

Sistema de gestión de calidad - ISO/IEC 17025 para minimizar el tiempo de ensayos en laboratorio de una empresa siderúrgica.**Quality management system - ISO / IEC 17025 to minimize the time in the test of quality lab in a steel company.****Sistema de gestão da qualidade - ISO / IEC 17025 para minimizar o tempo para análises laboratoriais de uma empresa siderúrgica.**

Luis Santiago Hilario Ortega¹, Elías Gutiérrez Pesantes², Gracia Isabel Galarreta Oliveros³, Blanca Álvarez Luján⁴.

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el efecto de la mejora del sistema de gestión de calidad bajo la norma ISO/IEC 17025 respecto al tiempo del proceso de ensayo del laboratorio de calidad en una empresa siderúrgica, para ello se empleó un diseño de investigación del tipo pre experimental con una pre prueba y post prueba, donde la población estuvo conformada por todos los procesos de ensayos del laboratorio químico de la empresa siderúrgica (proceso de análisis vía rayos x, proceso de análisis vía espectrometría, proceso de análisis vía absorción atómica y vía clásica), de los cuales se consideró al proceso de ensayo de análisis por espectrometría como muestra, donde se realizó un muestreo no probabilístico a juicio del investigador. Los datos fueron recogidos mediante el cuestionario de diagnóstico, la lista de verificación documentaria y el formato de registro de tiempos. Los datos anteriores fueron procesados haciendo uso del software Microsoft Excel. Los resultados demostraron que la mejora del sistema de gestión de calidad bajo la norma ISO/IEC 17025 minimiza significativamente el tiempo del proceso de ensayo del laboratorio de calidad en una empresa siderúrgica.

Palabras clave: Empresa siderúrgica, sistema de gestión de la calidad, tiempo del proceso de ensayo.

Abstract

The present research aims to determine the effect of improving the quality management system under ISO / EC 17025 regarding test process time of quality laboratory in a steel company, for this, a research design of the pre-experimental type was used with a pre-test and post-test, where the population consisted of all the processes of trials of the chemical laboratory of the steel company (analysis of process via x-ray, analysis of process via spectrometric, analysis of process via absorption atomic and via classical pathway), which was considered the test process of analysis via spectrometry as sample, where a non-probability conducted reason to the investigator where sampling was a non-probability sampling according to reason of the investigator. Data were collected through the diagnostic questionnaire, the list of documentary verification and the time register format. The above data were processed using the Microsoft Excel software. The results showed that improving the quality management system under ISO / IEC 17025 significantly minimizes test process time of quality laboratory in a steel Company.

Keywords: Steel Company, quality management system, test process time.

Resumo

A presente pesquisa tem como objetivo determinar o efeito de melhorar o sistema da gestão de qualidade sob ISO/CE 17025 em relação ao tempo do processo de teste de laboratório de qualidade em uma empresa siderúrgica, este utilizou um desenho de investigação do tipo pré-experimental, com uma prova

¹Escuela de Ingeniería Industrial. Bachiller. Universidad César Vallejo. Chimbote. Perú. lhilario27@hotmail.com

²Escuela de Ingeniería Industrial. Doctor. Universidad César Vallejo. Trujillo. Perú. eligupe@gmail.com

³Escuela de Ingeniería Industrial. Maestro. Universidad César Vallejo. Chimbote. Perú. ggalarreta@ucv.edu.pe. <http://orcid.org/0000-0001-8915-6607>.

⁴Escuela de Pos Grado. Doctor. Universidad César Vallejo. Piura. Perú. balvarez@ucv.edu.pe.

Recibido: 10/04/ 2017 Aceptado: 15/05/2017

pré-teste e pós-teste, onde a população consistiu em todos os processos de ensaios de laboratório químico da empresa siderúrgica (análise do processo através de raios-x, análise do processo através de espectrometria, a análise do processo por meio de absorção atômica e linha clássica), que foi considerado o processo de teste de análise através de espectrometria como amostra, onde se realizou uma amostragem não probabilística a julgamento do pesquisador. Os dados foram coletados por meio do questionário de diagnóstico, a lista de verificação documental e o formato cadastro tempo. Os dados anteriores foram processados utilizando o software Microsoft Excel. Os resultados mostraram que a melhoria do sistema de gestão da qualidade pela norma ISO / IEC 17025 minimiza significativamente o tempo do processo de teste de laboratório da qualidade em uma empresa siderúrgica

Palavras-chave: Empresa siderúrgica, sistema da gestão de qualidade, tempo de processo de teste.

Introducción

En esta investigación se tomó como referencia el laboratorio químico de la empresa Siderúrgica del Perú. En el laboratorio se efectúan ensayos de análisis químico de aceros, materias primas e insumos. Todos los ensayos se realizan en base a normas estandarizadas ASTM “American Society for Testing and Materials”, teniendo como cliente interno a la planta de acero, el área comercial, mantenimiento, planos y derivados e ingeniería de productos. Actualmente se vienen presentando reclamos por parte del cliente interno (acería) teniendo desde el mes de febrero al mes de mayo un total de 43 reclamos, de los cuales más del 32% corresponden a demoras en el tiempo de ensayo. Existe una interacción entre el cliente interno y el analista, ejerciendo presión para la entrega de resultados en menor tiempo, ya que de ello depende la toma de decisiones durante el proceso. Por esta razón se pretende aportar por medio de este estudio, conocimientos sobre el estado actual del sistema de gestión de calidad del laboratorio químico de la empresa Siderúrgica del Perú, permitiendo identificar mejoras aplicables en base a los lineamientos de la norma ISO/IEC 17025. Para ello primero se definirán algunos conceptos relacionados al sistema de gestión de la calidad y al proceso de ensayo.

La calidad es el conjunto de características inherentes de un bien o servicio que satisfagan las necesidades y expectativas de los clientes. Sin embargo, muchos autores definen la calidad desde diferentes perspectivas; en este sentido Jurán (1990), concibe la calidad como “la adecuación al uso”, también la define como “las características de un producto o servicio que le proporcionan la capacidad de satisfacer las necesidades de los clientes”. Deming (1989), propone la calidad en términos de la capacidad que se tiene para garantizar la satisfacción del cliente. Feigenbaum, tiene una visión más integral de la calidad pues considera la necesidad de que exista una participación de todos los departamentos para garantizar la satisfacción de las necesidades y expectativas de los clientes. Fontalvo (2010) menciona que la calidad significa producir bienes y/o servicios de acuerdo a especificaciones buscando satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes. Tarí (2010): La satisfacción del cliente se alcanza cuando un cliente nota valor en el producto y cuando las características del producto cumplen o sobrepasan sus expectativas. La empresa Siderúrgica del Perú S.A.A. (2013) establece que para conducir y operar una organización en forma exitosa se requiere que esta se dirija y controle en forma sistemática y transparente. Se puede lograr el éxito implementando y manteniendo un sistema de gestión de calidad que esté diseñado para mejorar continuamente su desempeño mediante la consideración de las necesidades de todas las partes interesadas. La gestión de una organización comprende la gestión de la calidad entre otras disciplinas de gestión (Norma ISO 9000).

