



FACULTAD DE POSGRADOS

PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE PROCURA Y GESTION DE
MATERIALES DEL CONSORCIO NOS, EMPLEANDO LA METODOLOGÍA
SIX SIGMA

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos
para optar por el título de Magister en Dirección de Operaciones y Seguridad
Industrial

Autor

Edison Giovanni Carrillo Flores

Año

2021

RESUMEN EJECUTIVO

Este estudio tiene como propósito, plantear una propuesta de mejora al proceso de procura y gestión de materiales, para los servicios de construcción de facilidades de superficie que lleva a cabo el Consorcio NOS, en las plataformas de producción del bloque 85 operado por Petroamazonas EP.

La oportunidad de mejora se origina, por cuanto se observa un incremento de tiempos en el proceso de gestión de procura, detectado conforme al avance del proyecto. Este incremento de tiempo, se estima está alrededor del 20% sobre el promedio planificado, siendo las actividades de seguimiento, control y cierre del proceso de procura, las que mayor variación presentan.

Para el planteamiento de mejora del proceso, se considera ciertas características contractuales de la prestación del servicio, que obliga a que, empresas contratistas, subcontratistas y clientes, tengan que gestionar sus actividades bajo determinados lineamientos administrativos, operativos y de inversión, propios de la modalidad contractual. Lo cual se traduce en actividades del proceso con mucha variación.

Para diagnosticar el estado del proceso, se realizó su evaluación mediante la aplicación de la metodología Six Sigma y sus herramientas del ciclo DMAIC. Para esto, primeramente, se efectuó el levantamiento del proceso macro y los subprocesos que integran a las distintas actividades y actores del proceso, con el objeto de identificar aquellas que merman o afectan al rendimiento del proceso.

Siguiendo la metodología Six Sigma del ciclo DMAIC, se definió el marco del proyecto para desarrollar el planteamiento de mejora, se realizó la prueba de normalidad del ciclo clave del proceso, se estableció el nivel de calidad que el proceso presenta y se determinó las principales causas raíz de las variaciones que presenta el proceso de procura y gestión de materiales del Consorcio NOS.

Con la aplicación de la metodología Six Sigma del ciclo DMAIC, se pretende reducir los desperdicios que presenta el proceso, identificando principalmente actividades de “fábrica oculta” (tiempos no productivos, tiempos ocultos), con el objeto de conseguir mejoras en los tiempos productivos y resultados satisfactorios en la gestión administrativa que demanda el proceso de compras. Como resultado consecuente de la metodología aplicada, se concluye que el proceso es perfectible, puede ser medido y controlado mediante el uso de la metodología y herramientas Six Sigma.

El planteamiento de mejora del proceso de Procura y Gestión de Materiales, está apalancado en los roles asignados a los involucrados en la gestión de compras, mediante esquemas de gestión de la calidad, con el fin de mejorar el flujo de las distintas actividades del proceso, en base a los procedimientos establecidos por contrato y conforme a los procedimientos internos requeridos en la gestión de compras.

Un objetivo importante de este planteamiento, es lograr un manejo eficiente y oportuno de la información (documentación, reportes) que se recibe, se genera o se entrega en las distintas fases del proceso de compras, así como, el de mantener y controlar el mismo con metodologías de calidad, que permitan cumplir en tiempo y forma con la planificación operativa del proyecto.

Finalmente, este planteamiento de mejora al proceso de Procura y Gestión de Materiales, pretende optimizar los tiempos de entrega recepción en el sitio de obra; mejorar los tiempos de entrega recepción documental, y como efecto, mejorar los tiempos del retorno de la inversión, cumpliendo con los objetivos de calidad que demanda el proceso y la satisfacción del cliente, propósito esencial de los proyectos Six Sigma.

ABSTRACT

The purpose of this work is to present an improvement proposal for the Materials Procurement and Management Process on the construction services of surface facilities carried out by the NOS Consortium, in the production pads of 85 Block operated by Petroamazonas EP.

The opportunity for improvement arises due to the detection of a time increase in the procurement management process during the development of the project. It is estimated that there is an increase of 20% of the time, compared to what was initially planned, during the executions of activities that present the greatest variations, which include follow up, control and closure of the procurement process.

For the process improvement approach, certain contractual terms for the provision of the service must be considered. These terms must be followed by contractor companies, subcontractors and clients in order to manage their activities under certain administrative, operational and investment guidelines, based on the contracting model. This implies that the activities of the process have a lot of variations and, in statistical terms, they do not keep a form of a normal distribution.

To determine the status of the process, an evaluation applying the Six Sigma methodology and its DMAIC cycle tools was executed. In first place, the macro process and the sub-processes that integrate different activities and stakeholders were created in order to identify those that affect the performance of the process.

Following the Six Sigma methodology of the DMAIC cycle, the framework of the improvement approach was defined, the normality test of the key cycle of the process was carried out, the quality level presented by the process of Procurement and Management of Materials of the NOS Consortium was established and the main root causes of the variations were determined.

With the application of the Six Sigma methodology of the DMAIC cycle, the objective is to reduce the waste obtained in the process, mainly identifying “hidden factory” activities (non-productive times, hidden times) in order to achieve improvements in the productive times and satisfactory results in the administrative management demanded by the purchasing process. As conclusion of the applied methodology, the process could be

improved and can be measured and controlled through the use of Six Sigma methodology and tools.

The approach to improve the Procurement and Materials Management process is leveraged on the roles assigned to the Purchasing Department through quality management schemes in order to improve the activity flow according to the procedures established by contract and to the internal procedures required in the purchasing process.

One of the important objectives of this approach is to achieve an efficient and timely management of the information that is received, generated or delivered in the different phases of the process. Similarly, it is important to maintain and control the process with quality methodologies that allow compliance with the project's operational planning in a timely manner.

Finally, this approach to improve the Procurement and Materials Management process aims to optimize delivery-reception times of materials at site, improve delivery and receipt times of documents and, as a result, improve in time-to-revenue; meeting the quality objectives demanded by the process for customer satisfaction, an essential purpose of the Six Sigma methodology.

The improvement plan of the Procurement Process and Materials Management is leveraged on the roles assigned to the purchasing area, through an Operations Management and Quality Management scheme, which facilitate that previously established procedures can be optimized, maintaining the dynamic flow that these activities require. Consequently, an effective management of the information and an efficient control of the inputs and outputs of the process are achieved.

Finally, this approach to improve Procurement Process and Materials Management aims to optimize delivery-reception times while submitting documentation and at the worksite. Therefore, the return on investment times can be improved by complying in a timely manner the quality objectives of the Procurement Process and Materials Management and achieving customer satisfaction, which plays a vital role within any business and a essential purpose behind this improvement plan.

