación y Control de la Producción
						M5.1.2 Planeación y Control de Seguridad
						M5.2 Recepción y almacenamiento del crudo y otros insumos
						M5.2.1 Detalles de la recepción y el almacenamiento del crudo y otros prod
						M5.3 Refinación
						M5.3.01 Destilación Atmosférica
						M5.3.02 Hidrofinación y Reformación Catalítica
						M5.3.03 Fraccionamiento de Gases, Preparación y suministro de reactivos
						M5.3.04 Tratamiento del JET (Merox)
						M5.3.05 Servicios auxiliares - Generación y suministro de vapor
						M5.3.06 Servicios auxiliares - Suministro de Energía Eléctrica
						M5.3.07 Servicios auxiliares - Caldera Recuperadora, Hornos y Flare
						M5.3.08 Servicios auxiliares - Abasto de agua de enfriamiento
						M5.3.09 Servicios auxiliares - Abasto de agua contra incendios
						M5.3.10 Servicios auxiliares - Preparación y suministros de reactivos
						M5.3.11 Servicios auxiliares - Suministro de aire
						M5.3.12 Servicios auxiliares - Abasto de agua Técnica
						M5.3.13 Hidrofinación del Diesel
						M5.4 Almacenamiento y entrega de productos
						M5.4.1 Entrega de Productos Líquidos a Buque
						M5.4.2 Entrega de GLP a Buque
						M5.4.3 Entregas de productos líquidos por cargadero de pailas
						M5.4.4 Entregas de productos líquidos por cargadero de ferrocarriles
						M5.4.5 Entregas de GLP por Cargadero de Pailas.
						M5.4.6 Llenado y entregas de cilindros de GLP
						M5.4.7 Entregas por Oleoducto
						M6 MEDICIÓN, ANÁLISIS Y MEJORA
						M6.1 Retroalimentación del cliente y de otras partes interesadas
						M6.2 Seguimiento y medición del producto
						M6.3 Auditorías (internas y externas)
						M6.4 Seguimiento y medición de los procesos
						M6.5 Corrección/Mitigación NCF/Incidente y aplicar acciones corr. y/o prev.
						M6.6 Análisis de datos (internos y externos)
						M6.7 Proyectos y acciones de mejora

Anexo No.5

Lista de chequeo para realizar el diagnóstico sobre el cumplimiento de la norma NC-ISO 10012: 2007

Punto	Requisitos	Si	No	En parte
4.	REQUISITOS GENERALES			
	¿Tiene la organización definidos el alcance y extensión del sistema de gestión de las mediciones teniendo en cuenta los riesgos y las consecuencias de incumplir con los requisitos Metrológicos?			
	¿Tiene la organización definidos los procesos y los equipos de medición sujetos a confirmación metrológica?			
5.	RESPONSABILIDADES DE LA DIRECCIÓN			
	¿Está definida la función metrológica?			
	¿La alta dirección dispone de los recursos (humanos, financieros etc) necesarios para establecer y mantener la función metrológica?			
5.2	ENFOQUE AL CLIENTE			
	¿Asegura la dirección de la función metrológica que los requisitos de medición del cliente están determinados y convertidos en requisitos metrológicos?			
	¿Asegura la dirección de la función metrológica que el sistema de gestión cumple con los requisitos metrológicos de los clientes?			
	¿Puede la dirección de la función metrológica demostrar el cumplimiento de los requisitos especificados por el cliente? (5.2)			
5.3	OBJETIVOS DE LA CALIDAD			
	¿La dirección de la función metrológica tiene definidos y establecidos objetivos de la calidad referidos al SGM?			
5.4	REVISIÓN POR LA DIRECCIÓN			
	¿La alta dirección de la organización revisa sistemáticamente el SGM a intervalos planificados?			
	¿se dispone de los recursos necesarios para estas revisiones?			
	¿se utilizan los resultados de las revisiones por la dirección para modificar y/o mejorar el SGM?			
6.	GESTIÓN DE LOS RECURSOS			

6.1	RECURSOS HUMANOS			
	¿Están definidas y documentadas las responsabilidades de todo el personal involucrado en el SGM?			
	¿Existen las evidencias documentadas de que el personal es apto para las tareas que desempeña en el SGM?			
	¿Están identificadas y registradas las necesidades de formación del personal?			
	¿Existen registros que evidencien las actividades de formación del personal?			
	¿El personal en formación es supervisado? ¿hay evidencias de ello?			
6.2	RECURSOS DE INFORMACIÓN			
	¿Existen los procedimientos para el SGM, incluyendo los procedimientos técnicos?			
	¿Está definida la autorización para aprobar los procedimientos nuevos o los cambios en los procedimientos? ¿están controlados?			
	¿Están vigentes y disponibles los procedimientos?			
	¿El software utilizado en los procesos de medición están documentados, validados y controlados?			
	¿Están asegurados la identificación, el almacenamiento, la protección, recuperación, tiempo de retención y disposición de los registros del SGM?			
	¿Existe una identificación del estado de confirmación del instrumento de medición?			
	¿Están identificados para su distinción los instrumentos de medición?			
6.3	RECURSOS MATERIALES			
	¿Están todos los instrumentos de medición calibrados antes de la confirmación?			
	¿Se utilizan los instrumentos de medición en un ambiente controlado que aseguren resultados válidos?			
	¿Están incluidos los equipos de seguimiento de las magnitudes de influencia en el SGM?			
	¿Están incluidos los equipos de seguimiento de las magnitudes de influencia en el SGM?			
	¿Existe un procedimiento documentado para recibir, manipular, transportar, almacenar y distribuir los instrumentos de medición?			

	¿Existe un procedimiento para incorporar y/o retirar un equipo del SGM?			
	¿Están documentadas las condiciones ambientales requeridas para el funcionamiento eficiente de los procesos cubiertos por el SGM?			
	¿Se da seguimiento y se registran las condiciones ambientales que afectan las mediciones?			
	¿Se aplican las correcciones a los resultados de las mediciones debido a las magnitudes de influencia?			
6.4	PROVEEDORES EXTERNOS			
	¿Están definidos y documentados los requisitos para los productos y servicios externos?			
	¿Se seleccionan y evalúan los proveedores externos en base a los requisitos anteriores?			
	¿Existen registros del seguimiento y la evaluación de los proveedores externos?			
7.1	CONFIRMACIÓN METROLÓGICA			
	¿Son apropiadas las características metrológicas del instrumento de medición para el uso previsto?			
	¿Está documentado el método para determinar o modificar los intervalos de confirmación metrológica?			
	¿Se revisan y ajustan los intervalos cuando se necesita?			
	¿Se revisa el intervalo del instrumento de medición reparado, ajustado o modificado?			
	¿Se sellan los medios y dispositivos de ajuste del equipo confirmado para prevenir y detectar violaciones?			
	¿Están documentadas las acciones a tomar ante daños, rotura o pérdidas de los sellos contra ajustes?			
	¿Están disponibles los registros del proceso de confirmación, fechados y aprobados por la persona autorizada?			
	¿Se informa en los registros del proceso de confirmación si el instrumento cumple con los requisitos metrológicos especificados?			
	¿Incluyen los registros la siguiente información?: • Identificación única del instrumento (Nº serie, tipo, marca etc) • Fecha de la confirmación • Resultado de la confirmación • Intervalo asignado			

	• El error máximo permitido designado • Las condiciones ambientales y las correcciones • Las incertidumbres aplicadas en la calibración • Mantenimientos, ajustes, reparaciones o modificaciones • Limitaciones de uso • Identificación de la(s) que confirmó o confirmaron • Identificación de las personas responsables • Identificación de los certificados de calibración • Evidencias de la trazabilidad de los resultados • Requisitos metrológicos para el uso previsto • Los resultados de calibración obtenidos antes y después de ajuste, reparación o modificación			
7.2	PROCESO DE MEDICIÓN			
	¿Están los requisitos metrológicos determinados en base a: • Los requisitos de los clientes • Los requisitos de la organización • Requisitos legales y reglamentarios			
	¿Están los procesos de medición diseñados debidamente documentados, validados si es apropiado y de ser necesario acordado con el cliente?			
	¿Para cada proceso de medición están identificados los elementos que pueden poner en riesgo el cumplimiento de los requisitos y los límites de control tales como: • Los efectos de los operadores • Los equipos • Las condiciones ambientales • Las magnitudes de influencia • Los métodos			
	¿Están identificadas y cuantificadas las características de desempeño requeridas para el uso previsto del proceso de medición? • Incertidumbre de la medición • Estabilidad • Error máximo permitido • Repetibilidad			

	• Reproducibilidad • Otras			
	¿Para cada proceso de medición se controla: • El uso de equipo confirmado • La aplicación de procedimientos validados • La disponibilidad de los recursos de información • El mantenimiento de las condiciones ambientales • El uso de personal competente • La transmisión correcta de los resultados			
	¿Existen los registros para: • Los datos obtenidos de los controles de los procesos de medición, incluyendo la incertidumbre de la medición • Las acciones tomadas a partir de los datos del control • Las fechas en las que se llevaron a cabo los controles • La identificación de los documentos de verificación • La identificación de la persona responsable de brindar la información para los registros • Las aptitudes requeridas y logradas del personal			
7.3	INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN			
	¿Ha sido estimada la incertidumbre en cada proceso de medición antes de la confirmación y de la validación del proceso?			
	¿Existen los registros de estas estimaciones?			
	¿Están documentadas todas las fuentes conocidas de variabilidad de la medición?			
	¿Son trazables al SI todos los resultados de las mediciones			
	¿Se utilizan patrones de consenso?			
	¿Se utilizan patrones de consenso solamente en situaciones contractuales y así esta acordado?			
	¿Están definidos los plazos de vencimiento de los registros que evidencian la trazabilidad?			
8.	ANÁLISIS Y MEJORA DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE LAS MEDICIONES			
	¿Están Planificadas las auditorias al SGM?			
	¿Están especificados los métodos para obtener y utilizar la información relacionada con la			

	satisfacción del cliente?			
	¿Se comunican los resultados de las auditorias a las partes interesadas?			
	¿se registran los resultados de las auditorias y los cambios en el SGM?			
	¿Existe un procedimiento para la realización del seguimiento al SGM? ¿Incluye dicho procedimiento los métodos, técnicas estadísticas y la extensión de su uso?			
	¿Están documentados los resultados de los seguimientos?			
	¿Se identifican adecuadamente los procesos de medición que se conoce o sospecha que aportan resultados de medición incorrectos?			
	¿Está documentado el proceso a seguir por el usuario de un proceso identificado como no conforme?			
	¿Son de nuevo validados los procesos de de medición modificados debido a una no conformidad?			
	¿Se identifica el equipo de medición que se sepa o se sospeche que esté dañado, ha sido sobrecargado, funciona incorrectamente, produce resultados incorrectos, está fuera del intervalo de confirmación, ha sido manipulado incorrectamente, tiene el sello roto o dañado, o se ha expuesto a magnitudes de influencia que pueden afectar su uso?			
	¿En los casos anteriores se verifica la no conformidad y se emite el informe?			
	¿Se toman las medidas para evitar la reintegración del equipo no conforme?			
	¿Se identifica el equipo no conforme que una vez reparado y/o ajustado no recupera sus características Metrológicas y se destina a otro uso?			
	¿Está documentado el proceso a seguir por el usuario de un equipo que como resultado de la verificación antes del ajuste o reparación no cumple con los requisitos metrológicos?			
	¿Existe una planificación para la mejora continua?			
	¿Se revisan e identifican las oportunidades de mejora?			
	¿Están documentadas las acciones para identificar las causas y eliminar las discrepancias cuando un elemento del SGM no cumple los requisitos especificados (acciones preventivas)			

	¿Son verificadas las correcciones y los resultados de las acciones correctivas antes de utilizar de nuevo el proceso de medición?			
	¿Están documentados los criterios para tomar las acciones correctivas?			
	¿Están documentadas las acciones preventivas?			

Anexo No.6**Composición del equipo de trabajo. Fuente: Elaboración propia**

- Director Técnico de la Refinería de Cienfuegos: Luis García López, 31 años de experiencias.
- Jefe de Grupo de Ingeniería de Procesos: Ramiro Rodríguez Tabares, 31 años de experiencias.
- Especialista de Metrología: Midiala Hernández Santana, 28 años de experiencias.
- Técnico de Metrología: Antonio Cárdenas Miranda, 35 años de experiencias.
- Director del Sector 1: Juan L Artiles Martínez, 35 años de experiencias.
- Especialista de Medio Ambiente: Maricela Rodríguez Alayón, 14 años de experiencia, atiende la gestión ambiental en toda la refinería.
- Tecnóloga A: Haydee Rodríguez Roque, 27 años de experiencias, Black Belt Seis Sigma: 2010
- Director Técnico de AIT: Mario Moreira, 15 años de experiencia.
- Especialista de AIT: Ricardo Rodríguez Peñate, 35 años de experiencia, atiende Planta Merox.
- Jefe del Laboratorio Químico Central: Rubén Pérez Ayo, 31 años de experiencia.
- Jefe de Control de Calidad del Laboratorio Químico Central: Rubén Rangel Gómez, 29 años de experiencia.
- Director de MCP: Irenaldo Pérez Caldosó, 5 años de experiencia.
- Jefe del Sector de Crudo y Producto: Mario Vega, 28 años de experiencia.
- Jefe de Cargadero: Marx Basulto, 5 años de experiencia.
- Supervisor de Tanques: Eriel Sánchez, 5 años de experiencia.
- Tecnólogos de procesos:
 - ✓ Yosvany González Mazorra, 3 años de experiencia, atiende la sección 100.
 - ✓ Vilma Betancourt Colas, 30 años de experiencias, atiende Planta Merox.

- ✓ Nerys Saavedra Pérez, 30 años de experiencias, atiende la sección 300.
 - ✓ Lidisbet Gutiérrez González, 5 años de experiencias, atiende la sección 400.
 - ✓ Rosaura Usagaua Ramos, 20 años de experiencias, atiende la sección 200.
 - ✓ Suanly Suárez Sabina, 4 años de experiencia, atiende la planta de procesos, Especialista de SHA.
 - ✓ Kenier Barroso Suárez, 2 años de experiencia, atiende las direcciones de Mantenimiento y Automática, Informática y Telecomunicación (AIT), Especialista de SHA.
- Tecnólogo MCP: Alexis González Martínez, 6 años de experiencia.

Anexo No. 7
Política de calidad de la Unidad de Negocio Refinería "Camilo Cienfuegos"

 PETRÓLEOS CUBA VENEZUELA S.A.	Unidad de Negocios REFINERÍA CIENFUEGOS		Código Documento: PCAS
	Reemplaza a: Rev. Anterior	Fecha de Emisión 10/02/2011	Revisión N° <u>2</u> Página 1 de 1

Política de la Calidad, Ambiental y de Seguridad y Salud en el Trabajo

La **Unidad de Negocios Refinería Cienfuegos**, perteneciente a la empresa mixta binacional Cuba Venezuela, **CUVENPETROL, S.A** está consciente de que su éxito en la refinación del petróleo está determinado por la satisfacción de los clientes, la protección del medio ambiente, la seguridad y salud de las personas y la integridad de sus instalaciones, por lo cual ha decidido establecer, mantener y mejorar continuamente un sistema integrado de gestión basado en las normas: ISO 9001, ISO/TS 29001, ISO/IEC 17025, ISO 14001 y NC 18001. Para ello cuenta con la infraestructura adecuada y con recursos humanos competentes y motivados, comprometiéndose a:

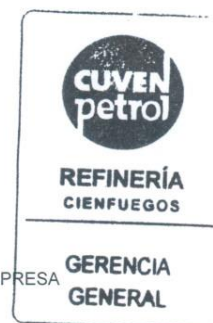
- Cumplir los requisitos de calidad de los productos, pactados con los clientes;
- Suministrar los productos a los clientes en las cantidades, plazos y condiciones acordadas;
- Gestionar todos los procesos productivos y de apoyo cumpliendo con los requisitos legales y regulatorios aplicables;
- Preservar el medio ambiente promoviendo el uso de las mejores prácticas para la prevención de la contaminación, la concientización de sus trabajadores y el logro de objetivos de desarrollo sostenible.
- Garantizar la seguridad y salud de nuestros trabajadores, contratistas, visitantes y la comunidad.


 Ramón Curapiaca Medina

Vicegerente General, UNIDAD DE NEGOCIOS REFINERÍA CIENFUEGOS.

Copia controlada No.:

PROHIBIDA SU REPRODUCCION SIN LA AUTORIZACIÓN DEL AREA EMISORA DE LA EMPRESA



Anexo No.8**Narración del proceso Mantenimiento, Calibración y Verificación. Fuente: Elaboración propia**Proceso de Mantenimiento y calibración:

- 1) Levantamiento/registro de todos los instrumentos de medición (M4.1.2.1): Se realiza un registro RRF- DT-P-13-05-02 “Control de Equipos de Inspección, Medición y Ensayo” con todos los instrumentos de medición por magnitud, donde se reflejan las características y ubicación de los mismos. Se identifican mediante un estudio multidisciplinario aquellos instrumentos que por su campo de utilización pertenecen a metrología legal.
- 2) Elaboración del plan anual de mantenimiento, calibración y verificación; RRF- DT-P-13-05-01 “Plan de Verificación/ Calibración” (M4.1.2.1): Partiendo del registro RRF- DT-P-13-05-02, se ordena por magnitudes y teniendo en cuenta las regulaciones y disposiciones siguientes:
 - Decreto Ley 183/1998 de la Metrología
 - Decreto Ley 62/1982 de la Implantación del Sistema Internacional de Unidades
 - DG-01:2003 Disposición general acerca de los instrumentos de medición sujetos a la verificación y los campos de aplicación donde serán utilizados.Se realiza el Plan de Mantenimiento y el Plan de Calibración, después de realizados los convenios con los subcontratistas se aprueba el Plan de Verificaciones.
- 3) Programación Mensual / Semanal o Diaria considerando el Mantenimiento Predictivo (M4.1.2.2) y el Correctivo (M4.1.2.3): Se lleva de forma mensual o diaria por un software, en este caso el MP2.
- 4) Retiro de los medios de medición del campo (con o sin reposición según orden de Trabajo): En la orden de trabajo queda descrito la posición del instrumento, se solicita el permiso y se desmonta el instrumento siguiendo las regulaciones del proceso y se traslada al taller de mantenimiento.

- 5) Ejecutar los mantenimientos y reparaciones. Así como plasmar los resultados en el registro (M4.1.2.4): Se reciben los instrumentos con sus características, su posición y la Orden de Trabajo y se ejecuta su mantenimiento.
- 6) Realizar calibraciones (incluido pegado de sello) y plasmar resultado en el registro RRF-DAIT-IT-11-08-01 “Registro de Calibración del instrumento” (M4.1.2.4): Se calibra el instrumento según la instrucción de calibración RF-DAIT-IT-11-08 “Instrucción para la calibración de manómetros y manovacúómetros, de deformación elástica, indicadores de trabajo”, se emite un certificado de calibración, se plasma en el registro de calibración RRF-DAIT-IT-11-08-01 y se sella el instrumento.
- 7) Reposición de los medios en campo según orden de trabajo: Se montan los instrumentos calibrados de acuerdo a su posición, se entrega el certificado de calibración al personal responsable y se cierra la orden de trabajo.