La norma ISO/IEC 17025 es aplicable a todo tipo de laboratorio de calibración o ensayo, independientemente del número de empleados o de su actividad el cual está agrupado en 25 secciones. Las primeras 15 secciones corresponden al capítulo 4, requisitos de gestión (administrativos). El resto de secciones corresponden al capítulo 5, requisitos técnicos el cual el laboratorio debe cumplir para demostrar su competencia técnica y asegurar la validez de sus resultados (Consulting Gestión-Calidad).

Un proceso de ensayo es un conjunto de actividades efectuadas desde que se recepciona la muestra y efectúa el ensayo hasta la emisión de los resultados al cliente (QS-QUALISYS S.A.C., 2012). En el laboratorio químico de la empresa siderúrgica, el proceso de ensayo se realiza mediante análisis químico por espectrometría de emisión al vacío de aceros al carbono y de baja aleación, basado en la norma ASTM E415, norma que cubre la determinación simultánea de 20 elementos químicos (carbón, manganeso, azufre, silicio, cromo, fósforo, vanadio, titanio, niobio, molibdeno, cobre, níquel, estaño, aluminio, boro, calcio, nitrógeno, oxígeno, hierro y cerio) en aceros al carbono y de baja aleación (Norma ASTM E415).

El tiempo del proceso es el tiempo que se invierte para ejecutar una tarea en condiciones determinadas, siguiendo a un ritmo normal un método predeterminado. Para determinar el tiempo se debe realizar un estudio de tiempos, la fase del estudio de tiempos se puede definir como “La aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierta un trabajador calificado en llevar a cabo una actividad definida efectuándola según una norma de ejecución preestablecida” (Meyers, 2000). Para el estudio de tiempos se pueden emplear ciertos métodos, siendo el método del cronómetro el más utilizado, debido a su relativa simplicidad, exactitud y no requiere de personal altamente especializado para su aplicación, el cual consiste en la utilización de un cronómetro, de preferencia centesimal, para medir el tiempo de las operaciones, haciendo tomas de la operación completa o descomponiendo la operación en tareas, permitiendo el cálculo del tiempo estándar (tiempo requerido para terminar una unidad de trabajo, mediante el empleo de un método y equipo estándar, por un trabajador que posee la habilidad requerida, que desarrolla una velocidad normal que pueda mantener día tras día, sin mostrar síntomas de fatiga).

Mediante la investigación, se mejorará el sistema de gestión de calidad siguiendo los lineamientos de la norma ISO/IEC 17025 en el laboratorio químico de la empresa siderúrgica, logrando optimizar el proceso de ensayo, esta mejora en la práctica permitirá reducir las fallas y eliminar las repeticiones de operación durante el proceso de ensayo garantizando la entrega de resultados de ensayos en menor tiempo, logrando mejorar la satisfacción del cliente interno permitiendo disminuir el número de reclamos.

Material y método

Se utilizó la metodología pre experimental de pre y post prueba con un solo grupo, teniendo un control mínimo de la variable independiente (sistema de gestión de la calidad) al cual se le aplicó la mejora bajo la norma ISO/IEC 17025 para luego proyectar el efecto en la variable dependiente (tiempo del proceso de ensayo). Siguiendo el siguiente esquema: (G: O1 –X– O2), Donde: G: Grupo experimental al cual se aplicara la mejora basados en los lineamientos de la norma ISO/IEC 17025; O1: Pre-test, datos tomados de la medición de tiempos del proceso de ensayo antes de la mejora; X: Tratamiento y O2: Post- test, datos tomados de la medición de tiempos del proceso de ensayo después de la mejora. La población de estudio estuvo conformada por todos los procesos de ensayos del laboratorio químico de la empresa siderúrgica (proceso de análisis vía rayos x, proceso de análisis vía espectrometría, proceso de análisis vía absorción atómica y vía clásica), de los cuales se consideró al proceso de ensayo de análisis por espectrometría como muestra, donde se realizó un muestreo no probabilístico a juicio del investigador.

Para la recolección de datos se realizó la observación directa: el cual permitió conocer e identificar de manera directa y objetiva la situación actual de las actividades ejecutadas en el laboratorio, cuyo instrumento de recolección de datos fue el cuestionario de diagnóstico, para la toma de tiempos se utilizó el formato de registro de tiempos. También se realizó el análisis documental: a fin de recoger los datos del laboratorio, que comprendió la revisión de los documentos existentes y disponibles en el laboratorio químico relacionados al sistema de gestión de calidad, cuyo instrumento de recolección de datos fue la lista de verificación documentaria. La información recolectada permitió diagnosticar el estado de la situación actual

del sistema de gestión de calidad del laboratorio químico determinando el porcentaje de cumplimiento de la norma ISO/IEC 17025. Para determinar la validez de los instrumentos, se sometió al juicio de tres expertos conocedores del tema, el instrumento utilizado para el análisis documental “lista de verificación documental” no precisó realizar método de validación ya que proviene de una fuente válida y confiable INDECOPI. Para analizar el proceso de ensayo actual del laboratorio químico, se utilizó como referencia las herramientas de la calidad, haciendo uso del diagrama de Pareto y el diagrama causa-efecto. Se determinó el tiempo estándar, utilizando el método de medición por cronómetro. Para contrastar la hipótesis se realizó un análisis de datos por comparación, utilizando la prueba T de Student para muestras pareadas. Los datos obtenidos se procesaron haciendo uso del software Microsoft Excel.

Resultados

En esta etapa se realizó el diagnóstico del sistema de gestión de calidad actual, determinándose el porcentaje de cumplimiento en base a los lineamientos del capítulo 5 de la norma ISO/IEC 17025. Para ello se verificó la documentación existente y se analizó el proceso de ensayo de análisis químico de acero por espectrometría, determinándose las principales causas de la demora en el reporte de resultados. La determinación del porcentaje de cumplimiento se realizó mediante la observación directa y la información proporcionada por la gerencia de calidad, evaluándose las 10 secciones del capítulo 5 (requisitos técnicos) de la norma. El criterio de puntuación se muestra a continuación en la Tabla 1:

Tabla 1. Criterios para la puntuación del diagnóstico del SGC.

Puntaje	Criterios
5	Excelente, cumple con todos los criterios con que ha sido evaluado el requisito
4	Muy bueno, cumple con los principales criterios de evaluación del requisito, pero con leves deficiencias
3	Bueno, cumple con los principales criterios de evaluación del requisito, existen algunas deficiencias
2	Regular, no cumple con algunos criterios críticos de evaluación del requisito
1	Bajo, no cumple con la mayoría de los criterios de evaluación del requisito
0	No cumple
NA	No aplica

Fuente: Cuestionario de diagnóstico.

El porcentaje de cumplimiento se determinó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ CUMPLIMIENTO} = \left(\frac{\text{Puntuación obtenida}}{5 * \text{Número de ítems aplicables}} \right) * 100$$

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 2. El porcentaje de cumplimiento promedio o general del laboratorio químico es de 64.6%, lo que significa que existen aspectos que se deben mejorar para que el laboratorio se encuentre totalmente alineado a los requisitos técnicos de la norma ISO/IEC 17025.

En la Tabla 3, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación documental del laboratorio químico relacionado a los lineamientos del capítulo 5 de la norma ISO/IEC 17025.

Tabla 2. Porcentaje de cumplimiento de los requisitos técnicos de la norma ISO/IEC 17025.