Contenido

1. CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	1
1.1.1. Descripción del Consorcio NOS	1
1.1.2. Esquema contractual del servicio de procura	2
1.2. Identificación del objeto de estudio	3
1.3. Planteamiento del problema	3
1.4. Objetivos de la investigación	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. Hipótesis	5
1.6. Justificación	5
1.7. Alcance	6
2. CAPÍTULO II MARCO REFERENCIAL	7
2.1. Gestión por procesos	7
2.1.1. Definiciones esenciales de procesos	7
2.1.2. Identificación de los procesos	10
2.2. Six Sigma	12
2.2.1. Historia de Six Sigma	13
2.2.2. Definiciones de Six Sigma	14
2.2.3. Calidad	16
2.2.4. Hidden factory	16
2.2.5. Pasos	16
2.2.6. Defecto	17
2.2.7. Tipos de variación	17
2.2.8. Estandarización	18
2.2.9. Estadística en Six sigma	18
2.2.10. Histograma	18
2.2.11. Medidas de tendencia central	18
2.2.12. Medidas de dispersión	18
2.2.13. La calidad Six Sigma	19
2.3. Proceso DMAIC	22
2.3.1. Definir	23
2.3.2. Medir	23
2.3.3. Analizar	25

2.3.4.	Mejorar	25
2.3.5.	Controlar.....	26
3.	CAPÍTULO III ESTRUCTURA DEL PROCESO DE PROCURA	27
3.1.	Enfoque.....	27
3.2.	Generalidades del proceso	28
3.3.	Filosofía de la procura	28
3.4.	Actividades de la gestión de procura	28
3.5.	Actividades de seguimiento	29
3.6.	Responsabilidades.....	29
3.7.	Niveles de frecuencia y seguimiento	30
3.8.	Inspección de materiales	30
4.	CAPÍTULO IV EVALUACIÓN DEL PROCESO DE PROCURA.....	31
4.1.	Enfoque.....	31
4.2.	Aplicación de la metodología Six Sigma.....	31
4.2.1.	Ciclo DMAIC – Definición	31
4.2.2.	Ciclo DMAIC – Medición.....	35
4.2.3.	Ciclo DMAIC – Analizar	43
5.	CAPÍTULO V PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO	46
5.1.	Ciclo DMAIC – Mejora.....	46
5.1.1.	Planteamiento de mejora del proceso	46
5.1.2.	Organigrama funcional del personal involucrado en el proceso	46
5.1.3.	Descripción del Flujo clave del proceso de procura.....	47
5.1.4.	Flujo clave optimizado planteado para la mejora proceso de procura	48
5.1.5.	Ejercicio comparativo de tiempos reales y propuestos del proceso	50
6.	CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57

1. CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

La procura y gestión de materiales, cumple un rol preponderante en las diferentes fases de los proyectos de Ingeniería, Adquisición, Construcción y Montaje industriales, de ahí que su manejo y gestión va más allá del enfoque per se en que se desarrollan estas actividades.

Un enfoque objetivo de lo que la actividad de compras engloba, lo señala Coral (2014) “La importancia de la actividad de compras, radica en su vitalidad para el éxito de las empresas, ya que determina la efectividad de la administración de los bienes adquiridos. Las compras bien planeadas deben de redituarse a la empresa ahorros en efectivo, en su liquidez, y en la fluidez del capital. Bajo un sistema organizado, las compras le representan a la empresa una buena administración, negociando plazos de pago, descuentos, oportunidad de uso y otros beneficios” (p. 5).

Un sistema organizado de compras comprende, actividades, tareas, procedimientos, y mecanismos, que requieren se gestionen y se ejecuten de forma concatenada y dentro de los tiempos requeridos.

1.1. Antecedentes

1.1.1. Descripción del Consorcio NOS

El Consorcio NOS, se encuentra constituido por asociación comercial de dos grupos empresariales líderes en sector industrial del país, a través de la conformación de un Consorcio de Operaciones, para brindar los servicios de construcción de facilidades de superficie en las plataformas de producción de los campos NSN y UYC del bloque 85, en el Oriente ecuatoriano, para el período contractual 2019-2024. El esquema contractual del servicio, incluye la compra y gestión de materiales bajo la modalidad de costo sin porcentaje, es decir, los gastos por compras y entrega de materiales en sitio, los cancela el cliente vía reembolsos, sin ningún porcentaje de recargo por la gestión administrativa, ni porcentaje de ganancia por la gestión de compra.

El Consorcio NOS, brinda los servicios de construcción de plataformas multipozos (obras civiles), y la construcción y montaje de las facilidades de superficie para la producción de crudo (obras mecánicas, eléctricas y de instrumentación), servicios que incluyen, la procura y gestión de materiales y equipos conforme a diseño de obra aprobado.

La figura operativa del consorcio NOS del proyecto, es de empresa contratista de servicios, interactuando con los frentes de ingeniería, adquisiciones y de gerenciamiento de proyectos.

- El Grupo NO, es una empresa ecuatoriana líder en el mercado de transporte de carga pesada y extra pesada, succión y transporte de fluidos, alquiler de maquinaria de izaje y montajes especiales. Especialistas en ingeniería de transporte y proyectos integrales de logística para los sectores petrolero, minero, energético e industrial. Ha participado en mega proyectos, creando alternativas válidas para movilizar y posicionar equipos de grandes dimensiones y pesos, consolidándose en el mercado nacional e internacional en este rubro (Noroccidental, n.d.).
- El Grupo S, es una empresa ecuatoriana, formada por un conjunto de empresas dedicadas al diseño, construcción, acabado superficial, montaje estructural, montaje electromecánico, obra civil y mantenimiento de infraestructuras para los sectores eléctrico, telecomunicaciones, petróleo y gas e industrial. Su trayectoria en el sector industrial nacional es extensa, y ha sido parte de la ejecución de grandes proyectos desarrollados en el Ecuador. Cuenta con una nómina de más de 800 empleados especializados para las distintas áreas de servicio. Acorde con su Política de Calidad y Política integrada de Gestión, desarrolla sus procesos de construcción y servicios, bajo estrictas normas y estándares de calidad reconocidos a nivel internacional y nacional. Cuenta con certificación ISO 9001-2015, que es el estándar internacional de carácter certificable que regula los Sistemas de Gestión de la Calidad; La certificación ASME, que respalda el trabajo conforme a las reglas de diseño, fabricación e inspección de ASME; y sellos INEN de cumplimiento con la norma técnica (SEDEMI G. , n.d.).

1.1.2. Esquema contractual del servicio de procura

Las actuales condiciones de mercado y económicas mundiales para el sector petrolero, y en particular para Ecuador, han incidido para que esquemas de contratación petrolera que regularmente se venían aplicando, cambien o migren a nuevos modelos. Es así que, del modelo de contratación de participación, se ha pasado al modelo de contratación por Servicios Específicos con financiamiento de inversión por parte del contratista, dando lugar a que grupos empresariales locales e internacionales del sector, se asocien bajo la figura de Consorcios de Operación, y tomen a cargo el gerenciamiento y ejecución de los

distintos proyectos que involucran principalmente a la exploración, desarrollo y producción de crudo, en los distintos campos o áreas petroleras en el oriente ecuatoriano.

“Petroamazonas EP, dentro de su portafolio de desarrollo de la producción petrolera del país, suscribió varios contratos bajo la modalidad de Servicios Específicos Integrados con financiamiento a través del proceso de licitación Oil & Gas 2018, promoviendo de esta forma la inversión local e internacional en este sector de la industria” (Petroamazonas EP, s.f.).

El Consorcio Operador que se adjudicó el contrato para desarrollar de los campos NSN y UYC, es el responsable de la ejecución de las operaciones de perforación, intervención, reactivación y completación de pozos, así como, de la construcción y ampliación de facilidades de superficie, por lo tanto, es el encargado de contratar los servicios y de adquirir los materiales y equipos necesarios para la construcción y montaje de la infraestructura de producción.