Proceso de Verificación:

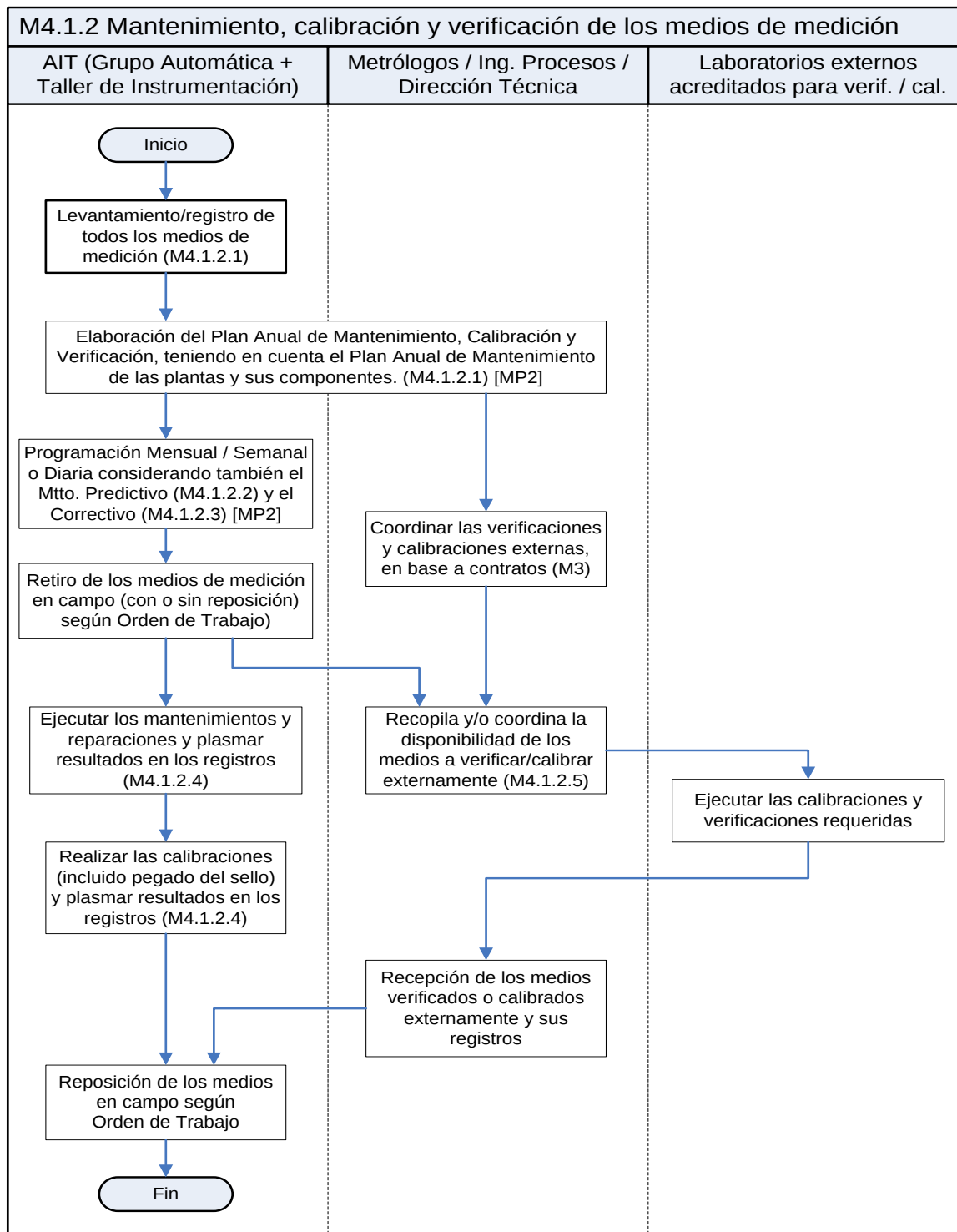
- 1) Levantamiento/registro de todos los instrumentos de medición (M4.1.2.1): Se realiza un registro con todos los instrumentos de medición por magnitud, donde se reflejan todas las características y ubicación de los mismos. Mediante un estudio multidisciplinario se identifican aquellos instrumentos que por su campo de utilización pertenecen a Metrología Legal.
- 2) Elaboración del plan anual de mantenimiento, calibración y verificación (M4.1.2.1): Partiendo del registro por magnitudes, en correspondencia con las regulaciones y disposiciones vigentes. Este es firmado con los laboratorios contratados y distribuido por direcciones.
- 3) Coordinar las verificaciones y calibraciones externas, en base de contratos (M3): Según las características de los instrumentos a verificar y calibrar, en relación con el alcance de la trazabilidad de los laboratorios primarios y con la disponibilidad del presupuesto, se firma contrato con las distintas entidades y laboratorios.
- 4) Recopilación y/o coordinación de la disponibilidad de los medios a verificar/calibrar externamente (M4.1.2.5.): Se reciben los medios que son desmontados según el

plan, se registran, se embalan y trasladan a los destinos convenidos para recibir el servicio.

- 5) Ejecutar las calibraciones y las verificaciones requeridas: Las entidades contratadas ejecutan el servicio convenido, entregando certificado y sellando el instrumento.
- 6) Recepción de los medios verificados o calibrados externamente y sus registros: Se reciben los instrumentos de medición y los certificados, actualizándose la base de datos.
- 7) Reposición o entrega de los instrumentos de medición: Se reponen los instrumentos según su posición y orden de trabajo, con su respectivo certificado.

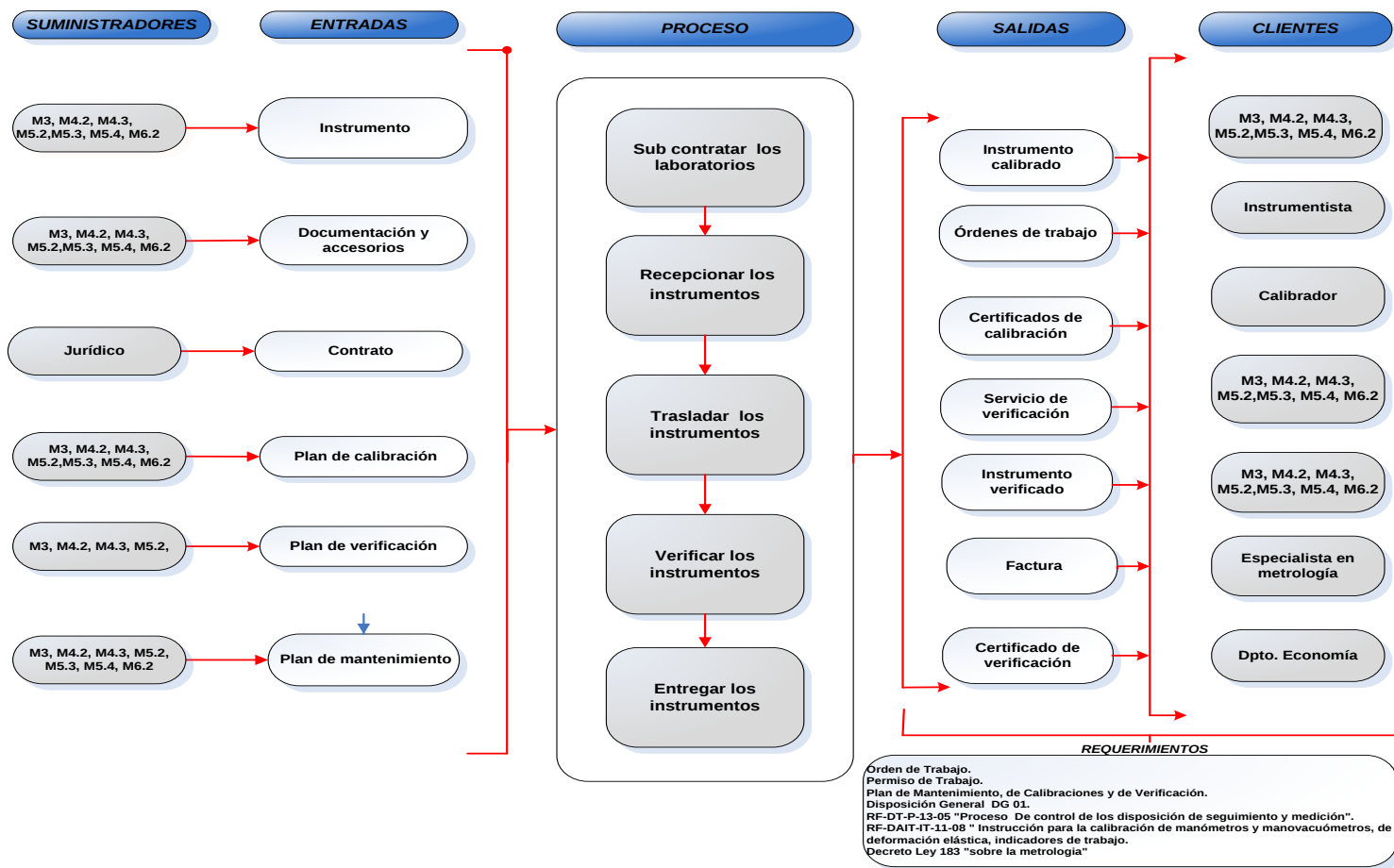
Anexo No.9

Diagrama de flujo del proceso de mantenimiento, reparación, calibración de instrumentos. Fuente: MP-001 MP R6



Anexo No.10

Mapa de proceso de mantenimiento, reparación, calibración de instrumentos. Fuente: Elaboración propia



Anexo No.11

Ficha del proceso Mantenimiento, calibración y verificación de los medios de medición. Fuente: Elaboración propia

PROCESO: Mantenimiento, calibración y verificación de los medios de medición.	Propietario: Dtor Técnico y Dtor AIT.
Misión: Garantizar el mantenimiento, verificación y calibración de los medios de medición.	
Documentación: • Decreto Ley 183 • Disposición General DG 01 • RF-DT-P-13-05 "Proceso de control de los dispositivos de seguimiento y medición" • RF-DAIT-IT-11-08 "Instrucción para la calibración de manómetros y manovacuómetros, de deformación elástica, indicadores de trabajo.	
Alcance: • Empieza: Con el levantamiento de todos los instrumentos y equipos de toda la empresa. • Incluye: Valoración, estudios, elaboración de planes de mejora, mantenimiento, calibración y gestión de la verificación e inspecciones a diferentes niveles. • Termina: Con el equipo disponible.	
Entradas: • Instrumentos • Documentación y accesorios • Contratos • Plan de calibración	

- Plan de verificación
- Plan de mantenimiento

Proveedores:

- M3
- M4.2
- M4.3
- M5.2
- M5.3
- M5.4
- M6.2
- Jurídico

Salidas:

- Instrumentos calibrados
- Órdenes de trabajo
- Certificados de calibración
- Servicio de verificación
- Instrumento verificado
- Certificado de verificación
- Servicio de mantenimiento
- Instrumento reparado

Clientes:

- M3
- M4.2

• M4.3 • M5.2 • M5.3 • M5.4 • M6.2 • Instrumentistas • Calibrador • Especialista en metrología • Departamento de Economía	
<u>Inspecciones:</u> • Técnicas	<u>Registros:</u> • Recepción y entrega. • Registro de calibración. • Registro de reparación. • Registro de verificación. • RRF- DT-P-13-05-02 “Control de Equipos de Inspección, Medición y Ensayo”. • RRF- DT-P-13-05-01 “Plan de Verificación/ Calibración”. • RRF-DAIT-IT-11-08-01 “Registro de Calibración del instrumento”
<u>Variables de Control:</u> • Cantidad de equipos calibrados, verificados y reparados.	<u>Indicadores:</u> • Cumplimiento del plan de calibración • Cumplimiento del plan de

	verificación • Cumplimiento del plan de mantenimiento
--	--

Anexo No.12
Relación de documentos legales. Fuente: Elaboración propia

Código	Título
Decreto Ley 182	De Normalización y Calidad
Decreto Ley No. 183: 1998	De la Metrología
Decreto No. 270 :2001	Reglamento del Decreto Ley de Metrología
Decreto No. 271 :2001	Contravenciones en Metrología
Decreto Ley No. 62:1982	Sobre la implantación del Sistema Internacional de Unidades
NC ISO /IEC 17025:2006	Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.
NC ISO/IEC Guía 2: 2005	Normalización y Actividades relacionadas. Vocabulario General
OIML V1: 2000	International Vocabulary of Terms in Legal Metrology.
Antúnez. R.M: 2008	La metrología en Cuba. La metrología como ciencia de las mediciones.
NC ISO 9001:2008	Sistemas de gestión de la calidad -Requisitos
NC OIML D-19: 1994	Evaluación de modelo y Aprobación de modelo
NC OIML D-9: 1995	Principios de supervisión Metrológica
http://www.inimet.cubaindustria.cu	Manual de Instrucciones para la ejecución del diagnostico Metrológico
NC OIML D-12: 1995	Campos de aplicación de los instrumentos de medición sujetos a verificación.
DG- 01: 2012	Instrumentos de medición sujetos a verificación obligatoria y a aprobación de modelo según los campos de aplicación donde serán utilizados.

DG-03:200	Documentación para los patrones de referencias
NC OIML D-16: 1998	Principios del aseguramiento del control metrológico.
NC OIML D-20: 1995	Verificación inicial y posterior de los procesos e instrumentos de medición
OIML R -79 : 1997	Requisitos para el etiquetado de los productos preenvasados.
DG-05:200	Disposición para la supervisión metrológica
DG -06:2011	Uso de sellos y certificados de verificación, calibración y reporte de mediciones.
OIML D-15 : 1994	Principios de selección de las características para el examen de instrumentos de medición comunes.
OIML D-8: 1996	Principios concernientes a la selección, reconocimiento oficial, uso y conservación de los patrones de medición.
NC ISO 10012	Sistemas de gestión de las mediciones
ISO 7507 -1,2,3	Calibración de tanques verticales
OIML D-3: 1995	Calibración legal de los instrumentos de medición
OIML D-5: 1996	Principios para el establecimiento de los esquemas de jerarquía para los instrumentos de medición
OIML D-10: 1996	Guía para la calibración de los intervalos de recalibración de los equipos de medición utilizados en laboratorios de ensayo
OIML D-18 :1996	Principios generales para el uso de los materiales de referencias en las mediciones.
GUM: 1995	Guía para la expresión de la incertidumbre en la medición
OIML D17:1996	Guía para la expresión de la incertidumbre de las mediciones
NC 18001: 2005	Seguridad y salud en el trabajo. Sistema de gestión

	de seguridad y salud en el trabajo. Requisitos.
NC-ISO 19011:2002	Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión de la calidad y/o ambiental
NC ISO 14001:2004	Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso.
NC-ISO/IEC 17020:1999	Criterios generales para la operación de los diferentes tipos de órganos que realizan inspecciones.
NC ISO 14031/2005	Evaluación de Desempeño Ambiental.
OHSAS 18001: 2007	Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo. Requisitos.
NC: 90-	Grupo 90 de las normas cubanas, por magnitudes.

Anexo No.13
Resultados de la votación ponderada. Fuente: Elaboración propia

Participantes	Factores			
	1	2	3	4
Luis García López	1	4		2
Ramiro Rodríguez		2	4	1
Midiala Hernández	2	4	1	
Antonio Cárdenas Miranda		4	1	2
Juan L Artilles	2	4	1	
Haydee Rodríguez	1	4	1	
Maricela Rodríguez Alayón	1	4		2
Mario Moreira	2	4		1
Ricardo Rodríguez Peñate		2	1	4
Rubén Pérez Ayo	1		2	4
Rubén Rangel Gómez		2	1	4
Irenaldo Pérez Caldosó	1	4	2	
Mario Vega		4	2	1
Marx Basulto	1	4		2
Eriel Sánchez	2		4	1
Yosvany González Mazorra	4	1	2	
Vilma Betancourt Colas		4	1	2
Nerys Saavedra Pérez		4	1	2
Lidisbet Gutiérrez González	1	4	2	
Rosaura Usagaua Ramos	1	4		2
Kenier Barroso Suárez	1	4		2
Alexis González Martínez		4	1	2
SUMA	21	71	27	34
FRECUENCIA PUNTUACIÓN	14	20	16	16
ORDEN PRIORIDAD	4 ⁰	1 ⁰	3 ⁰	2 ⁰

Factores

- 1 Período de verificación y calibración
- 2 Calidad en los sistemas de mediciones
- 3 Tiempo de ciclo de salida y reposición del instrumento al proceso
- 4 Utilización de materiales de referencia certificados

Anexo No.14

Descripción de las operaciones en el proceso de Tratamiento del Jet A1. Fuente: Elaboración propia

- **Preparación de la concentración de sosa (D-05):** Se cuenta con un Tambor, el cual está destinado al almacenaje y ajuste de la concentración de sosa, este cuenta con una división interior. Se recibe sosa fresca entre un 4-6 % de concentración, preparada en el área de reactivos. Para la disolución y ajuste de la concentración de sosa que se requiere, (la cual es al 0.5 %), se emplea agua de proceso. La sosa fresca y el agua ingresan al primer compartimento del equipo. Las bombas P-04A/B aspiran la solución de sosa del primer compartimento y la descargan en el segundo. Las Bombas P-05A/B de desplazamiento positivo, aspiran la solución de sosa del segundo compartimento y la descargan en el sistema de tratamiento cáustico, para reposición y renovación del inventario.
- **Medición de la concentración:** La concentración del Tambor (D-05A) solamente se toma la muestra cuando se prepara un bache. La concentración en el Tambor (D-05 B) se mide una vez en cada turno. La fracción de Jet A-1 proveniente de la Unidad de Tanques intermedios (T-37) es aspirada por las Bombas de Carga P-01A/B (titular y auxiliar), a un caudal de procesamiento de 72.9 m³/h. Las bombas descargan a una presión de 8.3 bar (1 bar = 0.981 kg/cm²) y a una temperatura máxima de 40 °C. Conjuntamente con la corriente de reciclo de sosa, pasa a través de la válvula mezcladora PDCV-001.
- **Toma de Muestra:** Se toma una muestra con el objetivo de medir (Color, Acidez y concentración a la entrada del D-01), a la materia prima. Registrando los resultados en el modelo "Registro para resultados de análisis de laboratorio" (RRF-DO-P-17-05-01:1).
- **Lavado con sosa (D-01):** La caída de presión a través de la válvula de mezcla, se ajusta convenientemente para producir el mezclado de las fases y su íntimo contacto. La sosa es impulsada por las Bombas P-02A/B a una presión de 9.8 bar y a un caudal de 4.9 m³/h. Ello implica una relación HC/Sosa de diseño de 15/1 m³/m³ aproximadamente. El control de caudal de sosa, está vinculado a través del Sistema de Control Distribuido (DCS) con el control de caudal de la fracción de Jet A-1 para

poder ajustar en forma automática esta relación. La mezcla ingresa al tratador a través de un distribuidor con orificios, ubicado en la parte inferior del recipiente. En éste, se produce la separación de las fases por diferencia entre sus pesos específicos (0.8 vs 1.022). El equipo cuenta con un control de nivel de interface, que produce la descarga de la fase de sosa, hacia tratamiento, por incremento del nivel. La fracción de Jet A-1 sale del tratador por la parte superior, a través de un colector con orificios, a una presión de 6.9 bar. En esta sección, todo el Sulfuro de Hidrógeno (SH_2) que pudiera contener la fracción de Jet A-1, como así también los ácidos nafténicos y mercaptanos livianos, son retenidos por la sosa y retirados de la fracción de Jet A-1, a través de reacciones químicas.

- **Lavado con agua (D-02):** La fracción de Jet A-1 que abandona el Tratador Cáustico D-01, es conducido por presión, hacia el lavador D-02. Previamente, recibe la corriente de agua de lavado impulsada por las Bombas P-03A/B, a un caudal de 7.3 m^3/h y una presión de descarga de 10 bar. Se emplea agua de proceso disponible en el límite de batería de la unidad a una presión de 4 bar y 30 °C. Ambas corrientes pasan a través de la válvula mezcladora PDCV-002 e ingresan al lavador. La caída de presión a través de la válvula de mezcla, se ajusta convenientemente para producir el mezclado de las fases y su íntimo contacto. Por diseño se trabaja a una relación HC/Agua de 10/1 m^3/m^3 aproximadamente. El control de caudal de agua, está vinculado a través del Sistema de Control Distribuido (DCS) con el control de caudal de queroseno, para poder controlar en forma automática esta relación. La mezcla ingresa al lavador, por la parte superior, y en él se produce la separación de las fases por diferencia entre sus pesos específicos (0,8 vs 1). El equipo tiene una malla interna para favorecer la coalescencia de las gotas. Cuenta también con un control de nivel de interface, que produce la descarga de la fase acuosa, hacia el sistema de tratamiento de efluentes. La fracción de Jet A-1 sale del lavador, por la parte superior extrema a la conexión de entrada, a una presión de 6.2 bar. En esta sección, los restos de sosa y Naftenato de Sodio arrastrados con la corriente de la fracción de Jet A-1 que provienen del Tratador Cáustico D-01, son disueltos en la fase acuosa, simplemente por un mecanismo de disolución.

- **Toma de muestra:** Se realiza con el objetivo de realizar un análisis visual con fenoltaleína a la entrada del D-0, para comprobar el contenido de sosa cáustica en el combustible Jet, registrándose en el modelo “RRF-DO-P-17-05-01:2”.
- **Secador con sal (D-03):** La fracción de Jet A-1 que sale del tambor D-02, ingresa al secador con sal, por una conexión lateral inferior y a través de un distribuidor constituido por una cañería central y brazos laterales, soportados en apoyos soldados a la pared del recipiente. Los brazos del distribuidor están conformados por una malla Johnson con ranuras cuyas aberturas son de 0.005”. Dentro del secador, está instalado el lecho de sal, soportado sobre uno de arena gruesa (superior) y grava (inferior). El distribuidor se encuentra sumergido en el de arena. La fracción de Jet A-1 con humedad que sale del distribuidor, atraviesa el lecho de sal, en sentido ascendente. El agua en contacto con la sal, produce su disolución y decanta hacia la parte inferior del recipiente, por gravedad. La fracción de Jet A-1 sale del equipo por la parte superior a una presión de 5.6 bar. A medida que transcurre el tiempo, desciende el nivel de sal. El agua salada (salmuera) es drenada por la conexión de fondo del equipo, en forma manual. El diseño prevé un drenaje de 0.2 m³/día de agua salada. El secador remueve la humedad presente en la corriente de la fracción de Jet A-1. Es importante analizar la concentración de humedad a la entrada y a la salida del secador, para medir su performance. Cuando el contenido de agua en la corriente de la fracción de Jet A-1 que sale del equipo, alcanza las 400 ppm p/p, se debe reponer el nivel de sal o reemplazarla.
- **Toma de muestra para realizar prueba Shell:** Esta se realiza para evaluar el contenido de humedad en el querosene que sale del equipo. A medida que transcurre el tiempo, va descendiendo la altura del lecho de sal, dado que, la humedad que ingresa con el querosene al equipo, disuelve la sal. Por lo tanto, para un determinado caudal de carga de queroseno, en un momento dado, la altura disponible remanente del lecho puede ser insuficiente. Se controla por análisis de laboratorio el contenido de agua en la corriente de queroseno, la cual no debe sobrepasar las 130 ppm p/p, registrándose en el modelo “RRF-DO-P-17-05-01:2”.
- **Filtrado con arcilla (D-04):** La fracción de Jet A-1 que sale del Secador D-03, tiene una concentración de agua inferior a 200 ppm p/p para una buena operación. La corriente ingresa por una conexión lateral superior y a través de un distribuidor,

constituido por una cañería central y sus brazos laterales. Tanto la cañería central como los brazos, están soportados en apoyos soldados a la pared del recipiente. Los brazos cuentan con orificios para la salida del flujo. Dentro del tratador, se encuentra instalado el lecho de arcilla. La fracción de Jet A-1 atraviesa dicho lecho en sentido descendente y sale del equipo, con la calidad de Jet, por una conexión lateral inferior, a una presión de 4,5 bar. Internamente conectado a la conexión de salida, se encuentra el colector de salida de producto. Los brazos del distribuidor están conformados por una malla Johnson con ranuras cuyas aberturas son de 0,005". Las partículas de arcilla son retenidas por esta malla. El tratador de arcilla remueve restos de humedad, surfactantes, jabones, partículas sólidas y compuestos precursores de la coloración de la fracción de Jet A-1.