Requisitos técnicos		% de cumplimiento
5.2	Personal	61.8
5.3	Instalaciones y condiciones ambientales	66.7
5.4	Métodos de ensayo, calibración y validación de métodos	63.6
5.5	Equipos	65.7
5.6	Trazabilidad de las mediciones	70.0
5.8	Manipulación de los ítems de ensayo	60.0
5.9	Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo	65.0
5.10	Informe de los resultados	63.6
TOTAL		64.6

Fuente: Cuestionario de diagnóstico.

Tabla 3. Verificación documental del laboratorio químico.

Requisito	Descripción del requisito	Procedimientos que atienden el requisito	Evidencia o registro	Observaciones/ comentarios
5.2	Personal	Procedimientos de capacitación	PR-111-001	El laboratorio mantiene actualizado los perfiles de puesto, sin embargo el área no cuenta con histórico en perfiles de puesto. Reforzar los conocimientos a los técnicos químicos, sobre los métodos de ensayo, equipos, software e incertidumbre. Los criterios de competencia para autorizar a los ensayistas están basados en un número de horas de teoría y práctica recibida por el ensayista y no en base a los resultados de los ensayos.
5.3	Instalaciones y condiciones ambientales	Control de temperatura	CAL -L-07	No existe formato de control de condiciones ambientales
5.4.1	Métodos y procedimientos de ensayo y calibración y validación de métodos	Control, verificación y mantenimiento de equipos de medición y de ensayo	PR-221-001	El laboratorio químico utiliza versiones actualizadas de métodos de ensayo normalizados ASTM, sin embargo no existe procedimiento estándar para el análisis de acero.
5.4.2	Selección de métodos	Norma ASTM	ASTM E415	
5.4.6	Estimación de la incertidumbre de la medición	Estimación de la incertidumbre de la medición	EO-262-012 / PR-262-008	
5.4.7	Control de datos	Backup Chimbote , datos Backup	EO-130-002 /	

		restauración	PR130-001	
5.5	Equipos	Control y verificación y mantenimiento de equipo de medición y ensayo	PR-221-001	Se evidenció que se está utilizando un instrumento de medición no calibrado y sin identificación. Ej.: Barómetro digital. Las botoneras del equipo ARL cuentan con identificación borrosa e ilegible.
5.6	Trazabilidad de la medición	Control y verificación y mantenimiento de equipo de medición y ensayo	PR-221-001	Las calibraciones son realizadas por entidades externas que no cuentan con la acreditación ISO/IEC 17025.
5.8	Manipulación de los ítems de ensayo	Registro de trabajo de ensayo no conforme	CAL-R-16	Se cuenta con el registro CAL-R-16 "Registro de trabajo de ensayo no conforme", pero no se tiene un procedimiento en el cual se describa la recepción, transporte, manipulación y almacenamiento de muestras para ensayos.
5.9	Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo y calibración	Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo	PR-262-007	El plan de aseguramiento de calidad no se encuentra actualizado, ya que corresponde al 2014
5.10.	Informe de resultados	La transmisión de los resultados de ensayos se realiza por teléfono, e-mail u otro medio electrónico	PR-262-004	No existe formato estándar para el informe de ensayos

Fuente: Lista de verificación documentaria.

Tabla 4. Número de reclamos por mes.

Meses	N° DE RECLAMOS							Total
	Acero	Ensayos físicos	Inspectores	Clientes			Ingeniería de productos	
Largos				Logística	Medio ambiente			
Febrero	9							9
Marzo	1		2	1				4
Abril	7							7
Mayo	26	2			1	1	1	31
Total	43	2	2	1	1	1	1	51

Fuente: Indicadores del laboratorio químico.

En la Tabla 4, se observa que desde febrero al mes de mayo del 2015 se tiene un total de 51 reclamos, de los cuales 43 han sido generados por el área de acería. Las acciones de mejora se direccionaran principalmente a reducir este número de reclamos. A continuación, en la Tabla 5, se muestran los motivos de reclamo del área de acería:

Tabla 5. Motivo de reclamos generados por el área de acería.

Motivos	N° reclamos	Porcentaje	P. acumulado
Demora en reporte de resultados	14	32.56%	32.56%
Falta de análisis	12	27.91%	60.47%
Ingreso al sistema	8	18.60%	79.07%
Falta de credibilidad	7	16.28%	95.35%
Error de transmisión	1	2.33%	97.68%
Falla de resultado	1	2.32%	100.00%
Total	43	100.00%	

Fuente: Indicadores del laboratorio químico.

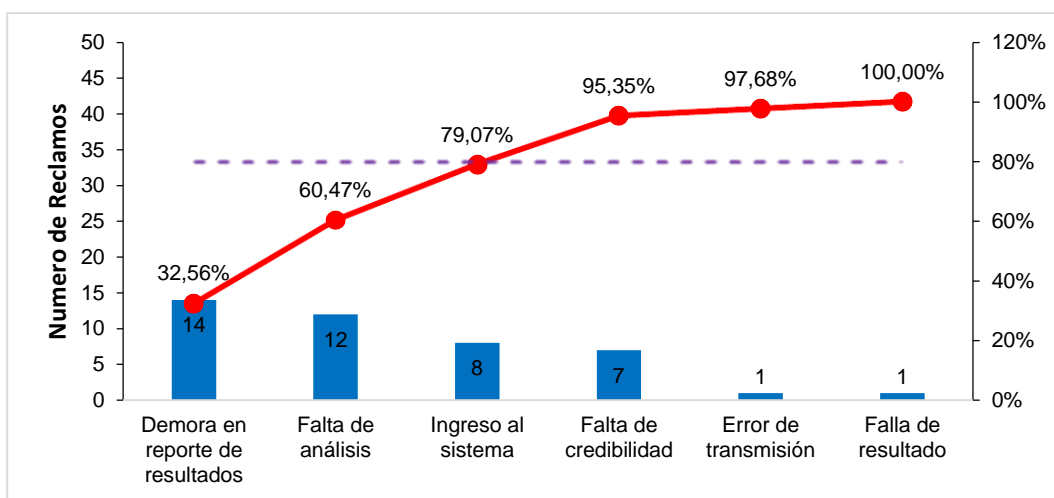


Figura 1. Diagrama de Pareto: Motivo de reclamos del área de acería.

Fuente: Indicadores del laboratorio químico

De acuerdo, a la Figura 1, el alto índice de reclamos por parte del área de acería se debe a la demora en la entrega de resultados, siendo el 32.5% atribuible a esta causa, seguido de problemas por falta de análisis e ingreso de resultados al sistema. Reduciendo estas causas, se eliminará el 80% de los motivos.

El análisis de las posibles causas del problema se realizó con la participación de los técnicos del laboratorio químico utilizando la herramienta lluvia de ideas (Brainstorming) y el diagrama de causa - efecto (Diagrama de Ishikawa). Ver Tabla 6, con las principales causas identificadas. Para la valoración de las causas se utilizó la matriz GUT (Gravedad, urgencia, tendencia) considerando valores de 5 (alto), 3 (medio) y 1 (bajo) Ver Tabla7.

Las principales causas de la demora en el reporte de resultados de muestras de acero son debido a que no existe un procedimiento estándar para el proceso de análisis de acero y a la falta de uniformidad del criterio del analista en la inspección de muestras.

Se realizó el estudio de tiempos mediante la técnica del cronómetro; haciendo tomas de la operación completa, para lo cual se consideró un factor de desempeño de 0.98 (factor determinado según el método Westinghouse), y un suplemento de 18%, los resultados obtenidos se muestran en la Figura 2.