De esta forma, el Consorcio NOS mediante contratación con el Consorcio Operador de los campos mencionados, presta sus servicios para la construcción y montaje de infraestructuras industriales, en la modalidad de Servicios Específicos con financiamiento, que incluye la gestión de procura de materiales, bajo órdenes de requerimiento aprobadas por el cliente.

1.2. Identificación del objeto de estudio

Conforme al avance del proyecto se han ido presentando inconvenientes con el incremento de los tiempos que toma realizar el seguimiento y control de los requerimientos y órdenes de compra, lo que conlleva a que el proceso de procura y gestión de materiales experimente variaciones con respecto a la planificación establecida. Por lo que se hace necesario evaluar el proceso, afín de determinar cuáles podrían ser las causas que están ocasionando retrasos en el ciclo del proceso y re-trabajos de determinadas actividades del proceso.

1.3. Planteamiento del problema

El proceso de Procura y Gestión de Materiales tiene varios ciclos e hitos que cumplir a partir de la emisión de los requerimientos de materiales (MR), partiendo de una planificación inicial y un control previamente acordado, para las distintas fases de la

construcción y montaje de las instalaciones civiles, mecánicas, eléctricas e instrumentistas del proyecto.

La falta de un proceso estandarizado para la procura y gestión de materiales del Consorcio NOS, hace que se dificulte la interacción oportuna que demanda la gestión técnica y administrativa entre las partes actoras, por lo que, se hace necesario plantear alternativas de mejora, que produzcan mecanismos de comunicación eficientes y oportunos.

El disponer oportunamente de un sistema de información-comunicación lo más actualizado posible, facilita la gestión documental del proceso y fomenta una interacción eficaz entre cliente y la empresa contratista de la obra.

En ese sentido, se vuelve imprescindible evaluar el proceso y principalmente las actividades que contemplan los sub-procesos, con la finalidad de identificar cuáles son las causas que hacen que el flujo del proceso varíe de una operación de compra a otra. Los distintos actores que intervienen en el proceso, necesitan entrar en un manejo integral de la gestión de procura, para lograr que el proceso encuentre la forma de mejorar su eficiencia, logrando con ello optimizar tiempos y recursos en las distintas fases del proceso.

1.4. Objetivos de la investigación

Evaluar el proceso de procura y gestión de materiales del Consorcio NOS, mediante la metodología Six Sigma, con el propósito de conocer su estado y establecer en qué nivel de calidad Six Sigma se encuentra. Determinar las causas raíz de la variación del proceso y establecer un planteamiento de mejora que reduzca o elimine o estas variaciones.

1.4.1. Objetivo general

Presentar un planteamiento de mejora al proceso de procura y gestión de materiales del Consorcio NOS, aplicando las herramientas de calidad Six Sigma que corresponden, apoyando los distintos criterios de mejora en los sistemas de gestión de procesos y de gestión de la calidad.

1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar la situación actual del proceso de procura y gestión de materiales del Consorcio NOS.

- Establecer las variaciones del proceso que impactan a los tiempos productivos del proceso.
- Determinar las causas raíz de las variaciones del proceso y evaluarlas con el propósito de reducir o eliminar estas variaciones.
- Definir las posibles alternativas para mejorar el proceso.
- Estimar el ahorro de tiempo y costes en función del planteamiento de mejora
- Estimar la reducción de los tiempos de entrega-recepción, de materiales
- Plantear mecanismos o procedimientos de gestión que permitan establecer el flujo de información-comunicación entre cliente y contratista de forma oportuna y actualizada.
- La satisfacción del cliente.

1.5. Hipótesis

El identificar y reducir las variaciones que presenta el proceso provocará una disminución de los tiempos no productivos y mejorará la eficiencia del proceso. Se pretende eliminar los sobre tiempos que viene presentando el proceso de la gestión de procura, actualmente estimados en un 20%.

- Los proyectos de calidad Six Sigma, incentivan la mejora continua de los procesos empresariales. Para el Consorcio NOS, el mantener eficiente y bajo control su proceso de procura y gestión de materiales, a más de generar un valor agregado, sin duda aportará a su crecimiento empresarial.
- Para el Consorcio NOS, el contar con la certificación de la norma ISO 9001:2015, que es el estándar internacional que regula los Sistemas de Gestión de la Calidad, facilitará la implantación de herramientas y metodologías para el mejoramiento del proceso de procura y gestión de materiales.

1.6. Justificación

El medir y controlar el proceso, estableciendo métricas de gestión y de consecución de objetivos, enmarcados en la satisfacción del cliente, provocará que el proceso se mantenga eficiente y presto a ser evaluado en el momento que se lo requiera.

1.7. Alcance

Mediante la metodología de calidad Six Sigma, demostrar que es posible evaluar el proceso de procura y gestión de materiales del Consorcio NOS. Demostrar que las variaciones que presenta el proceso, son posible identificarlas y determinar las causas raíces que las provocan. Se espera que el planteamiento de mejora al proceso, provoque mayor eficiencia del proceso.

2. CAPÍTULO II MARCO REFERENCIAL

2.1. Gestión por procesos

Es uno de los 8 principios de la gestión de la calidad, cuyo éxito radica, en que las actividades y los recursos relacionados se manejan de forma eficiente y se gestionan como un proceso. La gestión por procesos, es un enfoque de gestión eficiente.

La gestión de procesos va más allá de un conjunto de actividades, nos ayuda a entender la globalidad de la tarea que desempeñamos, de esta manera, nos daremos cuenta que estamos construyendo una casa, en una visión más amplia que pegando ladrillos (Bravo, 2009).

“Es la llamada “visión de procesos”, saliendo de la absurda y miope orientación a la tarea, donde las personas dicen “no es mi responsabilidad” cuando ellos creen haber hecho bien su tarea, pero el proceso no funcionó” (Bravo, 2009).

2.1.1. Definiciones esenciales de procesos

2.1.1.1. Proceso

- “Considerado como una totalidad que cumple un final completo, una secuencia de principio a fin de un flujo, útil para la organización y que agrega valor para el cliente” (Bravo, 2009).
- “Otra definición, complementaria, viene desde la aplicación del análisis, a través de observar componentes: Complementariamente al concepto anterior, es un conjunto de actividades e interacciones que transforman las entradas en salidas agregando valor a los clientes” (Bravo, 2009)
- Hammer también aporta una definición parecida (2006, p. 68): “Un proceso es una serie organizada de actividades relacionadas, que conjuntamente crean un resultado de valor para los clientes”.

Bravo (2009) expresa que: un proceso es un sistema de creación de riqueza que inicia y termina transacciones con los clientes en un determinado período de tiempo. Cada activación del proceso corresponde al procesamiento de una transacción, en forma irreversible, por eso se emplean los conceptos de temporalidad y de <<flecha del

tiempo>>. El período de tiempo es hoy el punto crítico de trabajo para incrementar la productividad” (p. 27).

“El proceso ofrece una visión horizontal de la organización y da respuesta a un ciclo completo, desde cuando se produce el contacto con el cliente hasta cuando el producto o servicio es recibido satisfactoriamente” (Bravo, 2009).