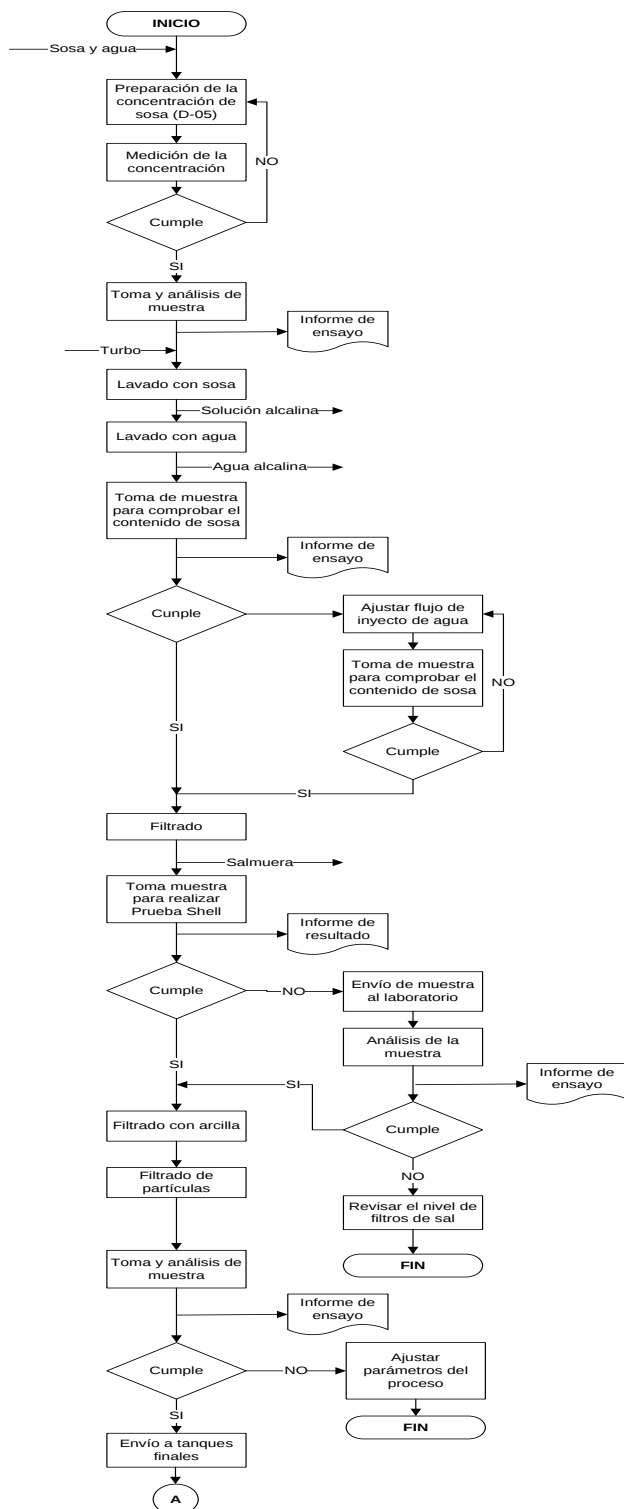
- **Filtrado:** A la salida del Tratador de Arcilla D-04, se encuentran los Filtros D-06A/B, para retener eventuales micropartículas de arcilla, que pudieran salir con la corriente de Jet. La presión del Jet a la salida de estos filtros es de 4 bar.
- **Toma de muestra:** Se realiza con el objetivo de evaluar las características finales del producto, como es: Color Saybolt (Reportar), Acidez (mgKOH/g), WISIM Min 85 (grados), Contaminación por partícula, cuyos resultados se plasman en el modelo de registro para resultados de análisis de laboratorio (RRF-DO-P-17-05-01:1).
- **Envío a tanques de productos terminados:** Luego de verificar los parámetros requeridos por las normativas y exigencias de los clientes, el producto es enviado a los tanques de productos terminados según la instrucción: RF-DMCP-IT-21-08 "Instrucción técnica de operación para la recepción, manipulación, almacenaje y entrega de productos derivados del petróleo".
- **Toma de muestra parcial:** Mientras el tanque se encuentre alineado se toma una muestra diaria a las 4:00 AM según la NC ASTM D 4057, para comprobar parte de los parámetros del producto que llega a tanque para lo cual se drena el tanque según la instrucción: RF-DMCP-IGS-21-02 "Instrucción de seguridad para el drenaje de equipos, recipientes y tuberías".
- **Reposo del producto:** Una vez llenado el tanque a su máxima capacidad, se debe esperar cuatro horas por metro de nivel (40 horas) según lo establecido en el Manual

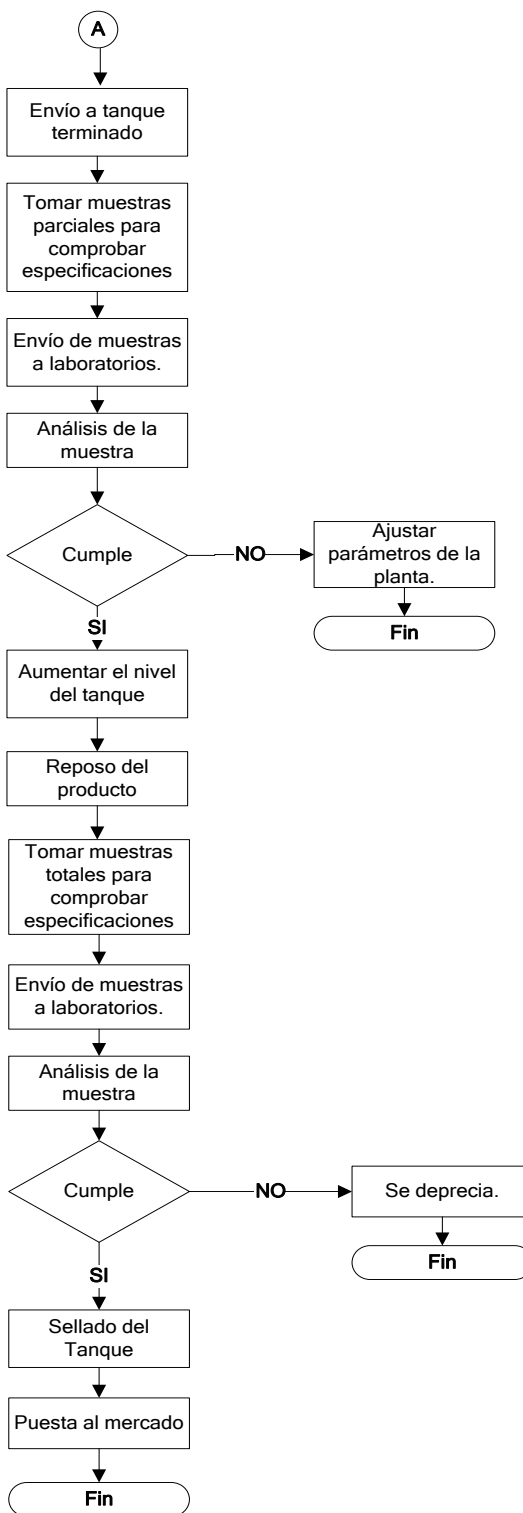
de MCP, con el objetivo de que se establezca el producto y las mediciones sean precisas.

- **Toma de muestra total:** Una vez concluido el reposo del producto se toman como mínimo once muestras para comprobar la totalidad de las especificaciones del Turbocombustible Jet A1 según la NC ASTM D 4057 el mismo debe drenarse según la instrucción: RF-DMCP-IGS-21-02 "Instrucción de seguridad para el drenaje de equipos, recipientes y tuberías", para poder sellar el tanque y ponerlo a mercado.

Anexo No.15

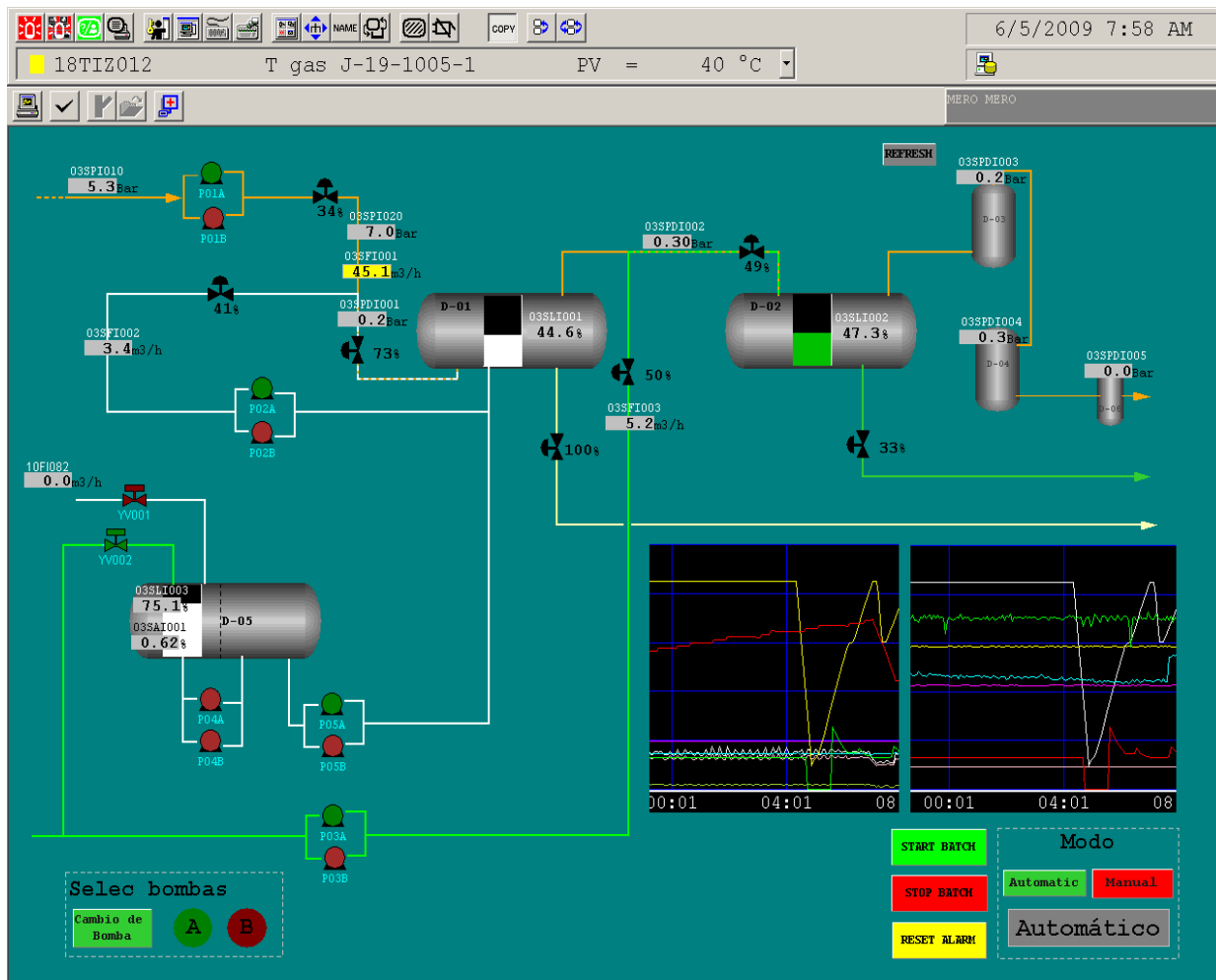
Diagrama de Flujo del proceso de Tratamiento y Almacenamiento del Jet A1. Fuente: Elaboración propia





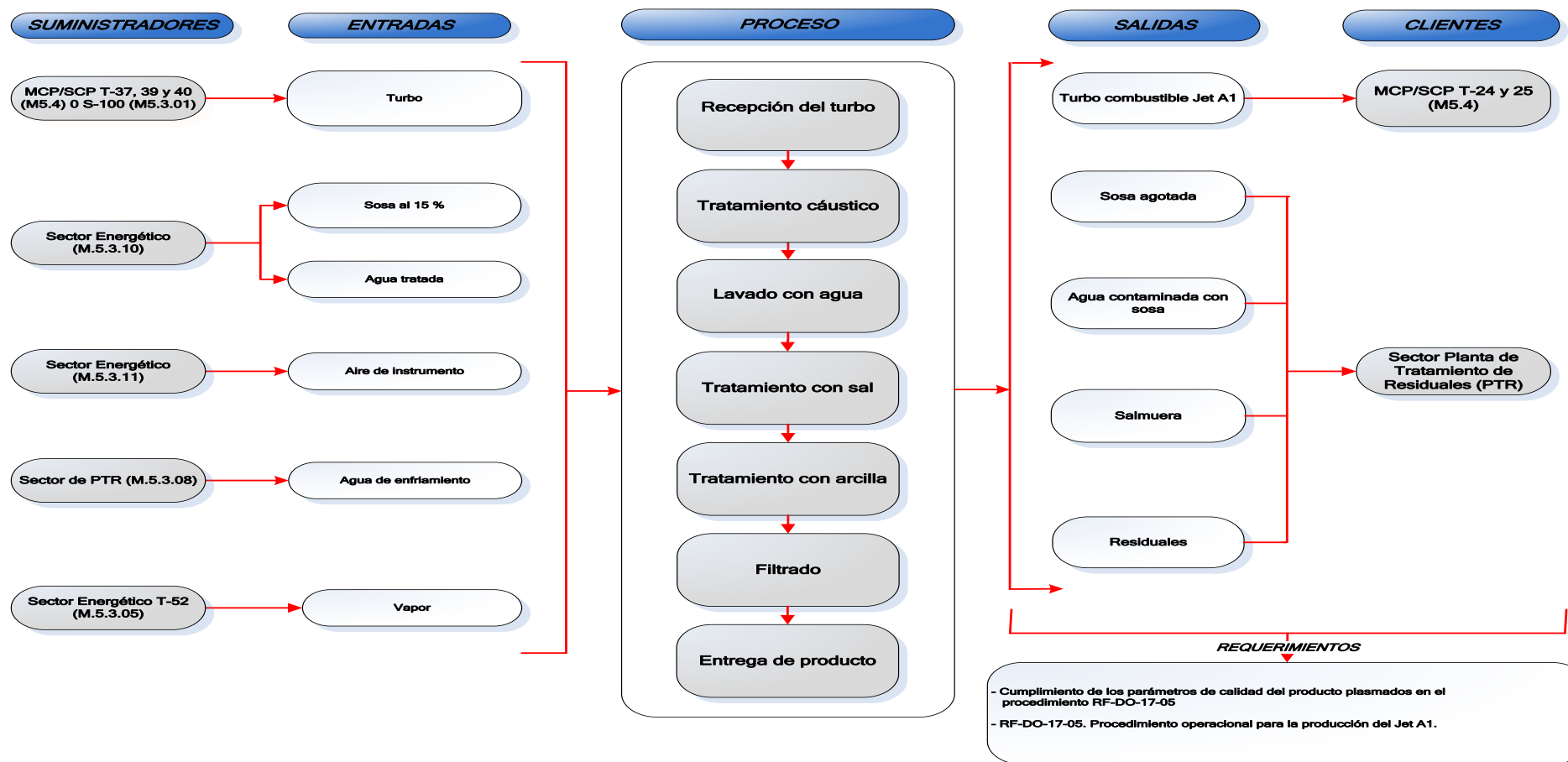
Anexo No.16

Proceso de Tratamiento del Jet A1 a través del software Exaquantum. Fuente: DCS



Anexo No.17

Diagrama SIPOC del proceso de Tratamiento del JET A1 (Merox). Fuente: Elaboración propia



Anexo No.18

Ficha del proceso de Tratamiento y almacenamiento del JET A1. Fuente: Elaboración propia

PROCESO: Tratamiento y almacenamiento del JET A1	Propietario: Jefe de Planta de Procesos. Jefe de MCP
Misión: Reducción de la acidez y disminución de los mercaptanos en la planta MEROX, así como su almacenamiento con la calidad requerida.	
Documentación: • RF-DO-17-05. Procedimiento operacional para la producción del Jet A1. Disposición General DG 01. • RF-DO-IIE-17-01. Instrucción Inicial Específica de Plantas de Proceso. • RF-DO-P-17-09. Procedimiento de relaciones entre plantas. • RF-DO-IIE-17-01. Instrucción Inicial Específica de Plantas de Proceso. • RF-DT-GCA-13-05. Gráfico de control analítico - Planta de Tratamiento de Turbo combustible JET-A1. • RF-DO-IPT-17-01. Instrucción del Puesto de Trabajo para el Jefe de Taller de la Planta de Proceso. • RF-DO-IPT-17-03. Instrucción del Puesto de Trabajo para el Jefe del Sector 2 Plantas de Proceso. • RF-DO-IPT-17-06. Instrucción del Puesto de Trabajo para el Jefe de Brigada Sector 2 Plantas de proceso. • RF-DO-IPT-17-08. Instrucción del Puesto de Trabajo para el Operador A PANELISTA del Sector 2 Plantas de proceso. • RF-DO-IPT-17-10. Instrucción del Puesto de Trabajo para el Operador A de Campo del Sector 2 Plantas de proceso.	

- RF-DO-IPT-17-12. Instrucción del Puesto de Trabajo para el Operador B de Campo de Reformación Catalítica.
- RF-DO-IPT-17-17. Instrucción del Puesto de Trabajo para el Operador Utilite (Auxiliares de Producción)
- RF- DMCP-M-21- 47 “Manual de operaciones del Sector MCP”

Alcance:

- **Empieza:** Con la entrada de la fracción de turbo combustible Jet A1.
- **Incluye:** Valoración, estudios, elaboración de planes de mejora, medición, inspecciones a diferentes niveles y registros.
- **Termina:** Producto terminado y almacenado con las especificaciones según las normas establecidas y certificado de calidad

Entradas:

- Turbo o Fr. 120-230
- Sosa al 15%
- Agua tratada
- Aire de instrumento
- Agua de enfriamiento
- Vapor
- Electricidad

Proveedores:

- MCP/SCP T-37, 39 y 40 (M5.4) O S-100 (M5.3.01)
- Sector Energético (M.5.3.10)
- Sector Energético (M.5.3.10)
- Sector Energético (M.5.3.11)
- Sector de PTR (M.5.3.08)

Sector Energético T-52 (M.5.3.05)	
<u>Salidas:</u> - Turbo combustible Jet A1. - Sosa agotada. - Agua contaminada con sosa. - Salmuera. - Instrumento verificado. - Residuales. - MCP/SCP T-24 y 25 (M5.4) - Sector de PTR (M4.3) <u>Clientes:</u> - PDVSA	
<u>Inspecciones:</u> - Primer Nivel - Segundo Nivel - Tercer Nivel - Técnicas - Auditorias de CUPET - Auditorias de la firma SHELL - Auditorias de ECASA	<u>Registros:</u> - RRF-DO-P-17-05-01:1 (Resultados de análisis de laboratorio) - Certificado de Calidad - Registro de drenaje de tanque de filtro - Registro de mediciones - Registro de muestras - Informe de ensayo de tanque (Hay varios) - Registro de muestreo de camiones-cinteras - Registro de comprobación de los brazos flotantes

<u>Variables de Control:</u>	<u>Indicadores:</u>
• Contaminación Microbiológica • Contaminación por Agua • Temperaturas, presiones y volúmenes en cada uno de los puntos de control establecidos del proceso • Parámetros de calidad del producto (Ver Anexo 16) • Diferenciales de presión • Prueba MILIPORE (Colorimétrica y gravimétrica)	• % de cumplimiento de los planes de producción. • Consumo de materiales (Sosa Cáustica, Sal granulada Grado A, Arcilla, Agua). • Rendimiento de la mezcla de crudos. • % cumplimiento de los parámetros de calidad del producto.