Tabla 6. Lluvia de ideas sobre posibles causas de demora en la entrega de resultados.

Causas probables (lluvia de ideas)
Falta uniformidad en la toma de muestras preliminares por acería.
Recepción de muestras preliminares en malas condiciones provenientes de acería.
Equivocaciones en el envío de resultados.
Muestras huecas.
Muestras porosas.
Muestras escoriadas.
Cápsulas de envío de muestras trabadas.
Demora de transmisión de datos de la computadora al sistema.
Falla en el sistema neumático.
Lija desgastada.
Piedra abrasiva desgastada.
Falta de mantenimiento preventivo a equipos de preparación de muestras.
Procedimiento no estandarizado de recepción de muestra por parte de los analistas.
Procedimiento no estandarizado de la preparación de las muestras recibidas por parte de los analistas.
Procedimiento no estandarizado del análisis de muestra por parte de los analistas.
Equipos de preparación y análisis se encuentran muy separados.
Programación del personal los fines de semana turno noche insuficiente.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7: Matriz GUT para la valoración de las causas de la demora en el reporte de resultados.

Causas	G Gravedad	U Urgencia	T Tendencia	Total
No existe un procedimiento estándar del proceso de análisis de muestras de acero.	5	5	5	125
Falta uniformidad de criterio del analista en la inspección de muestras.	5	5	5	125
Falta uniformidad en la toma de muestras de acero preliminares por parte del personal de acería.	5	5	3	75
Demora en la transmisión de datos	3	5	3	45
Cápsulas trabadas	3	5	3	45
Falta de programa de mantenimiento rutinario	3	5	3	45
Muestras huecas.	3	5	3	45
Muestras escoriadas.	3	5	3	45
Muestras con rebabas.	3	5	3	45
Muestras porosas.	3	5	3	45
Distribución de equipos distanciados.	3	3	3	27
Errores en la digitación al registrar datos.	3	3	3	27
Lija desgastada	3	3	3	27
Piedra abrasiva desgastada	3	3	3	27
Falla en el sistema neumático.	3	3	3	27
Falta de fluido de refrigeración equipo harmman.	3	1	3	9
Distribución de personal por turnos insuficiente.	3	1	3	9

Fuente: Herramientas de calidad de la empresa siderúrgica.

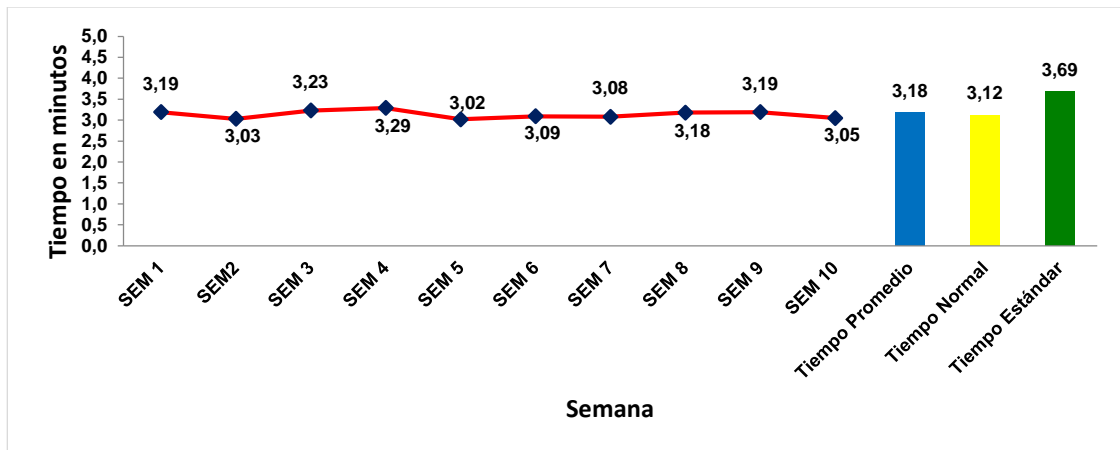


Figura 2. Tiempo del proceso de análisis químico de aceros (Actual).

Fuente: Registro de tiempos del laboratorio químico.

En la Figura 2, se muestra el tiempo estándar del proceso de análisis químico de aceros por espectrometría siendo este de 3.68 minutos por muestra analizada, el cual deberá ser mejorado ya que actualmente se requiere que el reporte de resultados sea en el menor tiempo posible.

Para el cálculo del tiempo estándar se realizaron los siguientes pasos:

1° Se determinó la desviación estándar (S):

$$S = \sqrt{\frac{\sum(\bar{x} - x_i)^2}{n - 1}}$$

$$S = 0.16$$

2° Se calculó el número de observaciones necesarias (n):

$$n = \left[\frac{Z * S}{h * \bar{x}} \right]^2$$

Dónde:

h= Nivel de significancia (0.05)

Z= Nivel de confianza deseado (95% = 1.96)

S= Desviación estándar (0.16)

x= Tiempo promedio (3.18).

Efectuando la operación obtenemos n= 4. Esto significa que el número de tiempos del proceso de análisis por espectrometría (ciclos cronometrados) necesarios para obtener la precisión requerida (5%) con el nivel de confianza dado (95%) es 8 tiempos, lo cual indica que el número de observaciones realizadas es suficiente para efectuar el estudio.

3° Se determinó el tiempo normal (TN), con un factor de desempeño de 0.98.

TN= Tiempo promedio * Factor de desempeño

$$TN = 2.17 * 0.98 = 2.13$$

4° Se determinó el tiempo estándar (TS), con un suplemento de 0.18:

TS= TN*(1+suplemento)

$$TS = 2.13*(1+0.18) = 2.51$$

Plan de mejora para minimizar el tiempo en el proceso de ensayo del laboratorio químico: el plan de mejora (Tablas 8, 9 y 10) se realizó siguiendo los lineamientos establecidos en el capítulo 5 de la norma ISO/IEC 17025, para ello se tuvo como primer objetivo realizar el diagnóstico de la situación actual del laboratorio químico, el cual permitió identificar y analizar el problema y con ello establecer y llevar a cabo planes de acción para la mejora del proceso de ensayo, lo cual permitió eliminar las repeticiones en las operaciones producto de las imperfecciones de las muestras, se eliminó también el tiempo de espera por transmisión de datos. Los resultados se muestran a continuación.

Tabla 8. Acciones propuestas en base a los resultados de la verificación documental.