Se dice que los procesos alcanzan a toda la organización y la cruzan horizontalmente, debido a que un proceso puede pasar por muchos cargos. Desde el punto de vista de segmentación, se pueden distinguir los macroprocesos y procesos operativos (Bravo Carrasco, 2009, p. 27)

- Macroproceso: es una estructura de alto nivel. En esta estructura, los procesos se desagregan en otros procesos, es decir, es una estructura de procesos con la característica de recursividad (Bravo, 2009).
- Proceso operativo: no se puede desagregar más como proceso. Es una estructura de bajo nivel. Su descripción detallada da origen a un nuevo nivel de profundidad del proceso, donde aparecen las actividades en el flujograma de información (Bravo, 2009).

Philippe Lorino, desde el punto de vista de los componentes dice (1996, pp. 36-37): “En el seno de una empresa no hay ninguna actividad aislada: las actividades se combinan en cadenas o en redes de actividades dotadas de un objetivo común (desarrollar un nuevo producto, introducir una modificación técnica, realizar una campaña de promoción, fabricar un producto, son <<macrotareas>> que exigen el cumplimiento secuencial o simultáneo de un cierto número de actividades distintas). Se llamarán procesos a los conjuntos de actividades destinadas a la consecución de un objetivo global, a una salida global, tanto material como inmaterial”.

2.1.1.2. Actividades

A nivel de un proceso específico, las actividades son los elementos de más bajo nivel que se analizan y adquieren pleno sentido al cuestionar su valor al interior de un proceso. Se escriben en modo verbal infinitivo y son conjuntos de acciones o tareas concretas. Por ejemplo, el llamar a cotizar o a cobrar, receptar un pedido. Individualmente son irrelevantes para el cliente del proceso, pero tienen sentido al interior del proceso y están asociadas a un cargo específico del proceso (Bravo, 2009)

Ahora bien, el factor tiempo para las actividades resulta crítico, pues, no es suficiente con que una actividad sea eficiente si el producto queda bloqueado o en espera para entrar al siguiente paso (Bravo, 2009).

Philippe Lorino lleva el tema a la gestión por actividades y el costeo por actividades, adiciona (1996, p. 36): “Una actividad es un conjunto de tareas elementales: realizadas por un individuo o grupo, que utilizan una experiencia específica, homogéneas desde el punto de vista de sus comportamientos de costo y de eficiencia, que permiten suministrar una salida (output) (la pieza fresada, la evaluación de un proveedor, el presupuesto), a un cliente interno o externo, efectuadas a partir de un conjunto de entradas (inputs) (trabajo, máquina, informaciones...). Puede tratarse de actividades tecnológicas ligadas a un proceso de fabricación o puramente administrativas. Las actividades son todo lo que las personas realizan, hora tras hora y día tras día”.

2.1.1.3. Tarea

El desarrollo de la actividad en acciones muy específicas, corresponde a una tarea. Por ejemplo, ingresar datos de un documento o realizar una llamada telefónica, poner en funcionamiento un equipo. Las tareas usualmente se incluyen en los procedimientos. Frederick W. Taylor realizó importantes aportes, en particular con los estudios de métodos, tiempos y movimientos. Nuevamente la clave es el tiempo de duración y la relación con otras tareas y actividades (Bravo, 2009).

2.1.1.4. Procedimiento

Es una descripción detallada de una parte del hacer de la organización. Puede ser un macroproceso, un proceso o algunas actividades, como por ejemplo: el procedimiento de contestar una llamada telefónica, atender un cliente, levantar un muro o qué hacer cuando “se cae” el sistema computacional (Bravo, 2009).

2.1.1.5. Regla

Forma parte de un reglamento interno.

2.1.1.6. Norma

Es una estandarización con el medio, con mayor o menor grado de obligatoriedad, tales como una ISO 9000. Las adhesiones son voluntarias unas veces y otras son obligatorias,

sin embargo, cualquiera sea el caso, las normas están para cumplirse. Por ejemplo, una norma legal de cuidado del ambiente (Bravo, 2009).

2.1.1.7. Cliente

El término cliente, en la gestión de procesos, recupera el sentido original del término, es decir, cliente es aquella persona u organización a quien servimos y de quien recibimos ingresos, por lo que todo proceso existe para agregar valor a este cliente, incluyendo aquellos que son estratégicos y de apoyo. Todas las actividades dentro de un proceso tienen la misma finalidad. También es cierto que existen “clientes internos”, los cuales deben ser identificados, podemos citar, por ejemplo, a otras áreas, a la dirección o a los mismos participantes en el proceso. Todo proceso debe agregar valor a estos clientes internos también, aunque hay que entender, que es un trabajo en equipo y la finalidad está fuera de la organización <<el cliente final>> (Bravo, 2009).

2.1.1.8. Dueño del proceso

En términos generales, es alguien de nivel ejecutivo que vela por el resultado del proceso de inicio a fin, con la autoridad suficiente como para modificar el diseño del proceso y monitorear el nivel de los indicadores, principalmente para aumentar la satisfacción del cliente (Bravo, 2009).

2.1.2. Identificación de los procesos

2.1.2.1. Procesos estratégicos

Son aquellos que están relacionados con la estrategia de la organización y principalmente considera:

- “La forma como se establecen la visión, misión, valores, directrices funcionales, objetivos corporativos, departamentales y personales y el programa de acción entre otros componentes.
- La forma como se monitorea el cumplimiento de los objetivos, la definición de indicadores y como se mantienen actualizados.
- La forma de mantener actualizadas las definiciones estratégicas.

- La forma como se comunica la estrategia y la forma de motivar a todos los integrantes de la organización en lograr sus definiciones, entre otros temas relacionados” (Bravo, 2009, pp. 30-31).

2.1.2.2. Procesos de negocios

Atienden directamente la misión del negocio y satisfacen necesidades concretas de los clientes. En empresas pequeñas se considera razonable identificar entre 1 y 3 de estos macroprocesos; mientras que, en empresas grandes, este número puede alcanzar a 8 macroprocesos. Esto de guarda relación con el grado de focalización de la organización. Menor es el número de procesos del negocio mientras más focalizado se encuentre la organización. Podemos citar algunos ejemplos de procesos del negocio de distintas empresas (Bravo, 2009):

Procesos de negocios en una empresa de confección de vestuario a pedido:

- Satisfacer el requerimiento del cliente: desde el contacto inicial con el cliente, hasta que se entrega el producto, incluyendo las compras de insumos, la producción y cobranza.
- El diseño de productos: la búsqueda de ideas, la preparación de los modelos, los prototipos, las matrices para la producción, entre otros.

Procesos de negocios en una agencia de aduanas:

- Importaciones: desde el contacto inicial con el cliente hasta la entrega del embarque.
- Exportaciones: desde la recepción de la carga en el sitio del cliente, hasta su entrega en el punto de destino, pasando por la facturación, cobranza e interactuando con instituciones del ramo.

Procesos de negocios en una empresa de construcción:

- Construcción de las obras: desde captar el cliente hasta el servicio post-entrega.
- Servicios de montaje de estructuras: desde el diagnóstico del requerimiento hasta la verificación de calidad del servicio, pasando por todas las actividades de ejecución (Bravo, 2009, pp. 30-31).