Anexo No. 19
Especificaciones de producción del combustible Jet-A1

PRODUCTO: TURBO COMBUSTIBLE JET A-1			
DESCRIPCION DEL PRODUCTO: LIQUIDO CLARO Y TRANSPARENTE, OBTENIDO DE LA DESTILACION ATMOSFERICA DEL PETROLEO CRUDO, REFINADO CON HIDRÓXIDO DE SODIO O MEDIANTE HIDROFINACIÓN Y FILTRADO POR ARCILLAS.			
ESPECIFICACIONES DE PRODUCCIÓN (VER NOTAS 21, 22 Y 23) (SEGÚN DEF STAN 91-91 ISSUE 7 - 18 FEB 2011 JOINT FUELLING SYSTEM CHECK LIST FOR JET A-1 ISSUE 25 - 5 MAY 2011)			
INDICES DE CALIDAD	U/M	METODO DE ENSAYO (24)	VALOR ESPECIFICADO
1- APARIENCIA	-	VISUAL	Claro y Brillante (1)
2- COLOR	-	ASTM D156, D6045	Reportar (2)
3- CONTAMINACIÓN POR PARTÍCULAS	mg/L	ASTM D 5452	1.0 máx. (3)
4- CONTEO ACUMULATIVO DE PARTÍCULAS	Conteo por canales individuales y Código ISO	IP 564, IP 565 ó IP-577	Conteox Código x Canales ISO (4)..... Reportar Reportar Reportar Reportar Reportar Reportar Reportar Reportar Reportar Reportar Reportar Reportar
≥ 4 µm(c) ≥ 6 µm(c) ≥14 µm(c) ≥21 µm(c) ≥25 µm(c) ≥30 µm(c)	mgKOH/g % v/v % v/v	ASTM D 3242 ASTM D 1319 ASTM D 6379 (6)	Reportar Reportar Reportar Reportar 0.011 máx (5)
5- ACIDEZ TOTAL	% v/v		22.5 máx
6- AROMATICOS Ó AROMÁTICOS TOTALES	% m/m	ASTM-D 3227 (7)	24.0 máx.
7- AZUFRE MERCAPTANO O PRUEBA DOCTOR	-	ASTM D 4952	0.0026 máx
8- AZUFRE TOTAL	% m/m	ASTM D1266, D2622, D4294, D5453.	Negativa
9- COMPONENTES NO HIDROPRECESADOS	% v/v		0.30 máx
10- COMPONENTES HIDROPROCESADOS	% v/v		
11- COMPONENTES HIDROPROCESADOS CON SEVERIDAD.	% v/v		Reportar (8)
12- COMPONENTES SINTÉTICOS	°C	ASTM D 86 (10)	Reportar (8)
13- DESTILACION: INICIAL			Reportar (8)

10 % RECUP. A	% v/v		
50 % RECUP. A	% v/v		
90 % RECUP. A	°C	NC ASTM D56	Reportar (9)
FINAL	kg/m ³	ASTM D D4052, 1298	Reportar 201.0 máx
RESIDUO	°C	NC ASTM D2386(6)	Reportar 244.0 máx
PERDIDA		D5972,D7153,D7154	1.5 máx
14- TEMPERATURA DE INFLAMACION	mm ² /s	ASTM D 445	1.5 máx
15- DENSIDAD A 15 °C	mm	ASTM D 1322	43.5 mín (11)
16- TEMPERATURA DE CONGELACION	mm	ASTM D 1322	775.4 – 839.6
	% v/v	ASTM D 1840	- 50.0 máx
17- VISCOSIDAD A – 20 °C			
18- PROPIEDADES DE COMBUSTION:			
a) PUNTO DE HUMO	MJ/kg	ASTM D4809, D333 (12)	7.817 máx
b) PUNTO DE HUMO E			
HIDROCARBUROS NAFTALENICOS			27.5 mín
19- VALOR CALORICO NETO	clase	NC ASTM D130 (13)	21.5 mín 2.85 máx
20- CORROSION AL COBRE	°C	ASTM D 3241 (14)	42.84 mín
21- ESTABILIDAD TERMICA, JFTOT	mm Hg		
• TEMPERATURA DE ENSAYO	mg/100cm ³	IP 540, ASTM D381	1 máx
• CLASIFICACIÓN VISUAL DEL	GRADO	27- ASTM D	
DEPOSITO EN EL TUBO		3948 (16)	260 mín.
• DIFERENCIAL DE PRESION EN			Menor que código 3 (15)
EL FILTRO			
22- GOMA EXISTENTE	Ps/m		
23- MICROSEPARÓMETRO (MSEP) EN EL	mm	ASTM D 2624	25.0 máx
PUNTO DE MANUFACTURA CON		ASTM D 5001	7 máx
ADITIVO DISIPADOR ESTATICO	mg/L		70 mín
Ó	mg/L		
• SIN ADITIVO DISIPADOR ESTATICO			85 mín
24- CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	mg/L		
25- DIAMETRO MARCA DESGASTE BOCLE	mg/L		50 – 600 (17)
26- ADITIVOS (19)			0.85 máx (18)
ANTIOXIDANTES			

• OBLIGATORIO EN COMBUSTIBLES HIDROPROCESADOS Y SINTETICOS • OPCIONAL EN COMBUSTIBLES NO HIDROPROCESADOS DESACTIVADOR DE METAL (OPCIONAL) * • PRIMERA ADITIVACION • CONCENTRACION ACUMULATIVA DESPUÉS DE LA RE – ADITIVACION DISIPADOR ESTATICO STADIS 450 (20) * • PRIMERA ADITIVACION • CONCENTRACION ACUMULATIVA DESPUÉS DE LA RE – ADITIVACION *Cuando la dosificación inicial es desconocida debe asumirse que la primera aditivación fue realizada al límite máx.				17.0 – 24.0 24.0 máx 2.0 máx 5.7 máx 3.0 máx 5.0 máx
USOS: COMBUSTIBLE DE AVIACION PARA MOTORES A REACCION.				
ENVASE Y ALMACENAMIENTO:		ENTREGA A GRANEL. ALMACENAMIENTO EN TANQUES SUPERFICIALES DE TECHO FIJO CON VALVULAS DE PRESION Y VACIO O EN TANQUES SOTERRADOS.		
PELIGROSIDAD:		LIQUIDO INFLAMABLE CLASE III. CMA 300 mg/m³. SUSTANCIA NOCIVA DE 4. CLASE (LIGERAMENTE PELIGROSA).		
OBSERVACIONES: (1) CLARO, BRILLANTE Y VISUALMENTE LIBRE DE SEDIMENTOS, SÓLIDOS EN SUSPENSION Y AGUA LIBRE A TEMPERATURA AMBIENTE. VER ANEXO F EN DEF STAN 91-91. (2) SE REPORTARÁ EN EL PUNTO DE MANUFACTURA. VER ANEXO E EN DEF STAN 91-91. (3) SE REPORTARÁ EN EL PUNTO DE MANUFACTURA. VER ANEXO F EN DEF STAN 91-91. (4) EXISTE LA INTENCIÓN DE SUSTITUIR E L ÍNDICE 3- POR EL ÍNDICE 4-. (5) NO SE ACEPTAN CONCENTRACIONES DE FAME IGUALES O MAYORES A 5.0 mg / kg. (6) METODO DE ARBITRAJE IP 156/ASTM D 1319..EXISTE LA INTENCIÓN DE SUSTITUIRLO POR IP 436/ASTM D 6379 (7) EN CASO DE CONFLICTO ENTRE RESULTADOS POR ASTM D 3227 Y D 4952 PREVALECERÁ EL D 3227. (8) SE REPORTARÁ EL % VOL DE CADA TIPO DE COMPONENTE DE REFINACIÓN, UTILIZADO EN LA FABRICACIÓN DEL LOTE, INCLUSIVE SI ES “NULO” Ó 100 %, SEGÚN PROCEDA. (9) SE REPORTARÁ EL % VOL DE CADA TIPO DE COMPONENTE SINTÉTICO, JUNTO CON LA CORRESPONDIENTE ESPECIFICACIÓN DE LIBERACIÓN DEL PRODUCTO Y NÚMERO DE ANEXO, ENTIDAD DE ORIGEN Y EL NÚMERO DEL CERTIFICADO DE CALIDAD DE ORIGEN. (10) SE CLASIFICARÁ COMO GRUPO 4 Y LA TEMPERATURA DEL CONDENSADOR SERÁ DE 0 a 4 °C. (11) EL LÍMITE ES 38 °C PARA LOS MÉTODOS IP 170, IP 523 Ó D 3828. EI MÉTODO DE ARBITRAJE ES EL IP 170 (12) SE PERMITE EL ASTM D 4529, DONDE EXISTAN CONDICIONES DE SEGURIDAD ADECUADAS.				

- (13) LA MUESTRA DEBE SER ENSAYADA EN UN VASO A PRESIÓN A 100 ± 1 °C DURANTE 2 horas $\pm$ 5 min.
- (14) SOLO SE PERMITEN CONSUMIBLES PROCEDENTES DEL FABRICANTE DEL EQUIPO: PAC – ALCOR.
- (15) AUSENCIA DE COLORES DE TIPO PAVO REAL Ó COLORES ANORMALES.
- (16) CUANDO EL ADITIVO ANTIESTÁTICO ES AÑADIDO EN EL PUNTO DE MANUFACTURA, SE APLICARÁ EL LÍMITE 70. CUANDO ES AÑADIDO CORRIENTE ABAJO AL PUNTO DE MANUFACTURA ES RECONOCIDO QUE LOS RESULTADOS DE MSPR PUEDEN SER INFERIORES A 70. VER NOTA 16 DEF-STAN 91-91.
- (17) LOS LIMITES SON MANDATORIOS PARA QUE EL PRODUCTO CUMPLA ESTA ESPECIFICACIÓN. EN LOS CASOS QUE POR RAZONES PRÁCTICAS EL ADITIVO ANTIESTÁTICO SEA AÑADIDO POSTERIORMENTE, CORRIENTE ABAJO AL PUNTO DE MANUFACTURA, EL CERTIFICADO DE CALIDAD DEL LOTE DEBE DECLARAR: “EL PRODUCTO CUMPLE LOS REQUERIMIENTOS DEL DEF STAN 91-91 Y CHECK LIST, EXCEPTO LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA”. VER ADEMÁS LA NOTA 17 DEL DEF-STAN 91-91.
- A LOS EFECTOS COMERCIALES, EN CUPET SE APLICAN LAS SIGUIENTES ESPECIFICACIONES:
- PRODUCTO IMPORTADO ADITIVADO: PUERTO DE ORIGEN: 300 – 600 Y PUERTO DE DESCARGA: 200 – 600
 - PRODUCTO ADITIVADO EN INSTALACIONES DE CUPET:
 - PARA CABOTAJES: CARGA: 300 – 600 Y DESCARGA: 200 – 600
 - PARA ENTREGA A LOS AEROPUERTOS: 150-600.
 - PRODUCTO SIN ADITIVAR (POR REQUERIMIENTO DEL CLIENTE): REPORTAR
- (18) SE APLICA SOLO A LOS COMBUSTIBLES: a) CON AL MENOS 20% SEVERAMENTE HIDROPROCESADO Y CON MAS DE 95% DE MATERIAL HIDROPROCESADO Ó b) CUANDO CONTIENEN COMPONENTES SINTÉTICOS. EL LIMITE SE APLICA SOLO EN EL PUNTO DE MANUFACTURA.
- (19) SE UTILIZARÁN SOLO LOS ADITIVOS APROBADOS SEGÚN LAS INDICACIONES DEL ANEXO A DEL DEF STAN 91-91. EN LA DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD SE REPORTARÁN LOS TIPOS Y CONCENTRACIONES DE LOS ADITIVOS USADOS, APLICANDO LAS REFERENCIAS DE APROBACIÓN ADECUADAS: RDE / A / XXX.
- (20) EL ADITIVO ANTIESTÁTICO APROBADO ES EL STADIS ® 450 RDE / A / 621, FABRICADO POR INNOSPET LLC.
- (21) EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO REQUIERE EL CUMPLIMIENTO DE :
- LA HOMogeneidad DEL LOTE: LA DENSIDAD NO VARÍA EN MÁS DE 3 kg/m³ A TRAVÉS DEL LOTE. ESTA DEBE COMPROBARSE PREVIO A LA CERTIFICACIÓN DE LA CONFORMIDAD DEL LOTE:
 - LA TRAZABILIDAD DEL LOTE HASTA EL PUNTO DE MANUFACTURA (VER ANEXO J DEL DEF STAN 91-91).
 - LA APLICACIÓN DE PRÁCTICAS NORMALIZADAS DE MUESTREO: ASTM 4057 Y ASTM 4306.
- (22) EN LA DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD DEL PRODUCTO SE EXPRESARÁ: “SE CERTIFICA QUE LAS MUESTRAS HAN SIDO ENSAYADAS UTILIZANDO LOS MÉTODOS ESTABLECIDOS Y QUE EL LOTE DE PRODUCTO REPRESENTADO POR DICHAS MUESTRAS ESTÁ CONFORME AL DEF STAN 91-91 (ÚLTIMA EDICIÓN) Y AFQRJOS CHECKLIST ISSUE 25”.
- (23) EN CASO DE DISCREPANCIAS, LA EVALUACION DE LA CONFORMIDAD CON LAS ESPECIFICACIONES SE REALIZARÁ POR LA NORMA ASTM-D 3244 (IP-367), CONSIDERANDO TODOS LOS ÍNDICES DE CALIDAD COMO CRÍTICOS, CON UNA PROBABILIDAD DE ACEPTACIÓN $P= 0.001$ (TEMPERATURA DE CONGELACIÓN Y VISCOSIDAD A -20) Y $P= 0.05$ (RESTO DE LOS ÍNDICES, EXCEPTO CONTAMINACIÓN POR PARTÍCULAS (CLASIFICADO COMO NO CRÍTICO POR LA POSIBILIDAD DE FILTRACIÓN) Y LA GOMA, JFTOT, MSPR Y CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (CLASIFICADOS COMO NO CRÍTICOS POR RAZONES PRÁCTICAS) .

(24) SE UTILIZARÁN LAS ÚLTIMAS VERSIONES DISPONIBLES EN CUPET, DE LAS NORMAS ASTM (IP) DE MÉTODOS DE ENSAYO. EN EL MOMENTO DE LA ELABORACIÓN DE ESTAS ESPECIFICACIONES SE CUENTA CON ADOPCIONES IDÉNTICAS COMO NORMAS CUBANAS DE LOS ASTM D56, D86, D130, D156, D445, D1266, D1298, D1319, D1322, D1840, D2386, D2624, D3242, D3227, D 3241, D3948, D4306, D 4057 E IP-540. EN CASO DE ACTUALIZACIONES DE LAS NORMAS ASTM (IP) DE REFERENCIA PARA LAS NC, PREVALECERÁN LAS ÚLTIMAS VERSIONES DE LAS NORMAS ASTM (IP).

Anexo No. 20

Gráfico de control analítico del Jet A1. Fuente: Manual de operaciones de Planta Merox y Manual de operaciones de MCP

Producto	Análisis a realizar	U/M	Valor Especificado	Lugar de Muestreo	Frecuencia	Método
Materia prima: fracción 120-230 ó Fracción de combustible Jet A-1	Color Saybolt	Escala Saybolt	Reportar	Entrada a la Planta (toma muestra en la tubería de descarga de la P-01 A/B)	Una vez al turno	ASTM D 6045
	Acidez	mgKOH/g	Reportar	Entrada a la Planta	Una vez por semana y Cuando cambie el tanque de inyectos	ASTM D-3242
	Contenido de sosa cáustica en el combustible Jet A1	% p/p	Reportar	Salida del D-01	A medida de la necesidad (AMN)	

	Contenido de sosa en combustible Jet A1	Cualitativo	Registrar resultado en el libro de incidencias de operaciones	Salida del D-02	Una vez en el turno por el operador con indicador de fenolftaleína en la planta	Valoración con Indicador de fenolftaleína
	Contenido de sosa en combustible Jet A1		CUANTIFICAR	Salida del D-02	AMN	
	Contenido de agua en el combustible Jet A1	ppm p/p	Anotar en el libro de incidencias de la planta	Salida del D-03	Una vez en el turno (prueba Shell en la planta)	Procedimiento en el manual de Jet A-1 de CUPET
	Contenido de agua en combustible Jet A1 (Humedad total)	ppm (p/p))	Menor de 200	Salida del D-03	Una vez por turno al arrancar; en operación normal AMN	ASTM D-1744
Combustible Jet A-1	Acidez	mgKOH/g	0.015	Salida del D-06	Cada 6 horas	ASTM D 3242
	Color Saybolt	Escala Saybolt	Reportar		Cada 6 horas	ASTM D 6045

	Microseparómetro MSEP (o WISIM), sin aditivo disipador estático	Grado	Mínimo 85		Una vez a la semana (martes)	ASTM D 3948
	Contaminación por partículas	mg/l	Máximo 1		Una vez por semana (jueves)	ASTM D 5452
	Apariencia	-	Visual		Cada 6 horas	
	Acidez	mgKOH/g	0.015	Tanque Terminado	Cada 6 horas	ASTM D 3242
	Color Saybolt	Escala Saybolt	Reportar		Cada 6 horas	ASTM D 6045
	Microseparómetro MSEP (o WISIM), sin aditivo disipador estático	Grado	Mínimo 85		Una vez a la semana (martes)	ASTM D 3948
	Contaminación por partículas	mg/l	Máximo 1		Una vez por semana (jueves)	ASTM D 5452
	Apariencia	-	Visual		Cada 6 horas	

	Estabilidad térmica (JETOT) • TEMPERATURA DE ENSAYO • CLASIFICACIÓN VISUAL DEL DEPOSITO EN EL TUBO • DIFERENCIAL DE PRESION EN EL FILTRO	% v/v % v/v °C kg/m³	250 °C Visual Máximo 0,25		Una vez por día	ASTM D 3241
Sosa cáustica fresca	Microseparómetro MSEP (o WISIM), sin aditivo disipador estático	Grado	Mínimo 85		Una vez a la semana (martes)	ASTM D 3948
	Contaminación por partículas	mg/l	Máximo 1		Una vez por semana (jueves)	ASTM D 5452
Sosa cáustica de reciclo	Apariencia	-	Visual		Cada 6 horas	

	Alcalinidad libre	% NaOH			1 vez por turno al arrancar; en operación normal dos veces a la semana	Método EPA 310-1
Sosa	Alcalinidad residual	%	Reportar	D-01	Cuando se requiera.	

Anexo No. 21

Selección de los expertos. Fuente: Elaboración propia

Para la selección de los expertos se debe determinar la cantidad y luego la relación de los candidatos de acuerdo a los criterios de competencia, creatividad, disposición a participar, experiencia científica y profesional en el tema, capacidad de análisis, pensamiento lógico y espíritu de trabajo en equipo.

Se calcula el número de expertos para llevar a cabo el desarrollo de este método:

$$n = \frac{p(1-p)k}{i^2}$$

$$n = \frac{0.05(1 - 0.05) * 3.8416}{0.12^2}$$

$$n = 12.6719$$

$$n \approx 13 \text{ expertos}$$

Donde:

k: Cte. que depende del nivel de significación estadística.

p: Proporción de error que se comete al hacer estimaciones del problema con n expertos. (0.05)

i : Precisión del experimento. (0.12)

1- α	k
99%	6,6564
95%	3,8416
90%	2,6896

La determinación del coeficiente es acorde al nivel de confianza escogido para el trabajo ($\alpha=0.05$).

En este caso se cuenta con 13 expertos, los cuales poseen los siguientes cargos y años de experiencia:

- Director Técnico de la Refinería de Cienfuegos: Luis García López, 31 años de experiencias.
- Jefe de Grupo de Ingeniería de Procesos: Ramiro Rodríguez Tabares, 31 años de experiencias.
- Especialista de Metrología: Midiala Hernández Santana, 28 años de experiencias.
- Director del Sector 1: Juan L Artiles Martínez, 35 años de experiencias.

- Jefe del Laboratorio Químico Central: Rubén Pérez Ayo, 31 años de experiencia.
- Jefe de Control de Calidad del Laboratorio Químico Central, Rubén Rangel Gómez 29 años de experiencia.
- Jefe del Sector de Crudo y Producto: Mario Vega, 28 años de experiencia.
- Supervisor de Tanques: Eriel Sánchez, 5 años de experiencia.
- Tecnólogo MCP: Alexis González Martínez, 6 años de experiencia.
- Técnico de Metrología: Antonio Cárdenas Miranda, 35 años de experiencias.
- Tecnóloga A: Haydee Rodríguez Roque, 27 años de experiencias, Black Belt Seis Sigma: 2010
- Tecnólogos de procesos: Vilma Betancourt Colas, 30 años de experiencias, atiende Planta Merox.
- Especialista de AIT: Ricardo Rodríguez Peñate, 35 años de experiencia, atiende Planta Merox.

Anexo No. 22

Encuesta a los expertos para evaluar su coeficiente de competencia. Fuente: (Cruz Ramírez, 2009)

Estimado(a) colega:

Como usted conoce, uno de los aspectos que necesita atención dentro del sistema de gestión de la calidad, es la gestión de las mediciones, específicamente la calidad de las mismas. Con este fin el equipo de trabajo conformado para la actual investigación ha seleccionado un producto para realizar dicha evaluación, a partir de sus características críticas de calidad.

El producto seleccionado es el Turbocombustible Jet A1, al cual se le realizan un grupo de ensayos (25) mediante los cuales se determina su calidad, pero al ser estos numerosos se desea conocer cuáles tienen mayor repercusión en los requisitos exigidos por los clientes.

Para comenzar el estudio se desea obtener información acerca de los ensayos con mayor prioridad y atendiendo a su experiencia profesional, se solicita su disposición de colaborar y su valoración al respecto.

Agradecemos su valiosa colaboración y nos disculpamos por ocupar su preciado tiempo.

1. Marque con una X, en una escala creciente del 1 al 10, el valor que se corresponda con el grado de conocimiento o información que tenga sobre la temática en función de las características de calidad del Turbocombustible Jet A1.

Escala	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Experto											

- 2- Realice una autovaloración, según la tabla siguiente, de sus niveles de conocimiento sobre el tratamiento, almacenamiento y parámetros de calidad del Turbocombustible Jet A1.

Argumentación	A(Alto)	M (Medio)	B (Bajo)
Análisis teóricos realizados por usted en la temática tratada			
Experiencia obtenida			
Trabajo de autores nacionales			
Trabajo de autores extranjeros			
Su propio conocimiento del estado del problema en el extranjero			
Su intuición			

Anexo No. 23

Cálculo del coeficiente de competencia de los expertos

Expertos	Ka	Kc	$K=1/2(Ka+Kc)$	Clasificación
1	0,8	0,9	0,85	Alto
2	0,8	1,0	0,9	Alto
3	0,7	0,6	0,65	Medio
4	0,8	0,9	0,85	Alto
5	0,8	0,8	0,8	Medio
6	0,8	0,7	0,75	Medio
7	0,8	0,9	0,85	Alto
8	0,5	0,6	0,55	Medio
9	0,7	0,8	0,75	Medio
10	0,6	0,8	0,7	Medio
11	0,6	0,7	0,65	Medio
12	0,5	0,7	0,6	Medio
13	0,6	0,7	0,65	Medio

Anexo No.24

Procesamiento del Método Delphi. Fuente: Elaboración propia

Para el caso en análisis se presenta más de siete características (K), por lo que la prueba de hipótesis que debe realizarse es λ^2 la cual establece:

Hipótesis:

H_0 : no hay comunidad de preferencia entre los expertos.