Requisito	Descripción del requisito	Oportunidad de mejora	Acción propuesta
5.2	Personal	El laboratorio mantiene actualizado los perfiles de puesto, sin embargo el área no cuenta con histórico en perfiles de puesto.	Conservar en archivos obsoletos las versiones anteriores de la descripción de puestos.
		Reforzar los conocimientos a los técnicos químicos, sobre los métodos de ensayo, equipos, software e incertidumbre.	Programar capacitaciones con una frecuencia definida para los técnicos químicos respecto a los ensayos que se realizan en el laboratorio.
		Los criterios de competencia para autorizar a los ensayistas están basados en un número de horas de teoría y práctica recibida por el ensayista y no en base a los resultados de los ensayos.	Elaborar procedimiento para la evaluación de la competencia técnica.
5.3	Instalaciones y condiciones ambientales	No existe formato de control de condiciones ambientales.	Elaborar el formato para el control de condiciones ambientales.
5.4	Métodos de ensayo, calibración y validación de métodos	El laboratorio químico utiliza versiones actualizadas de métodos de ensayo normalizados ASTM, sin embargo no existe procedimiento estándar para el análisis de acero.	Elaborar el procedimiento para el análisis químico de aceros por espectrometría.
5.5	Equipos	Se evidenció que se está utilizando un instrumento de medición no calibrado y sin identificación. Ej.: Barómetro digital.	Hacer uso de los instrumentos de medición calibrados que se tiene de reserva mientras se reenvía los instrumentos mandados a calibrar.
		Las botoneras del equipo ARL cuentan con identificación borrosa e ilegible.	Realizar la identificación para una mejor visualización de las botoneras y su respectivo uso.
5.6	Trazabilidad de las mediciones	Las calibraciones son realizadas por entidades externas que no cuentan con la acreditación ISO/IEC 17025.	Indicar en la MD que las calibraciones serán realizadas por entidades acreditadas con la norma ISO/IEC 17025.
5.8	Manipulación de los ítems de ensayo	Se cuenta con el registro CAL-R-16 "Registro de trabajo de ensayo no conforme", pero no se tiene un procedimiento en el cual se describa la recepción, transporte, manipulación y almacenamiento de muestras para ensayos.	Considerar el cumplimiento de este ítem en el procedimiento de análisis químico de aceros por espectrometría.
5.9	Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo	El plan de aseguramiento de calidad no se encuentra actualizado, ya que corresponde al 2014	Actualizar el plan de aseguramiento de calidad correspondiente al 2015.
5.10	Informe de los resultados	No existe formato estándar para el informe de ensayos	Elaborar formato para el informe de ensayos.

Fuente: Lista de verificación documental.

Tabla 9. Acciones propuestas en base a los resultados del análisis del proceso de ensayo.

Causas	Acción propuesta	Requisito a cumplir
No existe un procedimiento estándar del proceso de análisis de muestras de acero.	Elaborar procedimiento para el análisis químico de aceros por espectrometría.	5.4 Métodos de ensayo y 5.8 Manipulación de los ítems de ensayo
Falta uniformidad de criterio del analista en la inspección de muestras.	Establecer un estándar para la inspección de muestras, el cual deberá ser considerado dentro del procedimiento.	
Falta uniformidad en la toma de muestras de acero preliminares por parte del personal de acería.	Sensibilizar al personal de acería en la importancia del muestreo para un reporte de resultados confiable y en menor tiempo.	5.2 Personal
Demora de transmisión de datos	Coordinar con sistemas el porqué de la demora de transmisión de datos a la PC principal y solucionar el problema.	5.10 Informe de resultados
Cápsulas trabadas	Eliminar escorias y otras partículas ajenas a la muestra a la hora de colocarlo en la cápsula para su envío vía ducto neumático al Laboratorio químico para su respectivo análisis.	
	Sensibilizar a las partes involucradas en la manipulación de las cápsulas para evitar golpearlo.	5.5 Equipos
Falta de programa de mantenimiento rutinario	Destinar a una de las áreas involucradas el mantenimiento rutinario de las cápsulas para evitar esta demora al abrir la cápsula.	
	Capacitar a personal de acería para el muestreo, evitando incrustaciones, porosidades u otras irregularidades en la muestra.	5.2 Personal
Muestras huecas, porosas, escoriadas, con rebaba	Gestionar con proveedor para el cambio de muestreadores, donde esto permitirá que la muestra sea más compacta y evite irregularidades en las muestras.	5.5 Equipos
Distribución de equipos distanciados.	Reubicación de la rectificadora Harmmann al costado de la zona de enfriamiento.	5.3 Instalaciones
Errores en la digitación al registrar datos.	Sensibilizar a los analistas en la importancia de la calidad de los resultados para nuestros clientes de acería.	5.2 Personal
Lija desgastada	Revisar el estado de las lijas al momento de empezar el turno.	
Piedra abrasiva desgastada	Revisar el estado de la piedra abrasiva al momento de empezar el turno.	5.5 Equipos
Falla del sistema neumático		
Falta de fluido de refrigeración equipo harman	Programar el mantenimiento de los equipos.	
Distribución de personal por turnos insuficiente	Elaborar programación de turnos en base a las necesidades de trabajo.	5.2 Personal

Fuente: Matriz GUT.

Tabla 10. Plan de acción para minimizar el tiempo en el proceso de ensayo

Ítem	Qué	Cuándo		Quién	Estatus
		Inicio	Fin		
1	Conservar en archivos obsoletos las versiones anteriores de la descripción de puestos.	12/05/2015	11/06/2015	Personal de laboratorio	Realizado
2	Programar capacitaciones con una frecuencia definida para los técnicos químicos respecto a los ensayos que se realizan en el laboratorio.	12/05/2015	11/06/2015	Facilitador de laboratorio	Realizado
3	Elaborar procedimiento para la evaluación de la competencia técnica.	12/05/2015	11/06/2015	Facilitador de laboratorio	Realizado
4	Elaborar el formato para el control de condiciones ambientales.	12/05/2015	11/06/2015	Personal de laboratorio	Realizado
5	Elaborar el procedimiento para el análisis químico de aceros por espectrometría.	12/05/2015	11/06/2015	Personal de laboratorio	Realizado
6	Hacer uso de los instrumentos de medición calibrados que se tiene de reserva mientras reenvía los instrumentos mandados a calibrar.	12/05/2015	11/06/2015	Personal de laboratorio	Realizado
7	Realizar la identificación para una mejor visualización de las botoneras y su respectivo uso.	12/05/2015	11/06/2015	Personal de laboratorio	Realizado
8	Indicar en la MD que las calibraciones serán realizadas por entidades acreditadas con la norma ISO/IEC 17025.	12/05/2015	11/06/2015	Personal de suministros	Realizado
9	Considerar el cumplimiento de este ítem en el procedimiento de análisis químico de aceros por espectrometría.	12/05/2015	11/06/2015	Personal de laboratorio	Realizado
10	Actualizar el plan de aseguramiento de calidad correspondiente al 2015.	12/05/2015	11/06/2015	Facilitador de laboratorio	Realizado
11	Elaborar formato para el informe de ensayos.	12/05/2015	11/06/2015	Personal de laboratorio	Realizado
12	Establecer un estándar para la inspección de muestras, el cual deberá ser considerado dentro del procedimiento.	12/05/2015	11/06/2015	Personal de laboratorio	Realizado
13	Sensibilizar al personal de acería en la importancia del muestreo para un reporte de resultados confiable y en menor tiempo.	12/05/2015	11/06/2015	Facilitador de laboratorio	Realizado
14	Coordinar con sistemas el porqué de la demora de transmisión de datos a la PC principal y solucionar el problema.	12/05/2015	11/06/2015	Facilitador de laboratorio	Realizado
15	Eliminar escorias y otras partículas ajenas a las muestra a la hora de colocarlo en la cápsula para su envío vía ducto neumático al Laboratorio químico para su respectivo análisis.	12/05/2015		Personal de acería	Realizado
16	Sensibilizar a las partes involucradas en la manipulación de las cápsulas para evitar golpearlo.	12/05/2015	11/06/2015	Facilitador de laboratorio	Realizado
17	Destinar a una de las áreas involucradas el mantenimiento rutinario de las cápsulas para evitar esta demora al abrir la cápsula.	12/05/2015	11/06/2015	Facilitador de laboratorio	Realizado
18	Capacitar a personal de acería para el muestreo, evitando	12/05/2015	11/06/2015	Facilitador de laboratorio	Realizado