De manera general, los procesos del negocio están asociados a los productos o servicios que presta una organización.

2.1.2.3. Procesos de apoyo

Son servicios internos que son necesarios, para realizar los procesos del negocio, conocidos también como procesos secundarios. En empresas pequeñas su identificación es fácil, y puede alcanzar unos 20 procesos de apoyo, mientras que, en organizaciones grandes, los procesos de apoyo pueden llegar a tener hasta unos 400, sin considerar las distintas versiones de cada uno. Por ejemplo, la compra de artículos de oficina, el pago de remuneraciones, el pago de anticipos, la declaración y pago de impuestos, los servicios de alimentación, la impresión de formularios, la reparación de maquinarias, la reposición de maquinarias, etc. (Bravo, 2009).

2.1.2.4. Segmentación de procesos

Desde esta segmentación se obtiene el mapa de procesos, el cual tiene una visión de conjunto, holística o “de helicóptero” de los procesos. establecidos para su desarrollo. Los procesos son segmentados en cadenas, jerarquías y versiones. Se usan dos tipos de mapas, el global (de toda la organización) y el de ámbito, siendo este último el que aporta mayor detalle, por ejemplo: un macroproceso es vender y los procesos operativos correspondientes son: al contado y a crédito (Bravo, 2009).

2.2. Six Sigma

Es un método de gestión de calidad combinado con herramientas estadísticas cuya finalidad es mejorar el nivel de desempeño de un proceso a través de decisiones apropiadas. Fundamenta su estrategia en el trabajo en equipo con el propósito de organizar las capacidades competitivas de las personas involucradas y de la organización (Herrera Acosta & Fontalvo Herrera, 2011).

La metodología Six Sigma, también conocida como DMAIC, está basada en el ciclo de calidad propuesto por Deming y consta de cinco etapas cuya secuencia operacional es la siguiente como lo detallan a continuación Herrera y Fontalvo (2011):

Primero, **definir** el problema de calidad del proceso. Segundo, obtener la información adecuada de cada una de las variables críticas del proceso, evaluando sus regímenes de **medición**. Tercero, utilizar herramientas estadísticas que faciliten **analizar** en forma

acertada cada una de las variables críticas identificadas en el proceso. Cuarto, optimizar el proceso para su **mejora**. Quinto, un **control** efectivo que nos permita realizar el seguimiento de estas mejoras

2.2.1. Historia de Six Sigma

Tiene sus inicios en los años 80s y desde entonces su aplicación como una herramienta de mejora continua de la calidad, ha dado como resultado experiencias exitosas en varias empresas que se convirtieron en líderes mundiales industriales, como lo resumen Herrera y Fontalvo (2011) a continuación.

- Se inicia en Motorola (USA 1987) a partir de que Mikel Harry comienza a influenciar a la organización para que se estudie la variación en los procesos, enfocándose en los conceptos de Deming, como una forma de mejorarlos. Estadísticamente se las conoce a estas variaciones, como desviación estándar, esto es, que están alrededor de la media.
- Esta iniciativa paso a ser el punto focal para mejorar la calidad en Motorola la cual captó la atención del entonces CEO de Motorola (Bob Galvin) y con el apoyo de Galvin, no sólo se hizo énfasis en el análisis de la variación, sino también en la mejora continua de la calidad, estableciéndose como meta el obtener 3,4 defectos por millón de oportunidades en los procesos, es decir, algo casi cercano a la perfección.
- Lawrence Bossidy, quién en 1991 y luego de una exitosa carrera en General Electric, toma las riendas de Allied Signal para transformarla de una empresa con problemas en una máquina exitosa. Durante la implantación de Six Sigma en los años 90, Allied Signal multiplicó sus ventas y sus ganancias de manera estrepitosa. Este ejemplo fue seguido por Texas Instruments, alcanzando el mismo éxito que Allied Signal.
- En 1995 el CEO de GE, Jack Welch, se enteró del éxito de esta nueva estrategia de calidad, dando lugar a la mayor transformación iniciada en esta enorme organización. El empuje y respaldo de Jack Welch transformaron a GE en una “Organización Six Sigma”, con resultados realmente impactantes en todas sus divisiones. Por ejemplo: la división GE Medical Systems, introdujo al mercado un scanner para diagnóstico desarrollado enteramente bajo los principios de Six Sigma, para la época de lanzamiento, el tiempo de escaneo alcanzado fue sólo 17 segundos, frente a los 180 considerado normal. La división GE Plastics, se mejoró dramáticamente uno de los

procesos para incrementar la producción en casi 500 mil toneladas, logrando obtener el contrato para la fabricación de las cubiertas de las computadoras iMac de Apple. GE, adoptaba la metodología de Six Sigma en función de tres importantes características de los proyectos Six Sigma:

- Enfoque en el cliente
- Grandes retornos sobre la inversión
- Impulso a que gerentes y supervisores aprendan nuevos enfoques en la forma de resolver problemas y adoptar decisiones

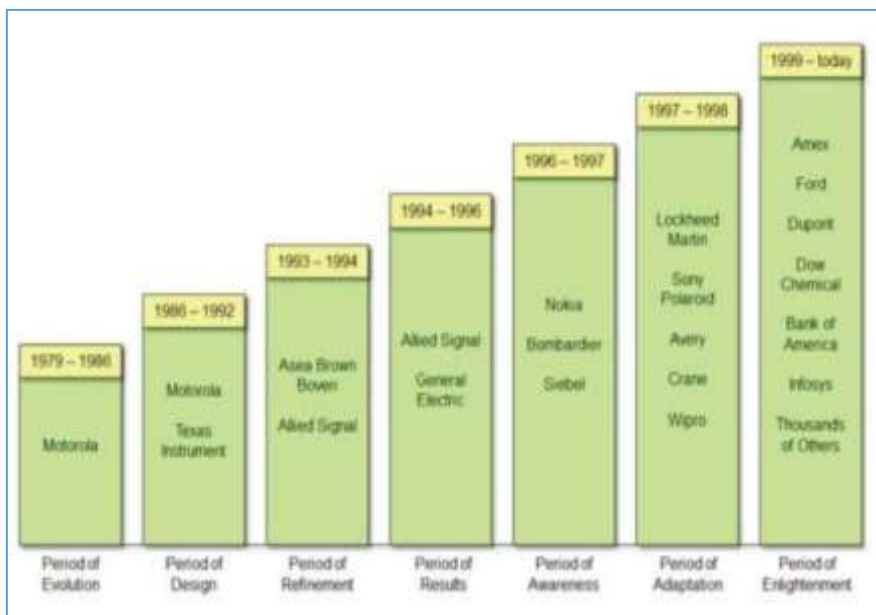


Figura 1. Historia de Six Sigma
Tomado del INTERNATIONAL SIX SIGMA INSTITUTE™

2.2.2. Definiciones de Six Sigma

El enfoque en el desarrollo de calidad y de mejora continua de todos los proyectos Six Sigma, provocan diferentes aristas de mejora dentro un proceso y específicamente dentro de la organización. El alcance de los proyectos Six Sigma, puede resumirse en el contexto de las siguientes definiciones, tomadas del (INTERNATIONAL SIX SIGMA INSTITUTE™, 2014)

Six Sigma es:

Una forma de gerenciar un negocio o un departamento enfocando los esfuerzos en dirigir tres áreas principales:

- Mejorar la satisfacción del cliente
- Reducir el tiempo del ciclo
- Reducir los defectos

La finalidad de enfocarse en estas áreas es mejorar costos, las oportunidades de crecer en número de clientes, el penetrar mercados y construirse una reputación de empresa de excelencia.