H_1 : existe comunidad de preferencia entre los expertos.

Región Crítica: $\lambda^2_{calculada} \geq \lambda^2_{tabulada}$

Si se cumple la región crítica se rechaza H_0 , existiendo comunidad de preferencia entre los expertos, con lo cual se cumple en la presente investigación. En el caso de la última ronda $\lambda^2_{calculada}=175,500$ y $\lambda^2_{tabulada}= 37, 652$. El procesamiento de los resultados se efectúa mediante el paquete de programa SPSS versión 16.0. Los resultados muestran que la región crítica se cumple con lo cual se llega a la conclusión que los resultados obtenidos en este procesamiento son confiables y existe comunidad de preferencia entre los expertos.

Rangos

	Rango promedio
Densidad a 15°C	8,33
Azufre Total	8,33
Azufre Mercaptano	18,06
Contaminación por Partículas	8,33
Conteo Acumulativo de Partículas	19,44
Conductividad Eléctrica	11,11
Goma Existente	8,33
Corrosión al Cu 2h/100°C	18,06
Viscosidad a - 20 °C	8,33
Temperatura de Inflamación	8,33
Color Saybolt	20,83
Destilación I.B.P	8,33
Residuo	8,33
Perdida	8,33
Temperatura de Congelación	19,44
Acidez Total	20,83
Punto de humo	8,33
Hidrocarburo Naftalénico	19,44
Aromáticos	8,33
Valor calórico Neto	19,44
Apariencia	19,44
Reacción al agua Rate de interfase	8,33
Diámetro Marca	9,72
Desgaste BOCLE	9,72
Estabilidad Térmica (JETOT)	20,83
Rate Microseparómetro (MSEP)	8,33

Estadísticos de contraste

N	9
W de Kendall ^a	,813
Chi-cuadrado	175,500
gl	24
Sig. asintót.	,000

a. Coeficiente de concordancia de Kendall

Anexo No.25

Relación de instrumentos de la Planta Merox y Tanques. Fuente: Dirección de Automática, Informática y Telecomunicaciones. Fuente: Elaboración propia

Posición del instrumento	Denominación	Modelo	Función	Servicio que requiere
300LG-002	Indicador visual de nivel	BONNETY	Control de nivel del DO2	Mantenimiento
300LIT-002	Trasmisor de nivel	SPRIANO	Nivel del DO2.	Calibración
300LSLL-002	Interruptor de nivel.	SPIRAX SARCO	Salida de agua del DO2	Mantenimiento
300LCV-002	Válvula de control	PARCOL	Sosa de mezcla DO1	Mantenimiento
300FCV-002	Válvula de control	PARCOL	Agua de mezcla en DO2	Mantenimiento
300FCV-003	Válvula de control	PARCOL	Flujo agua de mezcla	Mantenimiento
300FIT-002	Trasmisor de flujo.	YOKOGAWA	Nivel del DO1.	Calibración
300LG-001	Indicador visual de nivel	BONNETY	Control de nivel del DO1	Mantenimiento
300LIT-001	Trasmisor de nivel	SPRIANO	Nivel del DO1.	Calibración
300LSLL-001	Interruptor de nivel.	SPIRAX SARCO	Flujo de sosa al DO1	Mantenimiento
300FIT-003	Trasmisor de flujo.	YOKOGAWA	Presión diferencial de PDCV-002	Calibración

300PDIT-002	Trasmisor de Presión Diferencial	YOKOGAWA	Presión diferencial de PDCV-003	Calibración
300PDI-002	Manómetro	NUOVA FIMA	Combustible al DO2	Calibración
300PDCV-002	Válvula de control	PARCOL	Temperatura del combustible.	Mantenimiento
300TI-004	Indicador de temperatura	NUOVA FIMA	Salida de sosa DO1	Verificación
300LCV-001	Válvula de control	PARCOL	Presión Diferencial a través de la PDCV 001.	Mantenimiento
300PDI-001	Manómetro	NUOVA FIMA	Válvula de mezcladora	Calibración
300PDCV-001	Válvula de control	PARCOL	Presión Diferencial a través de la PDCV-001.	Mantenimiento
300PDIT-001	Trasmisor de Presión Diferencial	YOKOGAWA	Entrada de combustible al DO1.	Calibración
300FCV-001	Válvula de control	PARCOL	Flujo de combustible de entrada DO1.	Mantenimiento
300FIT-001	Trasmisor de flujo.	YOKOGAWA	Presión combustible línea al DO1	Calibración
300PSHH-001	Presostato	NUOVA FIMA	Presión combustible línea al DO1	Calibración

300PT-020	Trasmisor de presión.	YOKOGAWA	Presión combustible a PO1/A/B.	Calibración
300PI-001	Manómetro	NUOVA FIMA	Presión combustible a PO1/A/B.	Calibración
300PT-001	Trasmisor de presión.	YOKOGAWA	Válvula de corte E/N de sosa al DO5.	Calibración
300XV-001	Válvula ELECT/NEUM	ALFA	Válvula de corte E/N de agua al DO5.	Mantenimiento
300XV-002	Válvula ELECT/NEUM	ALFA	Descarga combustible de la POI/A	Mantenimiento
300PI-15	Manómetro	NUOVA FIMA	Descarga combustible de la POI/B	Calibración
300PI-16	Manómetro	NUOVA FIMA	Descarga de combustible de PO3/A	Calibración
300PI-07	Manómetro	NUOVA FIMA	Descarga de combustible de PO3/B	Calibración
300PI-08	Manómetro	NUOVA FIMA	Descarga de combustible de PO2/A	Calibración
300PI-05	Manómetro	NUOVA FIMA	Descarga de combustible de	Calibración

			PO2/B	
300PI-06	Manómetro	NUOVA FIMA	Temperatura de succión de la P02/A/B	Calibración
300TI-002	Indicador de temperatura	NUOVA FIMA	Presión diferencial DO3.	Verificación
300PDI-003	Manómetro	NUOVA FIMA	Presión diferencial DO3.	Calibración
300PDIT-003	Trasmisor de Presión Diferencial.	YOKOGAWA	Presión de salida DO4.	Calibración
300PI-013	Manómetro	NUOVA FIMA	Presión diferencial del DO4.	Calibración
300PDI-005	Manómetro	NUOVA FIMA	Presión diferencial del DO4.	Calibración
300PDIT-005	Trasmisor de Presión Diferencial.	YOKOGAWA	Presión de salida del DO4.	Calibración
300PI-014	Manómetro	NUOVA FIMA	Tanque de preparación de sosa (3%).(DO5)	Calibración
300AIT-001	Trasmisor de conductividad	YOKOGAWA	Nivel tanque de preparación de sosa	Calibración
300LIT-003	Trasmisor de nivel.	YOKOGAWA	Nivel visual tanque preparación de sosa	Calibración

300LG-00A	Indicador visual de nivel	BONNETY	Descarga de la PO4/B.	Mantenimiento
300PI-018	Manómetro	NUOVA FIMA	Descarga de la PO4/A.	Calibración
300PI-017	Manómetro	NUOVA FIMA	Nivel visual tanque de sosa del proceso DO5.	Calibración
300LG-00B	Indicador visual de nivel	BONNETY	Interruptor nivel tanque de sosa	Mantenimiento
300LSHH/LL-000	Interruptor de nivel.	SPIRAX SARC	Interruptor de nivel	Mantenimiento
TK-24-1020	Tanque Vertical	-	volumen	Verificación
TK-24-1021	Tanque Vertical	-	volumen	Verificación
TK-24-1022	Tanque Vertical	-	volumen	Verificación
TK-24-1023	Tanque Vertical	-	volumen	Verificación
TK-25-1017	Tanque Vertical	-	volumen	Verificación
TK-25-1018	Tanque Vertical	-	volumen	Verificación
TK-25-1019	Tanque Vertical	-	volumen	Verificación
TK-26-1061	Tanque Vertical	-	volumen	Verificación

24-TN-TK-1020-01	Transmisor de nivel	FMR540	nivel	Calibración
24-TN-TK-1021-01	Transmisor de nivel	FMR540	nivel	Calibración
24-TN-TK-1022-01	Transmisor de nivel	FMR540	nivel	Calibración
24-TN-TK-1023-01	Transmisor de nivel	FMR540	nivel	Calibración
25-TN-TK-1017-01	Transmisor de nivel	FMR540	nivel	Calibración
25-TN-TK-1018-01	Transmisor de nivel	FMR540	nivel	Calibración
25-TN-TK-1019-01	Transmisor de nivel	FMR540	nivel	Calibración
26-TN-TK-1061-01	Transmisor de nivel	FMR540	nivel	Calibración
24-TT-LT-TK-1020-01	Transmisor temperatura	NMT539	temperatura	Calibración
24-TT-LT-TK-1021-01	Transmisor temperatura	NMT539	temperatura	Calibración
24-TT-LT-TK-1022-01	Transmisor temperatura	NMT539	temperatura	Calibración
24-TT-LT-TK-1023-01	Transmisor temperatura	NMT539	temperatura	Calibración
25-TT-LT-TK-1017-01	Transmisor temperatura	NMT539	temperatura	Calibración

25-TT-LT-TK-1018-01	Transmisor temperatura	NMT539	temperatura	Calibración
25-TT-LT-TK-1019-01	Transmisor temperatura	NMT539	temperatura	Calibración
26-TT-LT-TK-1061-01	Transmisor temperatura	NMT539	temperatura	Calibración
24-TP-TK-1020-01	Transmisor de presión	S PMP71	presión	Calibración
24-TP-TK-1021-01	Transmisor de presión	S PMP71	presión	Calibración
24-TP-TK-1022-01	Transmisor de presión	S PMP71	presión	Calibración
24-TP-TK-1023-01	Transmisor de presión	S PMP71	presión	Calibración
25-TP-TK-1017-01	Transmisor de presión	S PMP71	presión	Calibración
25-TP-TK-1018-01	Transmisor de presión	S PMP71	presión	Calibración
25-TP-TK-1019-01	Transmisor de presión	S PMP71	presión	Calibración
26-TP-TK-1061-01	Transmisor de presión	S PMP71	presión	Calibración
24-TI-TK-1020-009	Termómetros Bimetálicos	DN-100	Temperatura	Calibración
24-TI-TK-1021-010	Termómetros Bimetálicos	DN-100	Temperatura	Calibración

24-TI-TK-1022-011	Termómetros Bimetálicos	DN-100	Temperatura	Calibración
24-TI-TK-1023-012	Termómetros Bimetálicos	DN-100	Temperatura	Calibración
25-TI-TK-1017-006	Termómetros Bimetálicos	DN-100	Temperatura	Calibración
25-TI-TK-1018-007	Termómetros Bimetálicos	DN-100	Temperatura	Calibración
25-TI-TK-1019-008	Termómetros Bimetálicos	DN-100	Temperatura	Calibración
26-TI-TK-1061-034	Termómetros Bimetálicos	DN-100	Temperatura	Calibración

Anexo No.26
Relación de instrumentos utilizados en los ensayos del laboratorio químico al Jet A1. Fuente: Laboratorio Químico

Ensayo	Denominación	Magnitudes	ASTM
Apariencia	-	-	-
Color	Colorímetro automático	Volumen	D 156, D 6045
Contaminación por partículas	Kit de filtración	Masa, temperatura y volumen	D 5452
Conteo acumulativo de partículas	ACM-20 automático	Volumen	IP 564, 565 y 577
Acidez total	Valoración de acidez	Peso y volumen	D 3242
Aromáticos	HPLC automático	Peso y volumen	D 1319, D 6379
Azufre mercaptano o Prueba Doctor	Titímetro DL - 50	Peso y volumen	D 3227, D 4952
Azufre total	FRX automático	Muestras de referencia certificadas	D 1266, D 2622 y D 4294
Destilación	Destilador	Tiempo, volumen y temperatura	D 86
Temperatura de inflamación	Copa cerrada TA-6	Temperatura y volumen	D 56
Densidad al 15%	Hidrómetro	Temperatura, volumen y Físico - Químico	D 4052, 1298

Temperatura de congelación	70X automático Koler semiautomático	Temperatura y volumen	D 2386, D 5972, D 7153 y D 7154
Viscosidad a 20°C	Viscosímetro	Físico – Químico, temperatura y tiempo	D 445
Propiedades de combustión			
a) Punto de humo	Aparato para punto de humo	Volumen	D 1322
b) Punto de humo e hidrocarburos naftalénicos	Espectrofotómetro	Físico – Químico, temperatura y volumen	D 1322 y D 1840
Valor calórico neto	-	Temperatura, volumen y Físico - Químico	D 4809 y D 333
Corrosión al cobre	Baño de corrosión	Temperatura, volumen y tiempo	D 130
Estabilidad térmica, JFTOT	Comparador de color JFTOT	Muestras de referencia certificadas, tiempo y volumen	D 3241

Anexo No. 27

Descripción de la forma en que se realizan las mediciones en las diferentes operaciones del proceso del Tratamiento y almacenamiento del Jet A1. Fuente: Elaboración propia

Medición de la concentración: Se realiza mediante un concentrómetro, siendo su función la medición puntual al 40 % del volumen total del tambor de la concentración de sosa, la cual debe estar en 0,5 %. Este instrumento recibe el servicio de mantenimiento según el plan establecido, además se comprueban sus mediciones a través de una muestra de referencia preparada por el laboratorio químico. Por no contar con los materiales de referencia certificados en el país, se toma una muestra en cada turno, la misma es enviada al laboratorio para comprobar la veracidad de la medición con el análisis de la concentración que realiza el laboratorio, a través de una instrucción técnica con una valoración ácido-base. Este se realiza tomando una pipeta con la muestra deseada, usando reactivos y agua. El resultado del porcentaje de concentración es calculado por reacción química.

Toma de muestra para comprobar el contenido de sosa: Se realiza con el objetivo de analizar de forma visual con fenoltaleína a la entrada del D-03 en cada turno de trabajo, para comprobar el arrastre del contenido de sosa caústica en el combustible Jet A1, de observar emulsiones es enviada al laboratorio.

Toma de muestra para realizar Prueba Shell: Se realiza para evaluar el contenido de humedad en el querosene que sale del equipo, esta medición se hace en la planta con una pastilla Shell en cada turno de trabajo, este análisis se realiza de forma visual, inyectando Jet a la pastilla, la cual si cambia de color se debe tomar una nueva muestra y enviarla al laboratorio para comprobar el contenido de agua.

Toma de muestra para evaluar las características de calidad en el producto terminado: Se realiza con el objetivo de evaluar las características finales del producto, como son: Color Saybolt, Acidez (mgKOH/g), WISIM Min 85 (grados), Contaminación por partícula, dos veces por cada turno de trabajo.

Toma de muestra parcial en tanque alineado a planta: Se realiza con el objetivo de evaluar las características del producto que se encuentra entrando a tanque. Esta se toma de forma diaria a las 4:00 am, siempre que el tanque este alineado.

Toma de muestra total en tanque listo para sellar: Una vez llenado el tanque, es necesario por especificaciones del producto el reposo durante cuatro horas por metro de nivel. Luego se toma la muestra para evaluar la totalidad de las características del producto para poner el tanque al mercado.

Anexo No. 28

Informe de ensayo correspondiente al mes de noviembre de 2011 del Turbo
combustible Jet A1. Fuente: Laboratorio Químico



PETRÓLEOS
CUBA VENEZUELA S.A.

Laboratorio Refinería "Camilo Cienfuegos"
Laboratorio Refinería "Camilo Cienfuegos"
CUVENPETROL.SA
Finca "Carolina" Cienfuegos. Cuba.
Teléfono: 54 3140

INFORME DE ENSAYO

Nombre del Producto: Turbocombustible Jet A -1 Numero Consecutivo: 58
Nombre y Dirección del Cliente: Despacho Central(Ref. Camilo Cienfuegos Finca "Carolina")

No de Registro: 12845 Procedencia: TK - 1061 Fecha: 10/11/2011 Pag. 1 de 1

Determinación	U/M	Método	Resultado Obtenido	Especificación	Incertidumbre
Densidad a 15°C	Kg/m ³	ASTM D-4052-1298	810.0	775,0 - 840,0	± 0,0004
Azufre Total	% m/m	ASTM D-4294	0.115	0.30 máx..	± 0,1094
Azufre Mercaptano	% m/m	ASTM D-3227	0.0003	0.0030 máx.	
Contaminación por Partículas	mg/L	ASTM D-5452	0.40	1,0 máx.	
Conteo Acumulativo de Partículas	ISO Code	IP - 564, IP 565	Iso Code Counts/ml		
≥4 µm(C)			19 3447.7	Reportar	
≥6 µm(C)			17 791.0	Reportar	
≥14 µm(C)			13 53.1	Reportar	
≥21 µm(C)			11 13.0	Reportar	
≥25 µm(C)			10 5.9	Reportar	
≥30 µm(C)			8 812.3	Reportar	
Conductividad Eléctrica	Ps/m	ASTM D-2624	19	50 - 600	
Goma Existente	mg/100 cm ³	IP - 540	1.0	7.0 máx..	
Corrosión al Cu 2h/100°C		NC ASTM D-130	1A	1.0 máx..	
Viscosidad a - 20 °C	mm ² /s	ASTM D-445	4.289	8,000 máx..	
Temperatura de Inflamación	°C	NC ASTM D-56	45.9	40,0 mín.	
Color Saybolt		ASTM D - 6045	(+)25	Reportar	
Destilación I.B.P	°C	ASTM D-86	148.0	Reportar	
10%			175.0	205,0 máx..	
50%			201.6	Reportar	
90%			229.1	Reportar	
F.B.P			242.7	300,0 máx..	
Residuo	% v/v		1.0	1.5 máx.	
Perdida	% v/v		1.1	1.5 máx.	
Temperatura de Congelacion	°C	NC ASTM D-2386	-56.8	(-) 47 máx.	
Acidez Total	mgKOH/g	ASTM D-3242	0.006	0.015 máx.	± 0,0504
Punto de humo	mm	ASTM D-1322	21.0	19,0 mín.	
Hidrocarburo Naftalénicos	% v/v	ASTM D-1840	1.94	3,0 máx.	
Aromáticos	% v/v	ASTM D-63799	19.8	25,0 máx.	
Valor calorico Neto	kJ/kg	ASTM D-3338	43.091	42.80 mín.	
Apariencia		ASTM D-4176	Claro brillante	Claro y Brillante	
Reacción al agua Rate de interfase		ASTM D - 1094	1b(1)	1b máx.	
Componente Hidroprocesado	% v/v		Nulo*	Reportar	
Componente no Hidroprocesado	% v/v		100%	Reportar	
Componente Sintético	% v/v		Nulo**	Reportar	
SDA(aditivo antiestático)	% v/v		Nulo**	Reportar	
Componente Hidroprocesado con Severidad	% v/v		Nulo**	Reportar	
Diámetro Marca Desgaste BOCLE	mm	ASTM D - 5001	Nulo***	0,85 máx.	
Estabilidad Termica (JETOT)		ASTM D - 3241			
Control de Temperatura	°C		260	260 mín	
Diferencial de presión en el Filtro	mmHg		0.0	25.0 máx.	
Deposito en el Tubo	Visual		1	menor código 3	
Rate Microseparometro (MSEP)	Msep	ASTM D - 3948	97	85 mín.	

Otros aspectos a tener en cuenta: No Contiene FAME

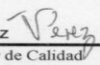
Los resultados de estos ensayos descrito anteriormente, están conforme con lo establecido en la British Ministry of Defence Standard DEF STAN 91-91 Issue 7, Publication date 18 th February 2011 (Implementation date 18 th May y en la lista de chequeo AFQRJ"JOINT FUELLING SYSTEM CHECKLISTFOR JET A-1 ISSUE 26 DATE MAY 5 TH 2011. for Aviation Turbine Jet A1; except. Electrical Conductivity

Observaciones:

- * No se aplica porque no tiene Componentes Hidroprocesados
- ** No se aplica porque no tiene Componentes Hidroprocesados con Severidad
- *** No se aplica porque no tiene Componentes Hidroprocesados con Severidad ni componentes sintéticos

Fecha de recepcion: 09/11/2011 Fecha de terminacion: 10/11/2011

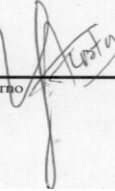
Informacion Adicional: Este producto esta conforme con las especificaciones de calidad del catálogo de especificaciones DT-GC/P 0702

Ivan Verges Perez 

Confecciona: Inspector de Calidad

Nombre y Firma



Yanersy Acosta Chongo 

Revisado y aprobado por: Jefe de Turbo

Nombre, Firma y Cuño.

Nota Aclaratoria: " Los resultados corresponden íntegramente a la muestra ensayada. No se permite la reproducción de la Declaración de Conformidad sin la autorización del Laboratorio"

Anexo No. 29
Resultado del estudio de repetibilidad y reproducibilidad para la Clasificación visual del depósito en tubo y el Diferencial de presión. Fuente: Elaboración propia
Clasificación visual del depósito en tubo

En la tabla 1 se muestra el resultado para la Clasificación visual del depósito en tubo de los cuatro analistas evaluados, denominados con la simbología A, B, C y D, con dos repeticiones cada uno, y cada uno de ellos tiene diez medidas alternadas.

Tabla 1: Resultados del ensayo color. Fuente: Elaboración propia

Analista	Prueba	Muestras									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	1	2	1	1	1	2	1	2	2	1	1
A	2	2	1	1	1	2	1	2	1	1	1
B	1	2	1	1	1	2	1	2	1	1	1
B	2	2	1	1	1	2	1	2	1	1	1
C	1	2	1	1	1	2	1	2	1	1	1
C	2	2	1	1	1	2	1	2	1	1	1
D	1	2	1	1	1	2	1	2	1	1	1
D	2	2	1	1	1	2	1	2	1	1	1

Estos resultados son procesados con el software mencionado con anterioridad, obteniendo lo siguiente.