	incrustaciones, porosidades u otras irregularidades en la muestra.				
19	Gestionar con proveedor para el cambio de muestreadores, donde esto permitirá que la muestra sea más compacta y evite irregularidades en las muestras.	12/05/2015	11/06/2015	Facilitador de acería	Realizado
20	Reubicación de la rectificadora Harmmann al costado de la zona de enfriamiento.	12/05/2015	11/06/2015	Personal de laboratorio	Realizado
21	Sensibilizar a los analistas en la importancia de la calidad de los resultados para nuestros clientes de acería.	12/05/2015	11/06/2015	Personal de laboratorio	Realizado
22	Revisar el estado de las lijas al momento de empezar el turno.	12/05/2015		Personal de laboratorio	Realizado
23	Revisar el estado de la piedra abrasiva al momento de empezar el turno.	12/05/2015		Personal de laboratorio	Realizado
24	Programar y realizar el mantenimiento de los equipos.	12/05/2015	11/08/2015	Personal de mantenimiento	Realizado
25	Elaborar programación de turnos en base a las necesidades de trabajo.	12/05/2015	11/06/2015	Facilitador de laboratorio	Realizado

Fuente: Lista de verificación documentaria y matriz GUT.

Las mejoras fueron difundidas a todo el personal involucrado mediante charlas de sensibilización y cursos taller, lográndose implementar las acciones propuestas y llevando a la práctica lo establecido en los documentos elaborados.

Tabla 11. Lista de documentos y formatos elaborados.

Ítem	Documento/Formato	Descripción
1	PR-262-010	Procedimiento para la evaluación de la competencia técnica
2	PR-261-009	Procedimiento de análisis químico de aceros por espectrometría de emisión óptica por chispa
3	QUI-R-004	Formato de control de condiciones ambientales
4	CAL-R-010	Formato de informe de ensayos

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. Programa de capacitación.

Ítem	Temas de capacitación	Fecha programada	Horario	Duración (Horas)	Estatus
1	Interpretación de la norma ISO/IEC 17025	27/05/2015	07:30 - 10:30	4	Realizado
2	Proceso y técnicas de muestreo	02/06/2015	15:30 - 18:30	3	Realizado
3	Gestión de reclamaciones	04/06/2015	15:30 - 17:30	2	Realizado
4	Espectrometría	09/06/2015	15:30 - 18:30	3	Realizado
5	Análisis químico de aceros por espectrometría de emisión óptica por chispa (PR-261-009)	11/06/2015	15:30 - 17:30	2	Realizado
6	Control de trabajo de ensayo no conforme (PR-262-006)	17/06/2015	15:30 - 16:30	1	Realizado
7	Mantenimiento autónomo	23/06/2015	15:30 - 18:30	3	Realizado
8	Normas técnicas en productos siderúrgicos	07/07/2015	15:30 - 17:30	2	Realizado

9	Protección de la confidencialidad y los derechos de propiedad del Cliente (PR-262-004)	15/07/2015	15:30 - 16:30	1	Realizado
10	Evaluación de la competencia técnica (PR-262-009)	15/07/2015	16:30 - 17:30	1	Realizado

Fuente: Elaboración propia

Determinación del tiempo estándar después de implementarse el plan de mejora. Después de implementar los planes de acción, poniendo en práctica lo establecido en los documentos elaborados, se determinó el nuevo tiempo estándar, mostrado a continuación, en la Figura 3.

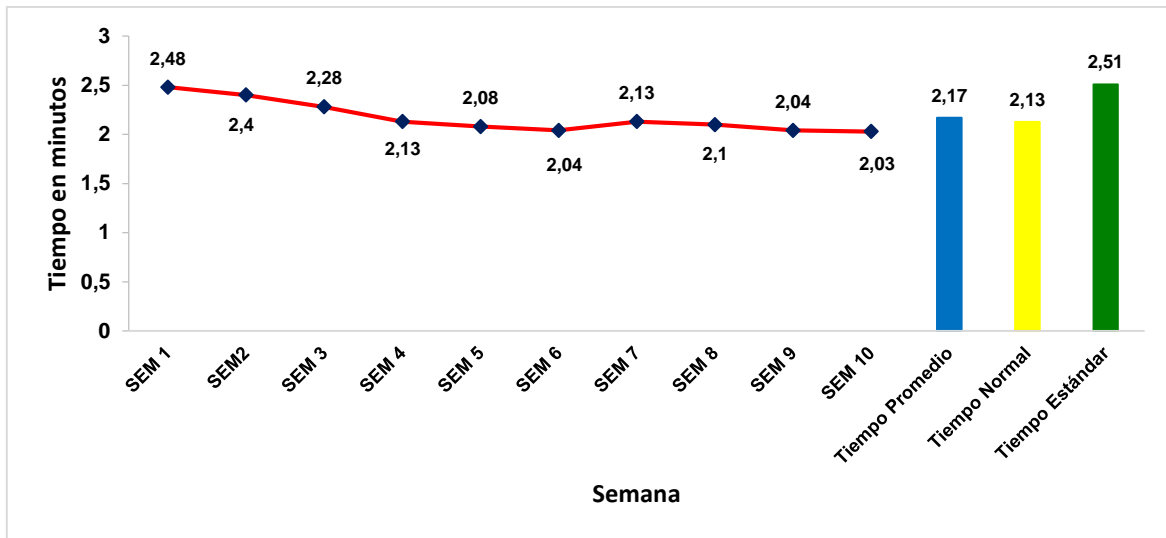


Figura 3. Tiempo del proceso de análisis químico de aceros (Después).

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3, se muestra los tiempos de análisis del proceso después de la mejora, para lo cual se determinó el tiempo normal con un factor de desempeño de 0.98 (factor determinado según el método Westinghouse). El tiempo normal permitió hallar el nuevo tiempo estándar considerando un suplemento de 18%, siendo este de 2.51 minutos por muestra analizada, lo que significa que este nuevo tiempo estándar es menor al establecido inicialmente. El cálculo se realizó en el mismo orden que el establecido para la determinación del tiempo estándar inicial, en este caso se obtuvo un $n=8$ (número de observaciones necesarias).

Efecto de la mejora del sistema de gestión de calidad bajo la norma ISO/IEC 17025 respecto al tiempo del proceso de ensayo del laboratorio de calidad: En la Figura 4 se muestra la comparación entre los tiempos, antes y después de la mejora.