Six Sigma es:

- Una medida estadística del nivel de desempeño de un proceso o producto.
- Un objetivo de lograr casi la perfección mediante la mejora del desempeño.
- Un sistema de dirección para lograr un liderazgo duradero en el negocio y un desempeño de primer nivel en un ámbito global.

La letra griega minúscula sigma (σ) se usa como símbolo de la desviación estándar, siendo ésta una forma estadística de describir cuánta variación existe en un conjunto de datos, es decir, obtener sólo 3.4 defectos por millón de oportunidades o actividades.

La metodología Six Sigma, engloba técnicas de Control Estadístico de Procesos; Despliegue de la función de calidad (QFD); Ingeniería de calidad de Taguchi, Benchmarking, entre otras; siendo una sólida alternativa para mejorar los procesos y, por lo tanto, lograr la satisfacción de los clientes.

La estrategia Six Sigma incluye el uso de herramientas estadísticas dentro de una metodología estructurada incrementando el conocimiento necesario para lograr de una mejor manera, más rápido y al más bajo costo, productos y servicios que la competencia.

Se caracteriza por la continua y disciplinada aplicación de una estrategia maestra “proyecto por proyecto” tal como lo recomienda Joseph Juran en su trilogía de la calidad, donde los proyectos son seleccionados mediante estrategias clave de negocios, lo cual conduce a recuperar la inversión realizada y obtener mayores márgenes de utilidad.

Six Sigma es:

- Una estrategia para mejorar la calidad de procesos mediante la identificación y en los resultados del proceso de eliminación de defectos y la minimización de la variación.
- Un enfoque determinado por datos basado en la medición de la variación de proceso utilizando control estadístico de proceso

- Un enfoque estructurado de implementación basado en un ciclo DMAIC y expertos certificados

2.2.3. Calidad

- Deming: Es definida desde el punto de vista del cliente como todo lo que mejora su satisfacción
- Juran: Las características del producto que satisface las necesidades del cliente.
- ASQC: La totalidad de las características de un producto o servicio que influyen en su capacidad para satisfacer necesidades declaradas o implícitas.
- COPC: La calidad se define como el conocimiento de los agentes que les permitiría proporcionar una solución precisa y consistente al cliente en el primer intento
- ISO: Grado en que un conjunto de características inherentes, de un producto o servicio, cumple con los requisitos

2.2.4. Hidden factory

- Hidden Factory es el conjunto de actividades en el proceso que dan como resultado la reducción de la calidad o la eficiencia de un proceso.
- Los gerentes u otras personas que buscan mejorar el proceso, no lo conocen.
- Six Sigma se enfoca en identificar las actividades de "fábrica oculta" para eliminar la causa raíz.
- No hay BPR (Business Process Reengineering)

2.2.5. Pasos

Un problema práctico es un problema estadístico, que lleva a una solución estadística y una solución práctica.

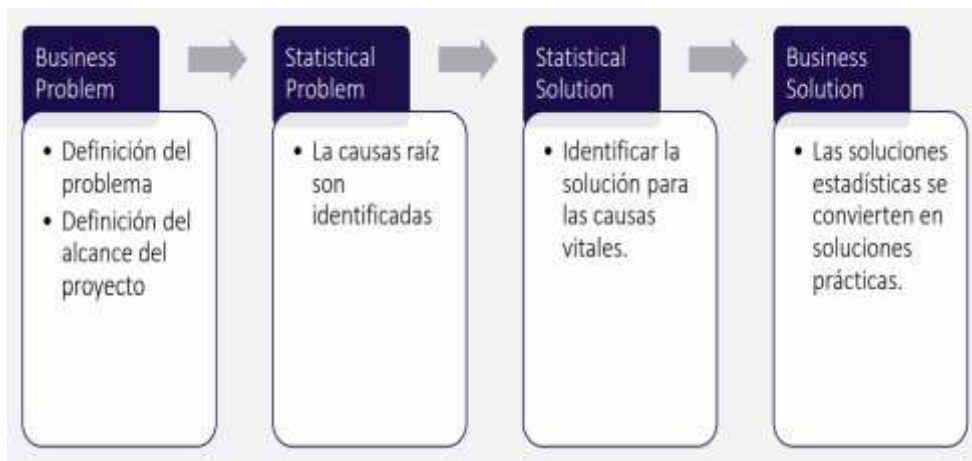


Figura 2. Pasos metodología Six Sigma
Tomado del INTERNATIONAL SIX SIGMA INSTITUTE™

2.2.6. Defecto

Se define como cualquier resultado de proceso que no satisfaga las especificaciones del cliente.

Mejorar la calidad significa reducir los defectos por millón de oportunidades (DPMO, por su sigla en inglés).

Existen dos atributos de este criterio de medición que se pueden controlar:

- Oportunidades: Reducir la cantidad de pasos, entregas y otras “oportunidades” ayuda a mejorar la calidad
- Defectos: Reducir la cantidad de defectos por cada etapa de proceso en un mejoramiento continuo de proceso ayuda a mejorar la calidad

2.2.7. Tipos de variación

La variación de causa común es la sumatoria de varias ‘causas posibles’, que no se pueden atribuir a una sola causa importante. La variación de causa común es básicamente el ruido en el sistema. Cuando un proceso opera sujeto a una variación de causa común está en un estado de control estadístico.

La variación de causa especial se debe a diferencias entre las personas, máquinas, materiales, métodos, etc. La ocurrencia de una causa especial (o assignable) se traduce en una condición fuera de control.

Cuando solamente existe la variación normal en un proceso, se dice que el proceso está estable.

- Procesos estables son predecibles
- Procesos estables están en control estadístico
- Procesos estables tienen una capacidad de proceso conocida.

2.2.8. Estandarización

- Si siempre hacemos las cosas del mismo modo, probablemente obtendremos el mismo resultado que obtuvimos antes.

2.2.9. Estadística en Six sigma

Para poder monitorear un proceso es necesario conocer ciertas características del mismo:

- Localización
- Propagación
- Forma
- Variación en el tiempo

2.2.10. Histograma

Es una representación gráfica de los datos en forma de diagrama de barras histogramas. Pueden ser usados para observar la forma de los datos. Cuando no obtenemos la forma que esperamos, es un indicativo que existe una causa especial de variación.

2.2.11. Medidas de tendencia central

- Media
- Mediana
- Moda

2.2.12. Medidas de dispersión

- Desviación Estándar
- Varianza

Desviación estándar

Es una medida matemática de la variabilidad de los datos alrededor de la media y su fórmula se expresa como sigue:

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

n: número de valores en la muestra

(ecuación 1)

Sigma es un parámetro estadístico de dispersión que expresa la variabilidad de un conjunto de valores respecto a su valor medio, de modo que cuanto menor sea sigma, menor será el número de defectos.