Tabla 2: R&R del sistema de medición. Fuente: Elaboración propia

Fuente	VarComp	%Contribución (de VarComp)	Desv.Est (DE)	Var. de estudio (6 * SD)	%Var. de estudio (%SV)
R&R del sistema de medición total	0,0125	5,26	0,111803	0,67082	22,94
Repetibilidad	0,0125	5,26	0,111803	0,67082	22,94
Reproducibilidad	0,0000	0,00	0,000000	0,00000	0,00
Analistas	0,0000	0,00	0,000000	0,00000	0,00
Parte a parte	0,2350	94,74	0,474342	2,84605	97,33
Variación total	0,2375	100,00	0,487340	2,92404	100,00
Número de categorías distintas = 5					

En este estudio en el cual están involucrando cuatro analistas, cada uno midiendo el color del depósito en tubo de forma visual en diez muestras dos veces, la desviación estándar estimada del proceso de medición es igual a 0,111803. Incluyendo partes, la variación total

(VT) es igual a 0,487340. Debe asegurarse de que el porcentaje de variación total debido a RR sea relativamente pequeño. En este caso, el valor es igual a 22,94%, por tanto el sistema de medición es considerado como aceptable.

El número de categorías distintas (nc) que pueden ser distinguidas confiablemente por el sistema de medición analizado en este estudio, es igual a 5.

De la varianza total, 5,26% es debida al instrumento (repetibilidad), corroborándose de forma gráfica en la siguiente figura 1.

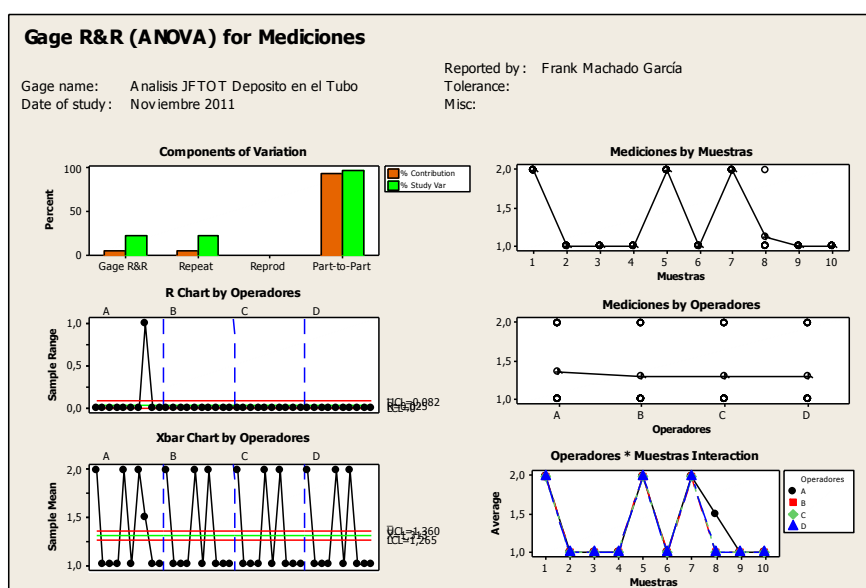


Figura 1. R&R del sistema de medición (ANOVA) para la Clasificación visual del depósito en tubo. Fuente: Salida del Software Minitab 15

En el gráfico X-barras se observa que prácticamente la mayor parte de los puntos están situados fuera de los límites de control, lo cual refuerza la idea de que el sistema de medición es aceptable. En el diagrama de barras se observa que prácticamente toda la variación se encuentra en la columna parte a parte, lo que implica que el estudio es capaz de detectar variaciones. En cuanto al gráfico Mediciones por Operadores se puede decir que no existen diferencias en las mediciones realizadas entre los analistas, evidenciándose en la línea que es prácticamente horizontal. Con respecto al gráfico Interacción Analistas * Muestras se observa una homogeneidad para medir por parte de los analistas. Por tanto este sistema de medición es considerado aceptable.

Diferencial de presión en tubo

En la tabla 3 se muestra el resultado para el Diferencial de presión en tubo de los cuatro analistas evaluados, denominados con la simbología A, B, C y D, con dos repeticiones cada uno, y cada uno de ellos tiene diez medidas alternadas.

Tabla 3: Resultados del ensayo Diferencial de presión en tubo. Fuente: Elaboración propia

Analista	Prueba	Muestras									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1
A	2	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
B	1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
B	2	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
C	1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
C	2	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
D	1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
D	2	0,1	0,0	0,2	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1

Estos resultados son procesados con el software mencionado con anterioridad, obteniendo lo siguiente.

Tabla 4: R&R del sistema de medición. Fuente: Elaboración propia

Fuente	VarComp	%Contribución (de VarComp)	Desv.Est (DE)	Var. de estudio (6 * SD)	%Var. de estudio (%SV)
R&R del sistema de medición total	0,0002537	5,10	0,0159289	0,095574	22,59
Repetibilidad	0,0002537	5,10	0,0159289	0,095574	22,59
Reproducibilidad	0,0000000	0,00	0,0000000	0,000000	0,00
Analistas	0,0000000	0,00	0,0000000	0,000000	0,00
Parte a parte	0,0047183	94,90	0,0686898	0,412139	97,41
Variación total	0,0049720	100,00	0,0705125	0,423075	100,00
Número de categorías distintas = 6					

En este estudio en el cual están involucrando cuatro analistas, cada uno midiendo el color del depósito en tubo de forma visual en diez muestras dos veces, la desviación estándar estimada del proceso de medición es igual a 0,0159289. Incluyendo partes, la variación total (VT) es igual 0,0705125. Debe asegurarse de que el porcentaje de variación total debido a RR sea relativamente pequeño. En este caso, el valor es igual a 22,59%, por tanto el sistema de medición es considerado como aceptable.

El número de categorías distintas (nc) que pueden ser distinguidas confiablemente por el sistema de medición analizado en este estudio, es igual a 6.

De la varianza total 5,10% es debida al instrumento (repetibilidad), corroborándose de forma gráfica en la siguiente figura 2.

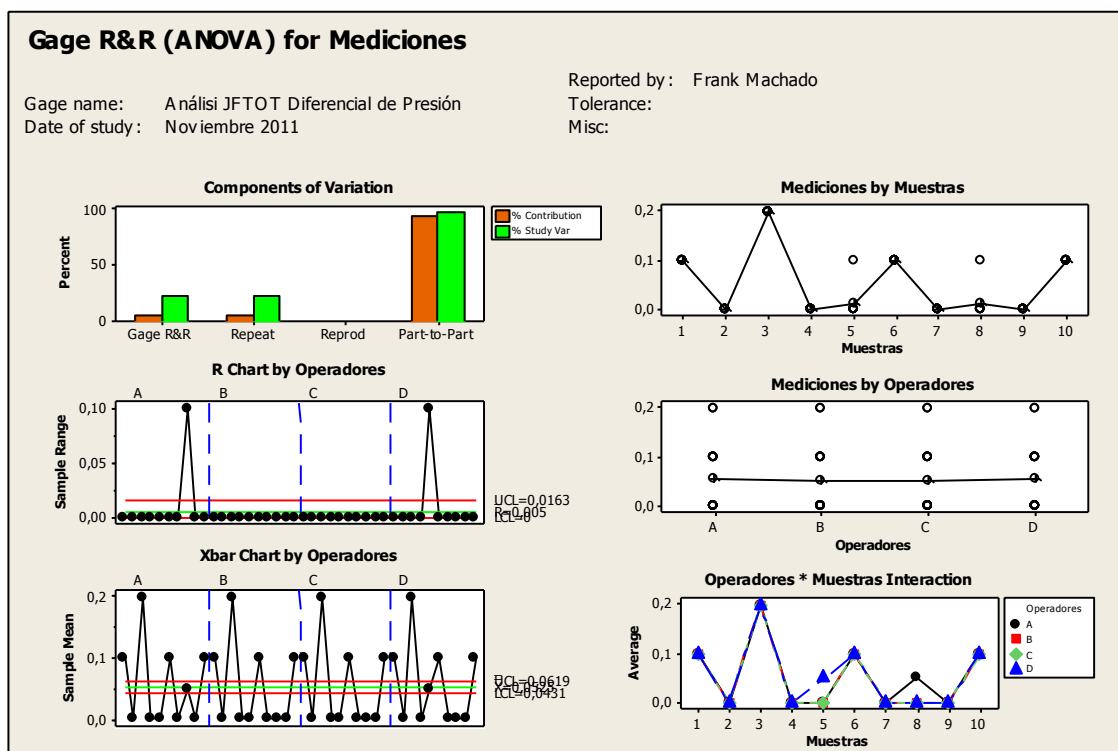


Figura 2. R&R del sistema de medición (ANOVA) para el Diferencial de presión en tubo.
Fuente: Salida del Software Minitab 15

En el gráfico X-barra se observa que prácticamente la mayor parte de los puntos están situados fuera de los límites de control, lo cual refuerza la idea de que el sistema de medición es aceptable. En el diagrama de barras se observa que prácticamente toda la variación se encuentra en la columna parte a parte, lo que implica que el estudio es capaz de detectar variaciones. En cuanto al gráfico Mediciones por Operadores se puede decir que no existen diferencias en las mediciones realizadas entre los analistas, evidenciándose en la línea que es prácticamente horizontal. Con respecto al gráfico Interacción Analistas * Muestras se observa una homogeneidad para medir por parte de los analistas. Por tanto este sistema de medición es considerado aceptable.

Anexo No. 30
Resultado del estudio de repetibilidad y reproducibilidad para la Acidez en TK terminado (TK 1061). Fuente: Elaboración propia

Para este estudio se sigue la misma secuencia de pasos que se describen en el estudio realizado a la acidez a la salida de planta.

En la tabla 1 se muestra el resultado de los cuatro analistas evaluados, denominados con la simbología A, B, C y D, con dos repeticiones cada uno, y cada uno de ellos tiene diez medidas alternadas.

Tabla 1: Resultados del ensayo acidez. Fuente: Elaboración propia

Analista	Prueba	Muestras									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	1	0,0031	0,0033	0,0030	0,0030	0,0031	0,0029	0,0030	0,0032	0,0030	0,0031
A	2	0,0030	0,0033	0,0030	0,0030	0,0031	0,0029	0,0030	0,0032	0,0029	0,0031
B	1	0,0032	0,0032	0,0033	0,0028	0,0031	0,0031	0,0030	0,0032	0,0030	0,0032
B	2	0,0032	0,0032	0,0033	0,0028	0,0031	0,0031	0,0029	0,0032	0,0031	0,0030
C	1	0,0031	0,0030	0,0032	0,0031	0,0032	0,0037	0,0027	0,0030	0,0030	0,0035
C	2	0,00030	0,00030	0,0032	0,0032	0,0032	0,0036	0,0027	0,0030	0,0030	0,0035
D	1	0,0030	0,0030	0,0030	0,0030	0,0031	0,0030	0,0029	0,0029	0,0030	0,0031
D	2	0,0030	0,0030	0,0031	0,0030	0,0031	0,0030	0,0029	0,0029	0,0030	0,0031

Estos resultados son procesados con el software mencionado con anterioridad, obteniendo lo siguiente.

Tabla 2: R&R del sistema de medición. Fuente: Elaboración propia.

Fuente	VarComp	%Contribución (de VarComp)	Desv.Est (DE)	Var. de estudio (6 * SD)	%Var. de estudio (%SV)
R&R del sistema de medición total	0,0000000	91,46	0,0001653	0,0009920	95,64
Repetibilidad.	0,0000000	5,02	0,0000387	0,0002324	22,40
Reproducibilidad	0,0000000	86,44	0,0001607	0,0009644	92,98
Analistas.	0,0000000	3,28	0,0000313	0,0001880	18,12
Analistas*Muestras	0,0000000	83,16	0,0001576	0,0009459	91,19
Parte a parte.	0,0000000	8,54	0,0000505	0,0003030	29,22
Variación total	0,0000000	100,00	0,0001729	0,0010372	100,00
Número de categorías distintas = 1					

En este estudio en el cual están involucrando cuatro analistas, cada uno midiendo la acidez en diez muestras dos veces, la desviación estándar estimada del proceso de medición es

igual a 0,0001653. Incluyendo partes, la variación total (VT) es igual a 0,0001729. En este tipo de estudio debe asegurarse de que el porcentaje de variación total debido a RR sea relativamente pequeño. En este caso, el valor es igual a 91,46%, por tanto el sistema de medición es considerado no aceptable.

El número de categorías distintas (nc) que pueden ser distinguidas confiablemente por el sistema de medición analizado en este estudio es igual a 1. Normalmente, este número debe ser, al menos 5 (Gutiérrez Pulido, 2004).

De la varianza total 86,44% es debida a diferencias entre analistas (reproducibilidad) en tanto que 5,02% es debida al instrumento (repetibilidad), corroborándose de forma gráfica en la siguiente la figura 1.

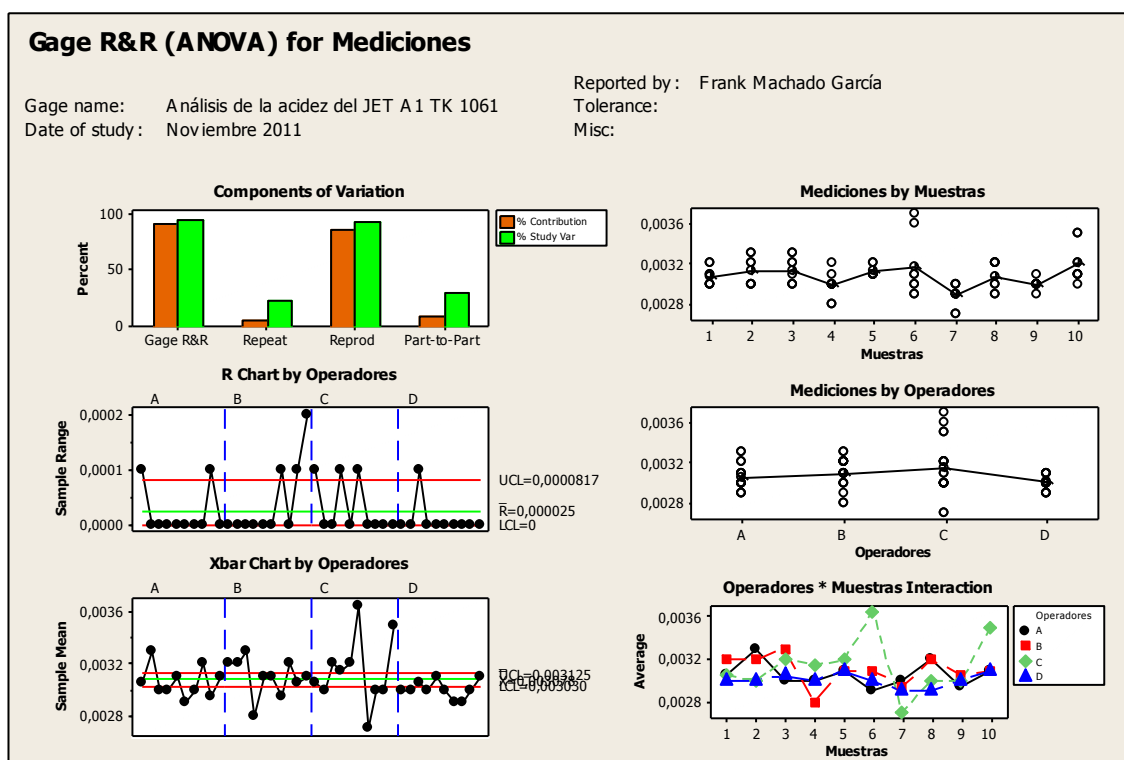


Figura 1. R&R del sistema de medición (ANOVA) para la acidez. Fuente: Salida del Software Minitab 15

En el gráfico X-barras se aprecia que parte de los puntos están situados fuera de los límites de control y otra parte dentro de los mismos, lo cual refuerza la idea de que existe variación en el sistema de medición. En el diagrama de barras se observa que prácticamente toda la variación se encuentra en la columna de reproducibilidad. En cuanto al gráfico Mediciones

por analista se puede decir que existen diferencias en las mediciones realizadas por los mismos, evidenciándose en la desviación de la línea horizontal.

Con respecto al gráfico Interacción Analista * Muestras se observa cierta variabilidad en la medida del analista B y C con respecto al A y D. Se puede decir que entre el analista A y D hay similitud en sus mediciones. Este gráfico nos demuestra que existen diferencias en los resultados del ensayo (acidez en tanque terminado), corroborando el análisis realizado a la salida de planta, por tanto se deben corregir las desviaciones para realizar otro estudio.

Anexo No.31

Registro de mantenimiento, verificación y calibración para la instrumentación que interviene en la determinación de la calidad del Jet A1. Fuente: Elaboración propia

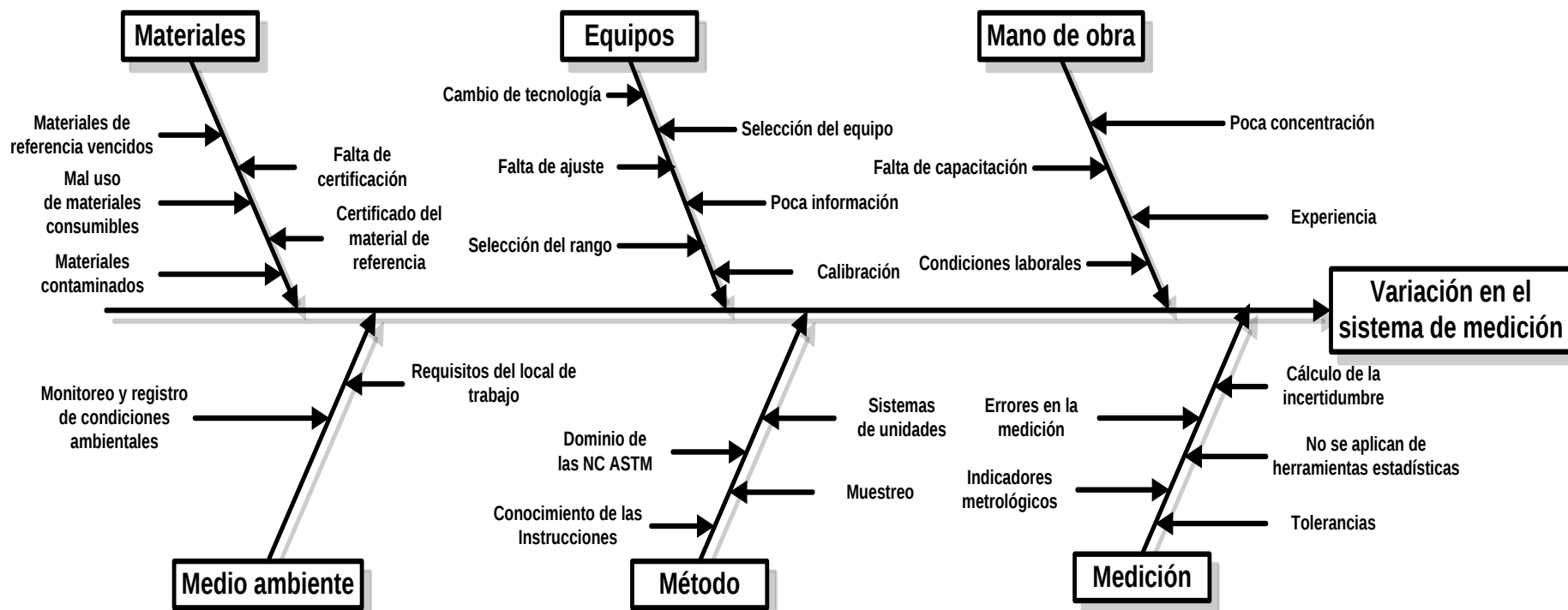
Magnitud	Denominación	Ubicación	Fecha de calibración /Verificación	Incertidumbre
Volumen cristalería	Volumétrico Pipeta	Laboratorio químico	Una vez durante su vida útil	0.00080 cm ³ Para K=2
	Matraz			0.0221 cm ³ para K=2
	Copilla de viscosidad			0.0180 cm ³ para K=2
Volumen	Tanque vertical 1020,1021,1022 y 1023	Titulo 24	04/2008	0.2%
	Tanque vertical 1061	Titulo 25	05/2010	0.2%
	Tanque vertical 1017,1018 y 1019	Titulo 25	04/2008	0.2%
	Tanque vertical 1153 y 1154	Titulo 40	03/2009	0.2%
Masa	Balanza Técnica	Laboratorio químico	09/2012	0.25 mg para K=2
	Balanza digital		09/2012	0.10mg para K=2

Temperatura	Termómetro de líquido en vidrio	Laboratorio químico	07/2012	0.33 °C para K=2
	Termohidrómetro		01/2012	0.0028 °C para k=2
Tiempo	Cronometro Digital	Laboratorio químico	26/05/2012	0.33 s para k
	Cronometro analógico		06/2012	0.5 s con K=2
Fisico-Químico	Densímetros digital	Laboratorio químico	14/06/2012	0.00033g/cm ³ para k=2
	Medidor de PH		19/02/2012	0.0006 PH con k=2
	Conductímetro		19/11/2012	0.3% con K=2
	Espectrofotómetro		11/02/2013	0.3% para k=2
	Titímetro		11/02/2013	0.03 °API para K=2
Patrones	MRC	Laboratorio químico	Muestras de referencia certificadas	
Presión	Manómetros	Laboratorio químico	02/2013	0.223 % para K=2
	Trasmisor diferencial de presión	Planta Merox	03/2013	0.2% para K=2
	Manómetros	Planta Merox	03/2013	0.29% para K=2
	Transmisor de presión Cerabar	1 por cada tanque	03/2013	0.2% para K=2

Nivel	Indicador visual de nivel Trasmisor de nivel Interruptor de nivel Válvulas de control	Planta Merox	03/2013	0.2% para K=2
	Transmisor de nivel por Radar Interruptor de nivel	1 por cada tanque	Solamente se comprueban	-
Temperatura	Termómetros Bimetálicos	Planta Merox	02/2013	0.57 °C para K=2
	Termómetros Bimetálicos	2 por cada tanque	01/2013	0.57 °C para K=2
	Transmisor temperatura promedio Prothermo	1 por cada tanque	-	-
Flujo	Válvulas de control Trasmisor de flujo Válvulas electro- neumáticas	Planta Merox	02/2013	0.2% para K=2
Físico químico	Concentrómetro	Planta Merox	02/2013	0.002% de concentración para K=2
Patrones	Material de referencia			
	Detector de agua (pastilla Shell)	Planta Merox	02/2013	0.0025% para K=2

Anexo No.32

Diagrama de Causa – Efecto. Fuente: Elaboración propia



Anexo No.33
Matriz UTI para definir las prioridades de mejora. Fuente: Elaboración propia

Debilidades detectadas	U	T	I	Total
Gestionar la capacitación adecuada a las características del puesto analizado y actualización de la tecnología utilizada.	9	8	8	576
Gestionar la calibración de los equipos que no tienen trazabilidad en el país en el exterior	8	7	7	392
Adquirir los materiales de referencia certificados	8	7	6	336
Formar a los analistas en la operación de los nuevos equipos adquiridos, así como la familiarización con la documentación	7	8	6	336
No utilizar material de referencia caducado	6	5	7	210
No utilizar materiales consumibles usados en otros ensayos	6	6	5	180
Gestionar recipientes idóneos para las muestras	4	5	6	120
Realizar estudios R&R	5	4	5	100
Actualizar los datos en la web del laboratorio	3	4	4	48

Anexo No.34
Plan de acción para las mejoras propuestas: Fuente Elaboración propia

Oportunidad de mejora: Gestionar la capacitación adecuada a las características del puesto analizado y actualización de la tecnología utilizada.