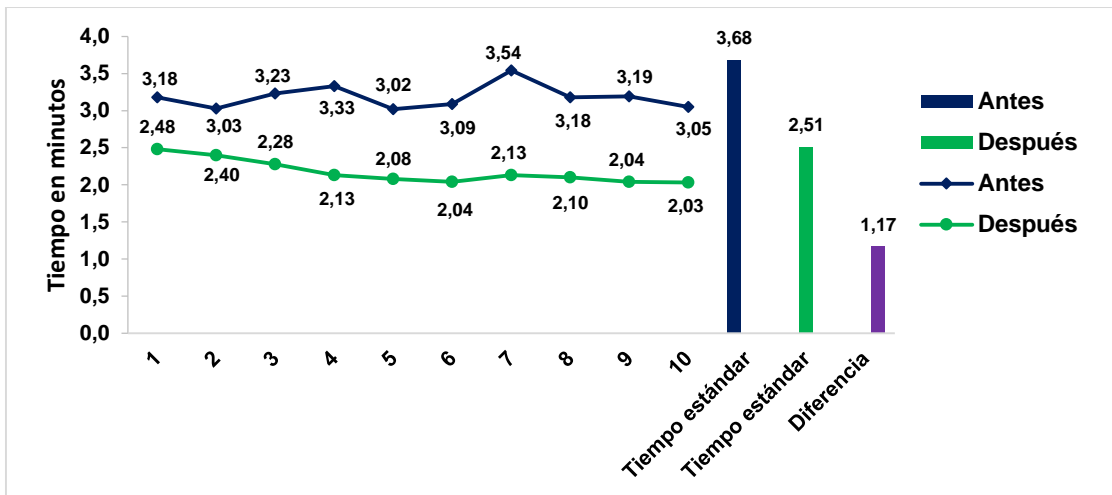


Figura 4. Comparación de tiempos del proceso de análisis químico, antes y después de la mejora.
Fuente: Registro de tiempos del laboratorio químico.

Comparando los resultados obtenidos se observa que existe una diferencia de 1.17 minutos la cual representa una reducción del 32% respecto al tiempo estándar calculado antes de la mejora.

La determinación el efecto de la mejora, se realizó mediante el contraste de hipótesis, teniendo como objetivo rechazar la hipótesis nula (H_0) lo que permitió dar por válida la hipótesis de investigación (H_i), el desarrollo se muestra a continuación:

Tabla 13. Prueba de hipótesis relativa a 2 medias poblacionales - muestras pareadas.

Tiempos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio	S
Antes	3.18	3.03	3.23	3.33	3.02	3.09	3.54	3.18	3.19	3.05	3.18	0.16
Después	2.48	2.40	2.28	2.13	2.08	2.04	2.13	2.10	2.04	2.03	2.17	0.16
Diferencia	0.70	0.63	0.95	1.20	0.94	1.05	1.41	1.08	1.15	1.02	1.01	0.23

Fuente: Registro de tiempos del laboratorio químico.

Para contrastar la hipótesis, se utilizó la prueba T de Student para muestras pareadas, mediante el método de la región crítica, donde:

1° Se realizó la formulación de la hipótesis: $H_0: \mu_A - \mu_D = 0$ $H_i: \mu_A - \mu_D > 0$

2° Se halló el valor t, de acuerdo a la tabla de distribución T de Student considerando un nivel de significancia de 0.05 y 9 grados de libertad, donde: $t = 1.833$

3° Se estableció la regla de decisión, donde: Si $P \leq 1.833$ no se rechaza la H_0 , Si $P > 1.833$ se rechaza la H_0

4° Calculamos el parámetro de prueba, de acuerdo a la siguiente formula: $P = \frac{d-D}{S/\sqrt{n}}$

Dónde:

P (Parámetro de prueba),

d (Promedio de las diferencias entre los tiempos): 1.01,

D (Promedio de las diferencias entre tiempos considerando la hipótesis nula): 0,

S (Desviación estándar de las diferencias entre los tiempos): 0.23 y

n (Número de observaciones): 10

Realizada la operación obtenemos como resultado $P=14$. Como 14 es mayor que 1.833 se rechaza la hipótesis nula (H_0), determinándose con un nivel de significancia de 0.05 que los datos indican que la mejora del sistema de gestión de calidad bajo la norma ISO/IEC 17025 minimiza significativamente el tiempo de análisis por muestra de acero.

Discusión

Se diagnosticó el estado de la situación actual del laboratorio químico, partiendo de la observación directa y la información proporcionada por la gerencia de calidad, evaluándose las 10 secciones del capítulo 5 (requisitos técnicos) de la norma ISO/IEC 17025, el cual fue analizado a través del cuestionario de diagnóstico previo, determinándose el porcentaje de cumplimiento general del laboratorio químico siendo este de 64.6%, lo que significó la existencia de aspectos que se debían mejorar para que el laboratorio se encuentre totalmente alineado a los requisitos técnicos de la norma. Fontalvo (2010), señala que es de vital importancia que se pueda conocer la situación de la empresa actual, con el fin de poder desarrollar procesos de mejoramiento, pues lo que no se conoce no se puede mejorar, razón por la cual, cobra vital importancia poder hacer un diagnóstico del sistema de gestión de calidad actual lo cual permitirá determinar el plan de acción a desarrollar para el mejoramiento de los procesos, lo que facilitará la implementación del sistema de gestión de la calidad. Lo mencionado anteriormente se ve respaldado por en el estudio realizado por Capera y Col. (2013) teniendo un enfoque de investigación cuantitativo, el cual les permitió identificar y calcular el porcentaje de cumplimiento de la norma ISO/IEC 17025 en el laboratorio de suelos y pavimentos, con base a la información recolectada y analizada a través del cuestionario de diagnóstico previo, obteniendo como resultado un 46%, cumpliendo en parte con el sistema global, pero con deficiencias en cuanto a la documentación, las cuales debían ser solucionadas para que el sistema sea eficaz. El resultado obtenido no es el mismo que el del presente estudio, sin embargo en ambos estudios se hizo uso de un cuestionario de diagnóstico previo con el cual se determinó el porcentaje de cumplimiento.

Se determinó el tiempo estándar inicial del proceso de ensayo, siendo este de 3.68 minutos por muestra analizada. El estudio de tiempos se realizó mediante el método del cronómetro haciendo tomas de la operación completa, para lo cual se consideró un factor de desempeño de 0.98 (factor determinado según el método Westinghouse), y un suplemento de 18%. Para el estudio de tiempos se pueden emplear ciertos métodos, siendo el método del cronómetro el más utilizado, debido a su relativa simplicidad, exactitud y no requiere de personal altamente especializado para su aplicación, el cual consiste en la utilización de un cronómetro, de preferencia centesimal, para medir el tiempo de las operaciones, haciendo tomas de la operación completa o descomponiendo la operación en tareas, permitiendo el cálculo del tiempo estándar (tiempo requerido para terminar una unidad de trabajo, mediante el empleo de un método y equipo estándar, por un trabajador que posee la habilidad requerida, que desarrolla una velocidad normal que pueda mantener día tras día, sin mostrar síntomas de fatiga). La manera en que se consideró la toma de tiempos en el presente estudio difiere del estudio realizado por Ramírez (2012) determinó el tiempo estándar utilizando el método del cronómetro, sin embargo las tomas de tiempo los realizó descomponiendo las operaciones en tareas. Para cada tarea calculó el factor de desempeño mediante el método Westinghouse, así como el porcentaje de tolerancias (suplementos), obteniendo un tiempo estándar para cada tarea.