2.2.12.1. La función normal

O campana de Gauss. La mayoría de los valores se encuentran próximos a la media, mientras que cuanto más nos alejamos de dicha media, más improbable es que obtengamos resultados de medición.

El número de resultados en torno a la media (centro del eje horizontal) es elevado, mientras que el número de muestras con valores alejados de la media, decrecen rápidamente.

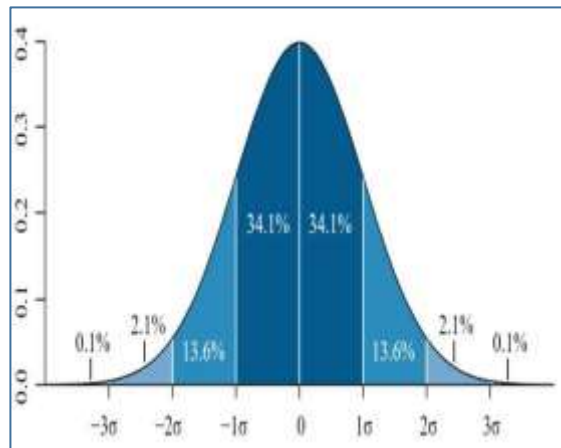
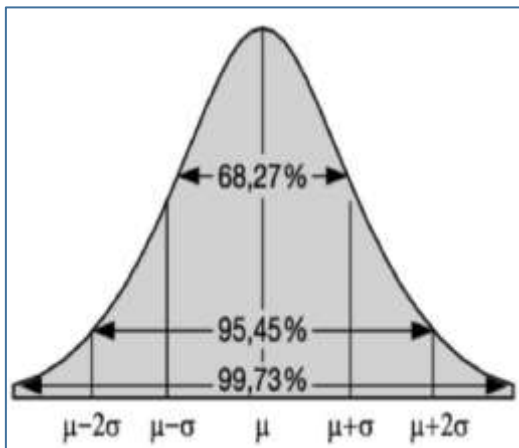


Figura 3. Gráfica de la función normal Figura 4. Gráfica de la función normal
Tomado del INTERNATIONAL SIX SIGMA INSTITUTE™

2.2.13. La calidad Six Sigma

La calidad se puede cuantificar, y aún más, la calidad tiene que cuantificarse. El diagnóstico y el seguimiento de la calidad es un compromiso de calidad a largo plazo. A

corto plazo Six Sigma se sustenta en medidas más que en experiencias, juicios y creencias pasadas. Si no se puede medir un producto y/o un proceso no se sabe dónde está, y si no se precisa dónde está, el producto y/o el proceso estarán a merced del azar.

El Sistema de Calidad Seis Sigma viene a ser la implementación de una tecnología para el mejoramiento de procesos y que es manejada por empresas de clase mundial. Su objetivo es reducir la variabilidad del rendimiento a través de la mejora del proceso, y/o aumentar la especificación de los límites del cliente a través del plan para la productividad, de esta manera, los niveles del defecto deben estar debajo de 3.4 defectos por millones de oportunidades" para un defecto (DPMO).

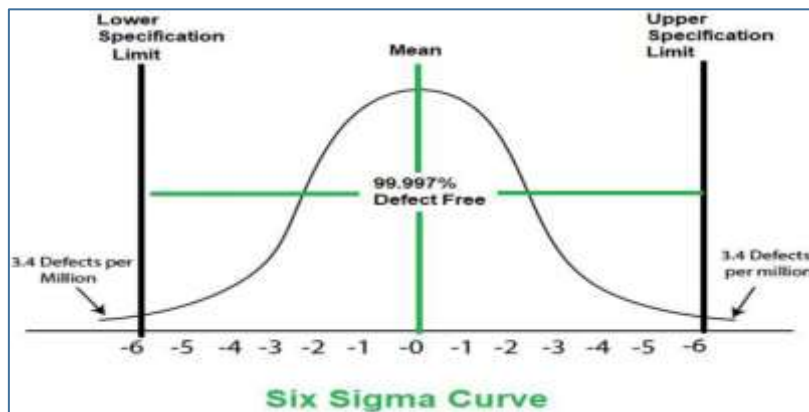


Figura 5. Calidad Six Sigma

Tomado del INTERNATIONAL SIX SIGMA INSTITUTE™

El sistema de calidad Six Sigma es aplicable a los procesos técnicos y no técnicos. Un proceso de fabricación es visto como técnico, cuando tenemos, tenemos entradas como: partes de piezas, montajes, sub-montajes, productos, partes, materias primas que físicamente fluyen a través del proceso. Otras entradas son temperatura, humedad, velocidad, presión, etc. Existen innumerables variables de entrada que afectan un proceso.

Por otro lado, un proceso no-técnico es más difícil de ser visualizado. Procesos no-técnicos son los procesos administrativos, de servicios de transacciones. En esos procesos, las entradas pueden no ser tangibles, las salidas pueden ser no tangibles. Más estos son ciertamente procesos que al tratarlos como sistemas, nos permite entenderlos mejor y determinar sus características, optimizarlos, controlarlos, y así eliminar las posibilidades de errores y fallas. Generar un mejoramiento en un proceso administrativo;

vender un producto por teléfono y un proceso de servicio; así como hacer un financiamiento inmobiliario y un proceso de transacción.

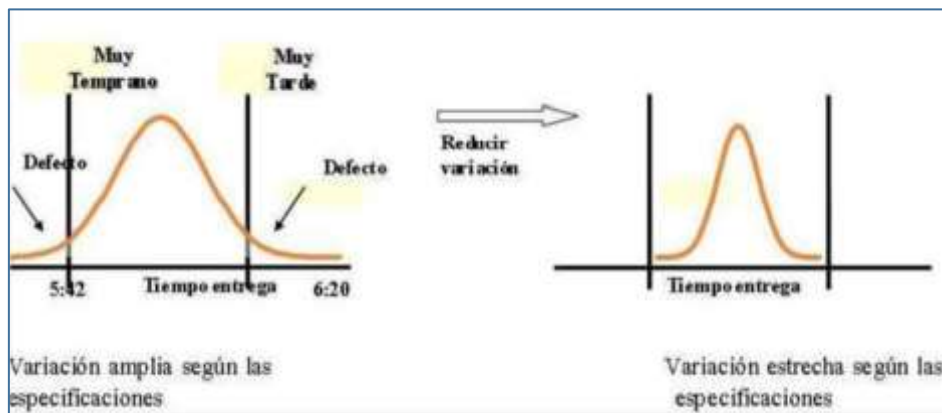


Figura 6. Calidad Six Sigma

Adaptada del INTERNATIONAL SIX SIGMA INSTITUTE™

Si los clientes están reclamando la calidad y la confiabilidad de los productos, o la calidad del trabajo o de los servicios, las organizaciones probablemente precisarán hacer una amplia evaluación de las siguientes señales:

- Pérdida de mercado
- Gastos exagerados
- Grandes pérdidas como resultado de la garantía que los clientes reciben por la devolución del producto y de la indemnización
- Facturas no pagadas en el plazo, debido a reclamos de los clientes
- Piezas con fallas de parte de los proveedores
- Relación de informes internos con errores
- Previsiones no confiables
- Presupuestos frecuentemente sobrefacturados
- Problemas que siempre retornan haciendo que los mismos tengan que ser re-trabajados repetidamente
- Proyectos de productos extremadamente difíciles de ser producidos.
- Tasas de desechos muy altas e incontrolables
- Reparos en producto aceptables como actividades normales del producto