Meta: Capacitación acorde a la tecnología actualizada.

Responsables: Director Técnico, Jefe de Laboratorio, Director de Capacitación

¿Qué?	¿Quién?	¿Cómo?	¿Por qué?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Cuánto?
Gestionar entrenamiento acorde a la tecnología adquirida.	Dtor de Capacitación	Identificando la necesidad de entrenamiento acorde a la tecnología y al desarrollo científico técnico	Para evitar resultados erróneos, uso inadecuado de instrumentos, mala interpretación de los ensayos.	En el extranjero o dentro del país	De forma permanente. Acorde al presupuesto de capacitación	
Gestionar Capacitación	Jefe de Laboratorio	Identificando las necesidad de capacitación de los analistas mediante la evaluación de su desempeño	Para capacitarlos en los métodos de ensayo que sea necesario. Y para lograr que todos reproduzcan el método como lo estable la ASTM	Laboratorio Químico	De forma permanente.	Mensual
Control Interno de calidad	Jefe de Grupo de calidad	Repitiendo el ensayo bajo las mismas	Para comprobar los resultados y la utilización	Laboratorio Químico	De forma permanente.	Mensual

		condiciones y la misma muestra.	del método de ensayo.			
Implementación de las intercomparaciones de calidad según programa	Jefe de laboratorio	Se recibe la muestra, sin conocer resultados, con determinada cantidad de ensayos.	Para realizar todos los ensayos y colocar resultados en un sitio Web, de forma anónima	CUPET	1 vez por año	
Implementación de las intercomparaciones de calidad según programa	Jefe de laboratorio	Se recibe la muestra, sin conocer resultados, con determinada cantidad de ensayos.	Para realizar todos los ensayos y colocar resultados en un sitio Web de forma anónima	PDVSA	3 veces al año	
Implementación de las intercomparaciones de calidad según programa	Jefe de laboratorio	Se recibe la muestra, sin conocer resultados, con determinada cantidad de ensayos.	Para realizar todos los ensayos y colocar resultados en un sitio Web	ALBAERTA Canadá	4 veces al año	

Oportunidad de mejora: Gestionar la calibración de los equipos que no tienen trazabilidad en el país.

Meta: Garantizar la calibración de los equipos

Responsable: Jefe de laboratorio

¿Qué?	¿Quién?	¿Cómo?	¿Por qué?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Cuánto?
Crear un equipo multifuncional	Dtor Técnico	Seleccionar especialistas, técnicos de calidad, producción y trabajadores.	Para identificar instrumentos que no tienen trazabilidad en el país	En el país de origen, o laboratorio con trazabilidad	Cuando el certificado de calibración pierda su vigencia	Según tarifa de precio y ofertas
Intercomparación de resultados de medición	Jefe de laboratorio	Enviando certificados y muestras de control	Para comparar resultados de medición y probar veracidad de los resultados	Otros laboratorios	Cuando el equipo pierda trazabilidad en el país	Según acuerdo de intercomparación

Actualizando carpeta de equipo	Grupo de automática	Dejando evidencia de las reparaciones, ajustes, mantenimiento, así como registrar los resultados	Para comprobar el funcionamiento y los resultados con los de la documentación técnica y el certificado de calibración.	Laboratorio Químico	Permanente	Según Plan de Mantenimiento.
--------------------------------	---------------------	--	--	---------------------	------------	------------------------------

Oportunidad de mejora: Adquirir los materiales de referencia certificados.						
Meta: Operar con materiales de referencia certificados						
Responsable: Jefe de laboratorio						
¿Qué?	¿Quién?	¿Cómo?	¿Por qué?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Cuánto?
Diagnosticar las necesidades de las muestras de referencia certificadas (MRC)	Equipo de trabajo	Revisando el certificado de verificación del MRC, fecha de validez, vida útil y comparar resultados	Para evitar el uso de MRC vencidos, contaminados	Laboratorio Químico	Permanente	Según precio y ofertas del MRC
Estudios de precisión para crear muestras de referencias.	Equipo de trabajo	Realizando varias corridas y utilizando un mismo método de ensayo	Para la calibración de los equipos	Laboratorio Químico	Cuando no existen MRC	30 días manipulación de muestras, análisis y obtención de los resultados
Contratar el servicio	Jefe de laboratorio	Llevar equipo o solicitar MRC	Para la calibración del equipo por tener duda de sus resultados o estar fuera de fecha el certificado de calibración.	Empresa contratada	Cuando sea necesario	Según precio MRC, o oferta de servicio.

Oportunidad de mejora: Formar a los analistas en la operación de los nuevos equipos adquiridos, así como la familiarización con la documentación.

Meta: Analistas preparados con la nueva tecnología

Responsable: Jefe de laboratorio

¿Qué?	¿Quién?	¿Cómo?	¿Por qué?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Cuánto?
Capacitación y puesta en marcha de la nueva tecnología a especialistas.	Firma extranjera	A través de seminarios, capacitando a los analistas en el trabajo con el equipo	Por la necesidad de utilizar y manipular el equipo, así como su principio de funcionamiento según documentación técnica.	Laboratorio Químico	Cuando se adquiriera un equipo	Servicio de posventa incluido en contrato de equipo.
Capacitación al resto del personal incluyendo el de turno.	Especialistas técnicos	A través de seminarios, aplicando métodos, evaluando a los analistas	Para explotar los equipos.	Laboratorio Químico	Permanente	Según DNC

Plan de entrenamiento a personal recién graduado	Jefe de Laboratorio	Rotando por los diferentes puestos de trabajo, explicando métodos de ensayos y equipos.	Para que conozcan los ensayos, las técnicas y los equipos	Laboratorio Químico	Quando entre nueva fuerza de trabajo	Por un período de 6 meses
--	---------------------	---	---	---------------------	--------------------------------------	---------------------------

Anexo No.35
Plan de control para las oportunidades de mejoras. Fuente: Elaboración propia

Gestionar la capacitación adecuada a las características del puesto analizado y actualización de la tecnología utilizada

Entradas	Actividad (acción de mejora)	Indicadores	Rangos de control	Medidas	Frecuencia	Responsables
DNC	Entrenamiento a los analistas acorde a la tecnología adquirida	% de personas entrenadas $\frac{\text{Cantidad de personas entrenadas}}{\text{Total de personas con necesidades de entrenamiento}} \times 100$	100 %	Identificando la necesidad de entrenamiento acorde a la tecnología y al desarrollo científico técnico	Anual	Jefe de laboratorio
	Capacitación a los analistas	% de personas capacitadas $\frac{\text{Cantidad de personas capacitadas}}{\text{Total de personas con necesidades de capacitación}} \times 100$	100 %	Para capacitarlos en los métodos de ensayo que sea necesario. Y para lograr que todos reproduzcan el método como lo estable la ASTM	Mensual	Jefe de laboratorio
Ensayos	Control Interno de calidad	% de control interno de calidad $\frac{\text{Cantidad de ensayos realizados}}{\text{Total planificados}} \times 100$	100 %	Repitiendo el ensayo bajo las mismas condiciones y la misma muestra	Trimestral	Jefe de laboratorio
Muestras	Realizar intercomparaciones	Intercomparaciones <i>Cantidad de intercomparaciones realizadas</i>	≥ 1 Bien < 1 Mal	Se recibe la muestra, sin conocer resultados, con determinada cantidad de ensayos en diferentes laboratorio	Según intereses de las partes	PDVSA

Garantizar la calibración de los equipos que no tienen trazabilidad en el país

Entradas	Actividad (acción de mejora)	Indicadores	Rangos de control	Medidas	Frecuencia	Responsables
Ensayos	Adquirir las muestras de referencia certificadas (MRC)	% de adquisición de MRC $\frac{\text{Cantidad de MRC adquiridas}}{\text{Total necesarias}} \times 100$	100 %	A través de diferentes ofertas, servicios de ventas o firmas comercializadoras	Anual	Jefe de laboratorio
	Estudios de precisión para crear muestras de referencias	% de estudios de precisión $\frac{\text{Cantidad de estudios realizados}}{\text{Total necesarios}} \times 100$	100 %	Realizando varias corridas y utilizando un mismo método de ensayo	Trimestral	Jefe de laboratorio Jefe del departamento de control de la calidad
Plan de calibración	Contratar el servicio	% de servicios contratados $\frac{\text{Cantidad de servicios realizados}}{\text{Cantidad de servicios contratados}} \times 100$	100 %	Llevar equipo o solicitar MRC	Cuando sea necesario	Jefe de laboratorio

Operar con materiales de referencia certificado

Entradas	Actividad (acción de mejora)	Indicadores	Rangos de control	Medidas	Frecuencia	Responsables
Equipo sin trazabilidad	Intercomparación de los resultados de medición y envío de equipos al extranjero	% de equipos intercomparados $\frac{\text{Cantidad de equipos que se le garantiza la trazabilidad}}{\text{Cantidad de equipos sin trazabilidad}} \times 100$	100 %	Enviando certificados y muestras de control. Dejando evidencia de las reparaciones y ajustes, mantenimientos, así como el registro de los resultados	Intercomparaciones: Mensual Envío de equipos al extranjero: Según necesidades	Jefe de laboratorio

Anexo No. 36
Fichas para los indicadores del plan de control. Fuente: Elaboración propia

Nombre del indicador	% de personas entrenadas
Forma de cálculo	# de personas entrenadas / # total de personas con necesidades de entrenamiento * 100
Unidades	%
Glosario	Consiste en la cantidad de personas que necesitan ser entrenadas con la nueva tecnología
Registro	UV-RH- P- 00-03 Procedimiento para la planificación ejecución y control de la capacitación de los recursos humanos Modelo de las DNC UV-RRHH-P-00-03-A1
Umbral del indicador	100%
Rango de gestión	100%

Nombre del indicador	% de servicios contratados
Forma de cálculo	# de servicios realizados / # de servicios contratados * 100
Unidades	%
Glosario	Consiste en la cantidad de servicios realizados por otras organizaciones en la entidad.
Registro	RF-DT-IT-16-05 "Instrucción para la subcontratación de ensayos en el laboratorio RRF-DT-IT-16-06-01 Registro de laboratorios a subcontratar Expediente de los laboratorios subcontratos.
Umbral del indicador	100%
Rango de gestión	100 %

Nombre del indicador	% de estudios de precisión
Forma de cálculo	# de estudios realizados / # total de estudios necesarios * 100
Unidades	%
Glosario	Consiste en la cantidad de estudios de precisión realizados para obtener muestras de referencias
Registro	RF-DT-IT—16-07"Instrucción para la evaluación y expresión de la incertidumbre del resultado de la medición. Se registra en formato digital
Umbral del indicador	100%
Rango de gestión	100%

Nombre del indicador	% de adquisición de MRC
Forma de cálculo	# de MRC adquiridas / # total necesarias * 100
Unidades	%
Glosario	Consiste en la cantidad de MRC adquiridas para poder comprobar la tecnología instalada
Registro	RF-DT-IT-16-02 "Instrucción para la manipulación y almacenamiento de materiales de referencia en el laboratorio" RRF-DT-IT-16-02-01 Registro de Materiales de referencia
Umbral del indicador	100%
Rango de gestión	100%

Nombre del indicador	Intercomparaciones
Forma de cálculo	# de intercomparaciones realizadas
Unidades	#
Glosario	Consiste en la cantidad de intercomparaciones realizadas en el periodo que se realiza la investigación
Registro	RF-DT-IT-16-06 Instrucción para la validación de métodos y equipos de ensayos en el laboratorio Registro: Expediente de validación de métodos de ensayos
Umbral del indicador	≥ 1
Rango de gestión	≥ 1

Nombre del indicador	% de control interno de calidad
Forma de cálculo	# de ensayos realizados / # total planificados * 100
Unidades	%
Glosario	Consiste en la cantidad de ensayos realizados para comprobar el estado de los equipos
Registro	RF-DT-IT-16-01 "Instrucción para el aseguramiento de la calidad de los resultados, emitidos en el laboratorio" RRF-DT-IT-16-01-01 "Registro de control interno" RRF-DT-IT-16-01-02 "Plan anual de control interno"
Umbral del indicador	100%
Rango de gestión	100%

Nombre del indicador	% de equipos intercomparados
Forma de cálculo	# de equipos que se le garantiza la trazabilidad / # total de equipos sin trazabilidad * 100
Unidades	%
Glosario	Consiste en garantizar la trazabilidad de aquellos equipos que no tienen trazabilidad en Cuba
Registro	Registro: Expediente de resultados de equipos intercomparados
Umbral del indicador	100%
Rango de gestión	100%

Nombre del indicador	% de personas capacitadas
Forma de cálculo	# de personas capacitadas / # total de personas con necesidades de capacitación
Unidades	%
Glosario	Consiste en la cantidad de personas que necesitan ser capacitadas con la nueva tecnología
Registro	UV-RRHH-P-00-03 -A6 "Acta de participación y conformación para las acciones de capacitación"
Umbral del indicador	100%
Rango de gestión	100%

Anexo No.37
Calculo de los indicadores del Plan de Control. Fuente: Elaboración propia

Nombre del indicador	Cantidad	Resultado	Registro
% de personas entrenadas	38	100%	UV-RH- P- 00-03 Procedimiento para la planificación ejecución y control de la capacitación de los recursos humanos Modelo de las DNC UV-RRHH-P-00-03-A1
% de personas capacitadas	38	100%	UV-RRHH-P-00-03 -A6 "Acta de participación y conformación para las acciones de capacitación"
% controles internos de calidad	75	100%	RF-DT-IT-16-01 "Instrucción para el aseguramiento de la calidad de los resultados, emitidos en el laboratorio" RRF-DT-IT-16-01-01 "Registro de control interno" RRF-DT-IT-16-01-02 "Plan anual de control interno"
Cantidad de Intercomparaciones	4	Bien	RF-DT-IT-16-06 Instrucción para la validación de métodos y equipos de ensayos en el laboratorio Registro: Expediente de validación de métodos de ensayos
% de equipos intercomparados	2	100%	Registro: Expediente de resultados de equipos intercomparados
% de adquisición de MRC	-	-	RF-DT-IT-16-02 "Instrucción para la manipulación y almacenamiento de materiales de referencia en el laboratorio" RRF-DT-IT-16-02-01 Registro de Materiales de referencia
% de estudios de precisión	2	100%	RF-DT-IT—16-07"Instrucción para la evaluación y expresión de la incertidumbre del resultado de la medición. Se registra en formato digital
% de servicios realizados por concepto de contratación	25	100%	RF-DT-IT-16-05 "Instrucción para la subcontratación de ensayos en el laboratorio RRF-DT-IT-16-06-01 Registro de laboratorios a subcontratar Expediente de los laboratorios subcontratos.

Anexo No.38

Resultados del estudio de reproducibilidad y repetibilidad de la Acidez en TK terminado luego de implementadas las medidas. Fuente: Elaboración propia

Tabla 1: Resultados del ensayo acidez en tanque terminado (TK 1061) luego de implementadas las mejoras. Fuente: Elaboración propia

Analista	Prueba	Muestras									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	1	0,0031	0,0030	0,0030	0,0032	0,0029	0,0030	0,0032	0,0030	0,0030	0,0031
A	2	0,0031	0,0030	0,0030	0,0032	0,0029	0,0030	0,0032	0,0030	0,0030	0,0031
B	1	0,0031	0,0031	0,0030	0,0032	0,0029	0,0030	0,0032	0,0030	0,0030	0,0031
B	2	0,0031	0,0030	0,0030	0,0032	0,0029	0,0030	0,0032	0,0030	0,0030	0,0031
C	1	0,0031	0,0030	0,0030	0,0032	0,0029	0,0030	0,0032	0,0030	0,0030	0,0031
C	2	0,0031	0,0030	0,0030	0,0032	0,0029	0,0030	0,0032	0,0030	0,0030	0,0031
D	1	0,0031	0,0030	0,0030	0,0032	0,0029	0,0030	0,0032	0,0030	0,0030	0,0031
D	2	0,0031	0,0030	0,0029	0,0032	0,0029	0,0031	0,0032	0,0030	0,0030	0,0031

Estos resultados son procesados con el software Minitab 15, obteniendo lo siguiente.

Tabla 2: R&R del sistema de medición. Fuente: Elaboración propia

Fuente	VarComp	%Contribución (de VarComp)	Desv.Est (DE)	Var. de estudio (6 * SD)	%Var. de estudio (%SV)
R&R del sistema de medición total	0,0000000	3,98	0,0000197	0,0001179	19,96
Repetibilidad	0,0000000	3,98	0,0000197	0,0001179	19,96
Reproducibilidad	0,0000000	0,00	0,0000000	0,0000000	0,00
Analistas	0,0000000	0,00	0,0000000	0,0000000	0,00
Analistas*Muestras	0,0000000	0,00	0,0000000	0,0000000	0,00
Parte a parte	0,0000000	96,02	0,0000965	0,0005789	97,99
Variación total	0,0000000	100,00	0,0000985	0,0005927	100,00
Número de categorías distintas = 6					

En este estudio en el cual están involucrando cuatro analistas, cada uno midiendo la acidez en diez muestras dos veces, la desviación estándar estimada del proceso de medición es igual a 0,0000197. Incluyendo partes, la variación total (VT) es igual a 0,0000985. En este tipo de estudio debe asegurarse de que el porcentaje de variación total debido a R&R sea relativamente pequeño. En este caso, el valor es igual a 3,98%, por tanto el sistema de medición es considerado aceptable.

El número de categorías distintas (nc) que pueden ser distinguidas confiablemente por el sistema de medición analizado en este estudio, es igual a 6.

De la varianza total el 3,98% es debida al instrumento (repetibilidad), corroborándose de forma gráfica en la figura siguiente.

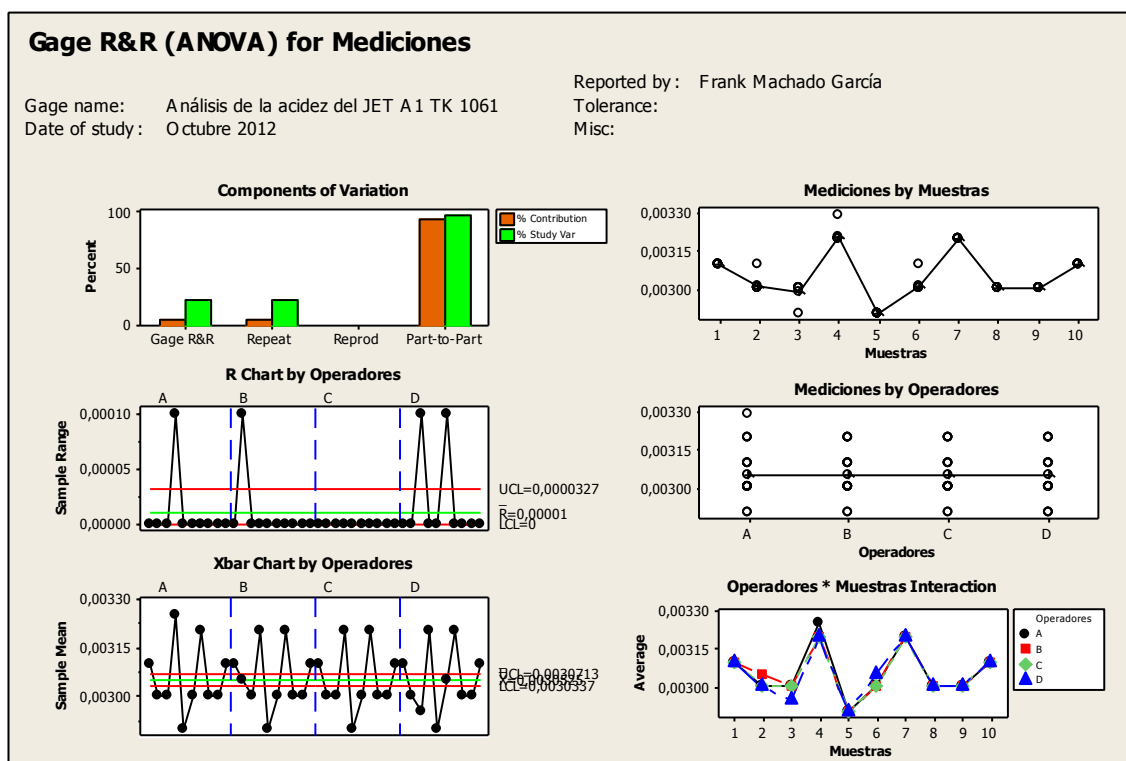


Figura 1: R&R del sistema de medición (ANOVA) para la acidez en tanque terminado (TK 1061) luego de implementar las mejoras. Fuente: Salida del Software Minitab 15

De forma general se evidencia que el sistema de medición es aceptable. La mayor parte de la variación se encuentra en la columna parte a parte, lo que implica que el estudio es capaz de detectar variaciones. Se puede decir que no existen diferencias en las mediciones realizadas entre los analistas, se observa una homogeneidad para medir por parte de los mismos, evidenciándose en los gráficos mostrados anteriormente.