Se elaboró el plan de mejora para minimizar el tiempo del proceso de ensayo del laboratorio químico considerando los lineamientos establecidos en el capítulo 5 de la norma ISO/IEC

17025. Para ello se tuvo como primer objetivo realizar el diagnóstico de la situación actual del laboratorio químico, el cual permitió identificar y analizar el problema y con ello establecer y llevar a cabo planes de acción para la mejora del proceso de ensayo, dentro de ellos se elaboró el procedimiento para el análisis químico de aceros por espectrometría PR-261-009, se realizó capacitación, entrenamiento y sensibilización a todo el personal involucrado logrando implementar los planes de acción y llevando a la práctica lo establecido en los documentos elaborados, lo cual permitió eliminar las repeticiones en las operaciones producto de las imperfecciones de las muestras, se eliminó también el tiempo de espera por transmisión de datos. La norma ISO 9000 indica que para conducir y operar una organización en forma exitosa se requiere que esta se dirija y controle en forma sistemática y transparente. Se puede lograr el éxito implementando y manteniendo un sistema de gestión de calidad que este diseñado para mejorar continuamente su desempeño mediante la consideración de las necesidades de todas las partes interesadas. Sánchez (2013) señala que las empresas necesitan detectar con mayor rapidez y con la máxima precisión cuáles son sus oportunidades de mejora en su gestión, que existen muchos factores para lograr el éxito y la excelencia en el negocio, que requieren permanente seguimiento como: conocer los problemas, plantear mejoras y poder lograr los resultados. Acuña (2010), en el laboratorio de ensayo de hidrocarburos el cual le permita emitir resultados confiables y en menor tiempo, para ello elaboró un plan de trabajo que abarcó desde la elaboración documentaria, la difusión al personal de los procedimientos e instructivos elaborados y la evaluación del avance de la implantación de las actividades establecidas.

Se determinó el nuevo tiempo estándar después de implementarse la propuesta de mejora, siendo este de 2.51 minutos por muestra analizada, el cual se realizó mediante el método del cronómetro haciendo tomas de la operación completa, considerando un factor de desempeño de 0.98, y un suplemento de 18%. La manera en que se consideró la toma de tiempos y la determinación del factor de desempeño del presente estudio difiere del estudio realizado por Vivas (2014) quien determinó el nuevo tiempo estándar, con el proceso de elaboración de espumas ya mejorado, utilizando el método del cronómetro, sin embargo las tomas de tiempo los realizó descomponiendo las tareas en elementos, considerando un factor de desempeño de 0.90 (factor determinado utilizando la norma Británica) y un suplemento de 13.9% obteniendo un tiempo estándar de 20.65 minutos para la elaboración de una espuma de poliuretano.

En esta investigación se deseaba determinar el efecto de la mejora del sistema de gestión de calidad bajo la norma ISO/IEC 17025 respecto al tiempo del proceso de ensayo del laboratorio de calidad en una empresa siderúrgica, para ello se comparó los resultados obtenidos de la medición del tiempo estándar antes y después de la mejora determinándose una diferencia de 1.17 minutos el cual representó una reducción del 32%.

Conclusiones

Para el diagnóstico de la situación actual del laboratorio químico, se utilizó el cuestionario de diagnóstico previo evaluándose las 10 secciones del capítulo 5 (requisitos técnicos) de la norma ISO/IEC 17025, permitió determinar el porcentaje de cumplimiento general del laboratorio siendo este de 64.6%.

El tiempo estándar inicial del proceso de ensayo del laboratorio químico (análisis químico de aceros por espectrometría), el cual se determinó mediante el método del cronómetro, es de 3.68 minutos por muestra.

La implementación del plan de mejora elaborado para minimizar el tiempo del proceso de ensayo del laboratorio químico considerando los lineamientos de la norma ISO/IEC 17025, permitió eliminar las causas de la demora en el reporte de resultados, mejorando el proceso y minimizando el tiempo del mismo.

El nuevo tiempo estándar del proceso de ensayo del laboratorio químico (análisis químico de aceros por espectrometría), después de implementado la mejora, es de 2.51 minutos por muestra, lo que significa que este nuevo tiempo estándar es menor al establecido inicialmente.

El tiempo en el proceso de ensayo del laboratorio de calidad de la empresa siderúrgica con la mejora del sistema de calidad bajo la norma ISO/IEC 17025 se redujo en un 32%. El cual se demostró mediante el contraste de hipótesis, permitiendo concluir que la mejora del sistema de gestión de calidad bajo la norma ISO/IEC 17025 minimiza significativamente el tiempo del proceso de ensayo del laboratorio de calidad en la empresa siderúrgica.

Referencias bibliográficas

- Acuña, R. A. (2005). *Optimización del proceso de ensayo en el laboratorio de operaciones Conchán con la implementación del sistema de gestión de la calidad – norma ISO/IEC 17025*. Recuperado de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/972/acuna_mr_pdf.
- American Society of Testing Materials-ASTM E415-17(2017). *Análisis químico por espectrometría de emisión al vacío de aceros al carbono y de baja aleación*.
- Beltrán, J. M. (2010). *Indicadores de Gestión*. 3R-Editores, Recuperado de http://www.infoservi.com/infoservi/pdf/Indicadores_De_Gestion.pdf
- Cuatrecasas, L. (2012). *Gestión de la calidad total*. España: Ediciones Díaz de Santos.
- Empresa Siderúrgica del Perú S.A.A. 2015. *Competencia del sector*. 2015.
- Empresa Siderúrgica del Perú S.A.A. 2013. *Conceptos básicos de calidad*. 2013.
- Empresa Siderúrgica del Perú S.A.A. 2012. *Optimización de procesos*. 2012.
- Empresa Siderúrgica del Perú S.A.A. 2012. *Proceso de ensayo*. 2012.
- Fontalvo, T. J., Vergara J. C (2010). *La Gestión de la calidad en los servicios ISO 9001:2008*. Universidad de Cartagena.
- International Organization for Standardization- ISO 9000. *Sistema de gestión de la calidad-Fundamentos y vocabulario*. ISO.
- International Organization for Standardization- ISO/IEC 17025 (2005). *Sistema de gestión para los laboratorios de ensayo y/o calibración*. ISO
- Laboratorio Mercantil, SAC. *Implementación del sistema de calidad bajo la norma ISO 17025*. [En línea] [Citado el: 26 de Abril de 2015.] www.mercantillab.com.pe.
- Meyers, F. (2000). *Estudios de métodos y tiempos para la manufactura*. Madrid: Pearson Educación.
- Ministerio de planificación y política económica. 2009. *Guía para la elaboración de diagramas de flujo*.
- Niebel, B. (2009). *Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México D.F.: McGraw-Hill.
- QS-QUALISYS S.A.C. (2012). *Interpretación de la norma ISO/IEC 17025*. Recuperado de <https://www.isotools.org/2016/04/08/como-interpretar-la-norma-iso-iec-17025/>
- Ramírez, M. (2012). *Propuesta de mejora de métodos de trabajo*. Trujillo.
- Sánchez D., M. (2013). *Indicadores: Seguimiento de la gestión en la empresa*. Recuperado de https://www.aec.es/c/document_library/get_file?uuid=6680d3c1-4aeb-4f58-b787-8d2562cd9399&groupId=10128

Tarí J. J. (2010). *Calidad total fuente de ventaja competitiva*. Publicaciones Universidad de Alicante.

Vivas D. A. (2014). *Mejoramiento de procesos de producción de la empresa industria de espumas y sillines de Colombia S.A.U utilizando la técnica del estudio del trabajo*. Universidad Autónoma de Occidente. Santiago de Cali.