Anexo No.39

Muestras tomadas durante los meses de noviembre 2012 y marzo de 2013. Fuente:
Informe de laboratorio

Resultados de la acidez a la salida de planta

Días	Muestra 1	Muestra 2
1	0,0110	0,0100
2	0,0090	0,0070
3	0,0060	0,0080
4	0,0070	0,0060
5	0,0020	0,0032
6	0,0060	0,0050
7	0,0060	0,0040
8	0,0050	0,0047
9	0,0080	0,0074
10	0,0060	0,0070
11	0,0112	0,0100
12	0,0090	0,0100
13	0,0080	0,0060
14	0,0090	0,0070
15	0,0060	0,0070
16	0,0090	0,0083
17	0,0091	0,0090
18	0,0061	0,0072
19	0,0048	0,0060

20	0,0048	0,0060
21	0,0080	0,0078
22	0,0040	0,0036
23	0,0050	0,0063
24	0,0050	0,0058
25	0,0050	0,0040
26	0,0050	0,0060
27	0,0100	0,0080
28	0,0078	0,0064
29	0,0080	0,0070
30	0,0060	0,0068
31	0,0040	0,0037
32	0,0040	0,0020
33	0,0040	0,0050
34	0,0047	0,0040
35	0,0049	0,0034
36	0,0040	0,0050
37	0,0060	0,0040
38	0,0050	0,0046
39	0,0050	0,0052
40	0,0050	0,0070
41	0,0050	0,0047
42	0,0060	0,0050
43	0,0040	0,0062

44	0,0057	0,0060
45	0,0030	0,0040
46	0,0034	0,0050
47	0,0040	0,0050
48	0,0059	0,0060
49	0,0070	0,0080

Resultados de la acidez en tanque terminado (TK 1061)

Días	Muestra 1	Muestra 2
1	0,0110	0,0098
2	0,0100	0,0070
3	0,0020	0,0015
4	0,0080	0,0030
5	0,0030	0,0019
6	0,0102	0,0103
7	0,0040	0,0050
8	0,0087	0,0095
9	0,0050	0,0050
10	0,0020	0,0030
11	0,0083	0,0090
12	0,0050	0,0040
13	0,0040	0,0010
14	0,0030	0,0040
15	0,0040	0,0050

16	0,0040	0,0060
17	0,0021	0,0020
18	0,0040	0,0050
19	0,0110	0,0100
20	0,0050	0,0050
21	0,0070	0,0050
22	0,0060	0,0060
23	0,0040	0,0031
24	0,0050	0,0058
25	0,0050	0,0040

Anexo No.40

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para los valores de acidez

Pruebas de Bondad-de-Ajuste para los valores de acidez a la salida de planta

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0.130076
DMENOS	0.0657991
DN	0.130076
Valor-P	0.0776611

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que Acidez proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

Pruebas de Bondad-de-Ajuste para los valores de acidez en tanque terminado (TK 1061)

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0,189414
DMENOS	0,088542
DN	0,189414
Valor-P	0,0737141

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que Acidez proviene de una distribución normal con 95% de confianza

	Unidad de Negocios Refinería Cienfuegos		Código Documento: RF-DT-P-13-08
	Reemplaza a:	Fecha de Emisión 29/04/2013	Revisión N° 0
			Página 228 de 235

Anexo No.41

Procedimiento RF-DT-P-13-08 Estudios de repetibilidad y reproducibilidad en los sistemas de medición. Fuente: Elaboración propia

Título: ESTUDIOS DE REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD EN LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN

Observaciones:

	Nombres y apellidos	Cargo	Firma
Elaborado por:	Frank Machado García	Estudiante de Ingeniería Industrial (5to Año)	
	Anibal Barrera García	Tutor Tesis de Grado	
	Midiala Hernandez Santana	Esp. Metrología	
Revisado por:	Luís García López	Director Técnico	
	Rubén Pérez Ayo	Jefe Laboratorio Central	
	Ramiro Rodriguez Tabares	Jefe G.I.P	
	Abel Delgado Sanchez	Director de A.I.T.	

Copia controlada No.:

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN SIN LA AUTORIZACIÓN DEL ÁREA EMISORA DE LA EMPRESA

 PETRÓLEOS CUBA VENEZUELA S.A.	Unidad de Negocios Refinería Cienfuegos		Código Documento: RF-DT-P-13-08
	Reemplaza a:	Fecha de Emisión 29/04/2013	Revisión N° 0
			Página 229 de 235

Aprobado por:	Humberto Padrón García	Director General.	
---------------	------------------------	-------------------	--

Índice.

No.		Página
	Hoja Titular	1
1.	Índice.	2
2.	Objetivo.	3
3.	Alcance.	3
4.	Referencias.	3
5.	Relación de Anexos.	3
6.	Responsabilidades.	4
7.	Definiciones	4
8.	Desarrollo.	5
9.	Registros.	7
10.	Anexos.	7

Copia controlada No.:

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN SIN LA AUTORIZACIÓN DEL ÁREA EMISORA DE LA EMPRESA

	Unidad de Negocios Refinería Cienfuegos		Código Documento: RF-DT-P-13-08
	Reemplaza a:	Fecha de Emisión 29/04/2013	Revisión N° 0
			Página 230 de 235

1. Objetivo

- 2.1 Establecer los elementos básicos para realizar estudios de repetibilidad y reproducibilidad en la Unidad de Negocios Refinería de petróleo “Camilo Cienfuegos”.

2. Alcance.

- 3.1 Este procedimiento se aplica a todos los sistemas de medición de la Unidad de Negocio “Refinería Camilo Cienfuegos”

3. Referencias.

- 4.1 NC ASTM D 4057: 2009 Industria del petróleo-Práctica estandarizada para el muestreo manual del petróleo y productos del petróleo.
- 4.2 RF-GG-P-02-13 Metodología para la gestión de los proyectos seis sigma en la Unidad de Negocios Refinería Cienfuegos.
- 4.3 RF-DT-P-13-04 Procedimiento para el control de los dispositivos de seguimiento y medición
- 4.4 RF-DT-IT-16-04 Instrucciones para la manipulación de objetos de ensayos e informes de resultados.
- 4.5 RF-DAIT-IT-11-01: Instrucción para la comprobación de transmisores de presión diferencial.
- 4.6 RF-DAIT-IT-11-08: Instrucción para la calibración de manómetros y manovacúómetros, de deformación elástica, indicadores de trabajo.
- 4.7 RF-DAIT-IT-11-02: Instrucción para el mantenimiento y reparación de los manómetros.
- 4.8 RF-DAIT-I-11-05: Instrucción para el mantenimiento de transmisores e indicadores de nivel.
- 4.9 RF-DAIT-P-11-03: Procedimiento para la reparación y calibración de dispositivos de seguimiento, medición y control.

4. Relación de Anexos

- 5.1 Anexo 1. Flujograma para la realización de estudios R&R.
- 5.2 Anexo 2. RRF-DT-P-13-08-01 Resultado de las mediciones a utilizar en los estudios R&R.
- 5.3 Anexo 3. RRF-DT-P-13-08-02 R&R del sistema de medición.

Copia controlada No.:

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN SIN LA AUTORIZACIÓN DEL ÁREA EMISORA DE LA EMPRESA

	Unidad de Negocios Refinería Cienfuegos		Código Documento: RF-DT-P-13-08
	Reemplaza a:	Fecha de Emisión 29/04/2013	Revisión N° 0
			Página 231 de 235

5. Responsabilidades.

6.1 Del Director General

- 6.1.1 Garantizar la investigación de los estudios R&R

6.2 Del Director Técnico

- 6.2.1 Presentar a la Junta de Directores los resultados de los estudios R&R, informes y estado de progreso de las recomendaciones de los estudios R&R de acuerdo a los resultados.
- 6.2.2 Exige porque se efectúen los estudios R&R a diferentes sistemas de medición en la Refinería Camilo Cienfuegos.
- 6.2.3 Garantiza la información Necesaria en conjunto con el laboratorio para garantizar lo establecido en el presente procedimiento.

6. Definiciones.

- 7.1 **Medición:** Conjunto de operaciones que tienen como objetivo determinar el valor de una magnitud.
- 7.2 **Método de medición:** Secuencia lógica de operaciones, generalmente descritas, usada en la ejecución de las mediciones.
- 7.3 **Instrumento de medición:** Dispositivo diseñado para ser usado en hacer mediciones, solo o en unión de dispositivos suplementarios.
- 7.4 **Procedimiento de medición:** Conjunto de operaciones, en términos específicos, utilizadas en la ejecución de mediciones particulares, de acuerdo a un método dado.
- 7.5 **Resultado de una medición:** Valor atribuido a una magnitud a medir, obtenido por una medición.
- 7.6 **Repetibilidad:** Es la variación de las mediciones sucesivas al mismo objeto con un instrumento bajo las mismas condiciones (un operador).
- 7.7 **Reproducibilidad:** Variabilidad de las mediciones del mismo objeto con un instrumento con un instrumento bajo condiciones cambiantes

Copia controlada No.:

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN SIN LA AUTORIZACIÓN DEL ÁREA EMISORA DE LA EMPRESA

	Unidad de Negocios Refinería Cienfuegos		Código Documento: RF-DT-P-13-08
	Reemplaza a:	Fecha de Emisión 29/04/2013	Revisión N° 0
			Página 232 de 235

(diferentes operadores).

- 7.8 **Sistema de medición:** Conjunto completo de instrumentos de medición y otros equipos ensamblados para llevar a cabo mediciones específicas.
- 7.9 **Estudio R&R:** Permite evaluar la repetibilidad y reproducibilidad de forma separada.

Desarrollo.

- 8.1 Los estudios R&R evalúan experimentalmente qué parte de la variabilidad total observada es atribuible al error de medición y cuantificar este error, comparando con la variabilidad del producto y con las especificaciones de calidad que requiere.
- 8.2 Las fuentes de variabilidad que se pueden evaluar en un estudio R&R son:
- 8.2.1 Variabilidad del producto
 - 8.2.2 Variabilidad del instrumento
 - 8.2.3 Variabilidad de los operadores
- 8.3 Un estudio R&R permitirá evaluar cada una de las fuentes de variabilidad a partir del método ANOVA (Análisis de varianza).
- 8.4 Para determinar el ensayo o el instrumento a analizar se podrá auxiliarse, en caso de ser necesario, de la metodología seis sigma descrita en el procedimiento RF-GG-P-02-13: Metodología para la gestión de los proyectos seis sigma en la Unidad de Negocios Refinería Cienfuegos.
- 8.5 En dependencia del objeto seleccionado, si es instrumento se comprobará que cumpla lo establecido RF-DT-P-13-04: Procedimiento para el control de los dispositivos de seguimiento y medición, si es un ensayo, se seguirán los pasos de este procedimiento.
- 8.6 Los estudios de repetibilidad y reproducibilidad se garantizarán mediante un grupo de pasos, que aparecen desarrollados en el diagrama de flujo que se encuentra en el Anexo 1.
- 8.7 Se seleccionará un operario al azar para tomar las muestras.
- 8.8 Se tomarán al azar un conjunto de muestras siguiendo el proceder de la NC ASTM D 4057: 2009.
- 8.9 Se trasladarán al laboratorio y registrarán en el libro de recepción de muestras y se etiquetarán según el procedimiento RF-DT-IT-16-04:

Copia controlada No.:

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN SIN LA AUTORIZACIÓN DEL ÁREA EMISORA DE LA EMPRESA

	Unidad de Negocios Refinería Cienfuegos		Código Documento: RF-DT-P-13-08
	Reemplaza a:	Fecha de Emisión 29/04/2013	Revisión N° 0
			Página 233 de 235

Instrucciones para la manipulación de objetos de ensayos e informes de resultados.

- 8.10 Para la realización del estudio R&R se seleccionaran un grupo de analistas (preferentemente cuatro) de forma aleatoria, que estén aptos para realizar los ensayos objeto de análisis.
- 8.11 Decidir el número de ensayos o veces que cada analista ejecutará el mismo (pueden ser dos o tres veces).
- 8.12 Se etiquetarán y aleatorizaran el orden de las muestras y los analistas, asegurándose que los resultados de los ensayos no se conozca entre ellos, esto se hará cada vez que se realice una repetición.
- 8.13 Cada uno de los ensayos se realizará dos o tres veces por cada muestra, para lo cual cumplirá el procedimiento expuesto a la ASTM correspondiente al ensayo ejecutado.
- 8.14 Los resultados de los diferentes ensayos por cada uno de los analistas se plasmarán en el registro RRF-DT-P-13-08-01: Resultado de las mediciones a utilizar en los estudios R&R, cuyo formato aparece en el Anexo 2.
- 8.15 Estos datos se procesaran en el software MINITAT 15.0 u otro similar.
- 8.16 Los resultados del procesamiento se plasmarán en el registro RRF-DT-P-13-08-02: R&R del sistema de medición, cuyo formato aparece en el Anexo 3.
- 8.17 Luego se interpretarán los resultados y en caso de haber variabilidad se investigarán las causas que estén incidiendo, se seleccionarán las principales, se explicarán y se confirmarán.
- 8.18 Se propondrán y evaluarán soluciones para las causas detectadas.
- 8.19 Luego se implementaran las propuestas realizadas y se esperará un período de tiempo prudencial para realizar nuevamente un estudio R&R siguiendo las pausas definidas en este procedimiento.
- 8.20 Se comparará el resultado del estudio R&R antes y después de las acciones implementadas.
- 8.21 Se analizará y monitoreará el sistema de medición mediante cartas de control ($\bar{X}$ -R), las cuales permitirán visualizar el comportamiento de las mediciones a través del tiempo.

Copia controlada No.:

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN SIN LA AUTORIZACIÓN DEL ÁREA EMISORA DE LA EMPRESA

 PETRÓLEOS CUBA VENEZUELA S.A.	Unidad de Negocios Refinería Cienfuegos		Código Documento: RF-DT-P-13-08
	Reemplaza a:	Fecha de Emisión 29/04/2013	Revisión N° 0
			Página 234 de 235

- 8.22 La carta de $\bar{X}$ no se interpretará de manera convencional en el contexto de monitoreo de instrumentos de medición, ya que aquí mientras más puntos caigan fuera de los límites de control el proceso de medición estará haciendo mejor trabajo, mientras la carta R se interpretará de forma convencional.
- 8.23 Con respecto a los instrumentos que no responden a metrología legal (instrumentos industriales) recibirán el servicio de reparación y calibración por el laboratorio de la empresa. Este cuenta con las instrucciones y procedimientos donde se describe el proceder a seguir, estas son:
- 8.23.1 RF-DAIT-IT-11-01: Instrucción para la comprobación de transmisores de presión diferencial.
- 8.23.2 RF-DAIT-IT-11-08: Instrucción para la calibración de manómetros y manovacuómetros, de deformación elástica, indicadores de trabajo.
- 8.23.3 RF-DAIT-IT-11-02: Instrucción para el mantenimiento y reparación de los manómetros.
- 8.23.4 RF-DAIT-I-11-05: Instrucción para el mantenimiento de transmisores e indicadores de nivel.
- 8.23.5 RF-DAIT-P-11-03: Procedimiento para la reparación y calibración de dispositivos de seguimiento, medición y control.

7. Registros

Código	Denominación
RRF-DT-P-13-08-01	Formato para el resultado de las mediciones a utilizar en los estudios R&R
RRF-DT-P-13-08-02	R&R del sistema de medición

8. Anexos

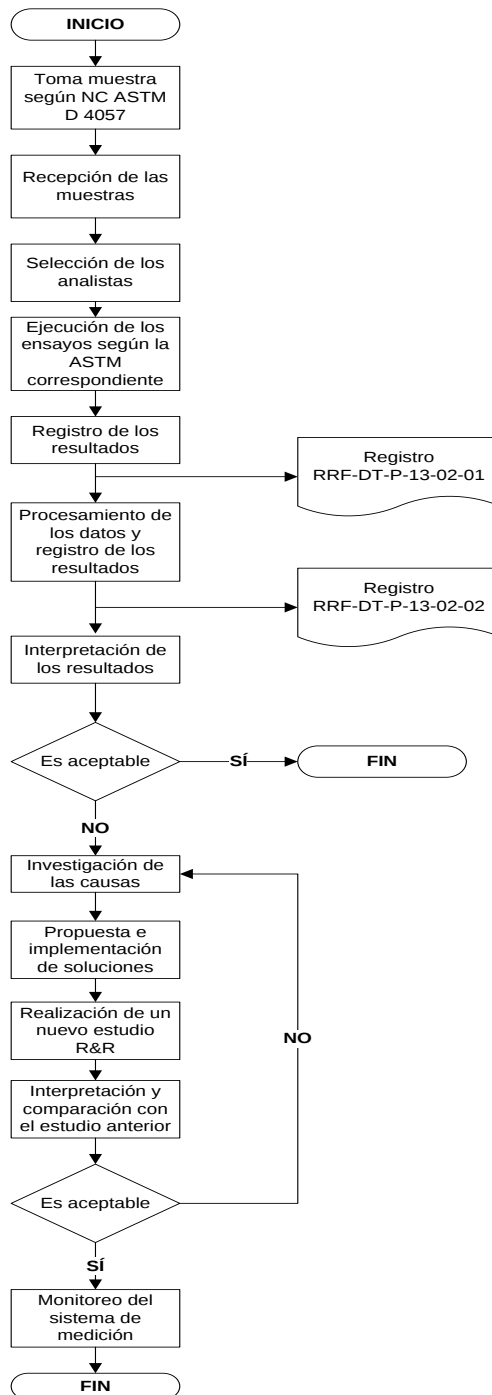
En las siguientes páginas se adjuntan los anexos del presente procedimiento.

Copia controlada No.:

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN SIN LA AUTORIZACIÓN DEL ÁREA EMISORA DE LA EMPRESA

 PETRÓLEOS CUBA VENEZUELA S.A.	Unidad de Negocios Refinería Cienfuegos		Código Documento: RF-DT-P-13-08
	Reemplaza a:	Fecha de Emisión 29/04/2013	Revisión N° 0
			Página 235 de 235

Anexo 1. Flujograma para la realización de estudio R&R



Copia controlada No.:

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN SIN LA AUTORIZACIÓN DEL ÁREA EMISORA DE LA EMPRESA

 PETRÓLEOS CUBA VENEZUELA S.A.	Unidad de Negocios Refinería Cienfuegos		Código Documento: RF-DT-P-13-08
	Reemplaza a:	Fecha de Emisión 29/04/2013	Revisión N° 0
			Página 236 de 235

Anexo 2

RRF-DT-P-13-08-01: RESULTADO DE LAS MEDICIONES A UTILIZAR EN LOS ESTUDIOS R&R

Analista	Prueba	Muestras									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(1)	(2)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)

Elaborado por: _____

Fecha de elaboración: _____

Instrucciones para su llenado:

1. Código de los analistas implicados
2. No. de orden de la prueba
3. Mediciones en las diferentes muestras

Copia controlada No.:

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN SIN LA AUTORIZACIÓN DEL ÁREA EMISORA DE LA EMPRESA

 PETRÓLEOS CUBA VENEZUELA S.A.	Unidad de Negocios Refinería Cienfuegos		Código Documento: RF-DT-P-13-08
	Reemplaza a:	Fecha de Emisión 29/04/2013	Revisión N° 0
			Página 237 de 235

Anexo 3

RRF-DT-P-13-08-02: R&R DEL SISTEMA DE MEDICIÓN

Fuente	VarComp	%Contribución (de VarComp)	Desv.Est (DE)	Var. de estudio (6 * SD)	%Var. de estudio (%SV)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Número de categorías distintas: (7)					

Elaborado por: _____

Fecha de elaboración: _____

Instrucciones para su llenado:

1. Fuentes de variación
2. Contribución de cada una de las partes la varianza total
3. % de contribución de cada una de las partes de la varianza total
4. Desviación estándar de cada componente
5. Desviación estándar multiplicada por 6 (número de desviaciones necesarias para englobar al 99,99966 de las mediciones)
6. Es el cociente entre la desviación estándar de cada componente y la desviación estándar total
7. Número de categorías distintas que el sistema es capaz de detectar

Copia controlada No.:

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN SIN LA AUTORIZACIÓN DEL ÁREA EMISORA DE LA EMPRESA