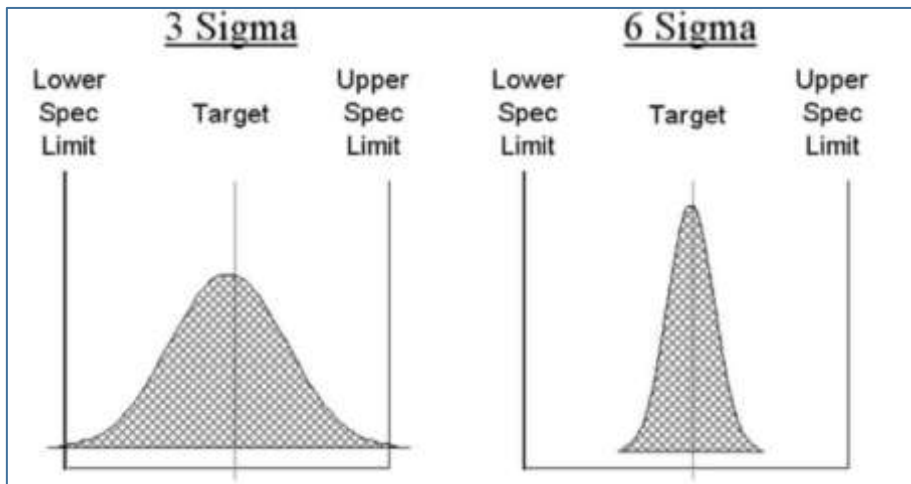


Figura 7. Calidad Six Sigma

Tomado del INTERNATIONAL SIX SIGMA INSTITUTE™

- Y es resultado (s) o resultado (s) que se desea y necesita de un proceso. Este es un factor dependiente y depende de las X.
- X representa los factores de entrada que podrían dar como resultado Y. Podría haber varias X. Estos son factores independientes.
- ϵ representa la presencia de error o incertidumbre sobre la precisión con la que se transforman las X para crear el resultado.

$$Y = f(X) + \epsilon$$

Focus of Six Sigma

(ecuación 2)

Concentrarse en Xs y no en Ys, es decir en las causas no en los efectos, todo esto usando datos.

2.3. Proceso DMAIC

Es el proceso de mejora que utiliza la metodología Six Sigma y sigue un formato estructurado que consistente de 5 fases conectadas de manera lógica entre sí y que son: Definir, Medir, Analizar, Mejorar, y Controlar, ilustrado en la figura 8.

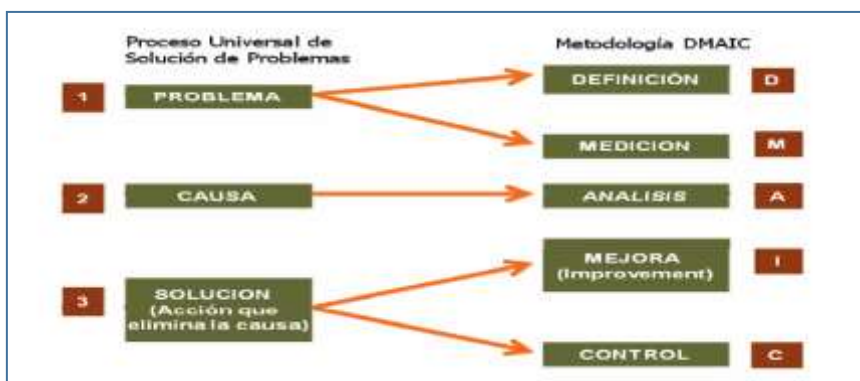


Figura 8. Ciclo DMAIC

Adaptado del INTERNATIONAL SIX SIGMA INSTITUTE™

2.3.1. Definir

Para definir apropiadamente el problema, de acuerdo a Bersbach (2009), es conveniente responderse primeramente algunas preguntas claves tales como: ¿por qué es necesario hacer (resolver) esto ahora? ¿Qué se busca lograr en el proceso? ¿Qué beneficios cuantificables se esperan lograr del proyecto? ¿Cuál es el flujo de proceso general del sistema? ¿Cómo sabrá que ya terminó el proyecto (criterio de finalización)? ¿Qué se necesita para lograr completar el proyecto exitosamente? Es la fase inicial de la metodología, en donde se identifican posibles proyectos de mejora.

Como respuesta a estas preguntas en esta fase, los entregables claves a completarse son:

- La Voz del Cliente
- El marco del proyecto (Project charter)
- El mapa de proceso SIPOC
- El árbol crítico para la Calidad (CTQ)

La voz del cliente es la voz; las expectativas, las preferencias, los comentarios de un producto o servicio en discusión. Es la declaración hecha por el cliente sobre un producto o servicio en particular.

Guion gráfico del proyecto y organigrama del equipo

Validar la oportunidad de negocio y la identificación del proyecto CTQ

2.3.2. Medir

Una vez definido el problema, se establecen qué características son las que determinan el comportamiento del proceso, para lo cual se requiere identificar cuáles son las características en el proceso o producto que el cliente percibe como clave (variables de desempeño), y que parámetros (variables de entrada) son los que afectan este desempeño. Y a partir de estas variables se define la forma para medir la capacidad del proceso (Ocampo & Pavón, 2012).

Bersbach (2009) expresa, que en esta etapa se debe permitir responder preguntas como las siguientes: ¿Cuál es el proceso y como se desarrolla? ¿Qué tipo de pasos componen el proceso? ¿Cuáles son los indicadores de calidad del proceso y que variables de proceso parecen afectar más esos indicadores? ¿Cómo están los indicadores de calidad del proceso relacionados con las necesidades del cliente? ¿Cómo se obtiene la información? ¿Qué

exactitud o precisión tiene el sistema de medición? ¿Cómo funciona el proceso actualmente? (Ocampo & Pavón, 2012)

Colección de datos:

El muestreo es el proceso de seleccionar una pequeña cantidad de elementos de un grupo objetivo más grande. La población es el grupo total de elementos que queremos estudiar. La muestra es el subgrupo de la población que realmente estudiamos (INTERNATIONAL SIX SIGMA INSTITUTE™, 2014).

El muestreo se realiza en situaciones como:

- Cuando el proceso involucra pruebas destructivas, pruebas de sabor, pruebas de choques automovilísticos, etc.
- Cuando hay limitaciones de tiempo y costos
- Cuando las poblaciones no pueden ser capturadas fácilmente

Muestreo Probabilístico:

- Aleatorio Simple (Simple Random Sampling)
- Aleatorio Estratificado (Stratified Random Sampling)
- Sistemático (Systematic Sampling)
- Conglomerado (Cluster Sampling)

Muestreo no Probabilístico

- De convivencia (Convenience Sampling)
- De juicio (Judgment Sampling)
- De Cuotas (Quota Sampling)
- De bola de Nieve (Snowball Sampling)
- Voluntario (Voluntary Sampling)

*BIAS (Sesgo)

Estabilidad:

El gráfico Run Chart es una herramienta importante para comprender la estabilidad de los datos.

- Son gráficos de datos de proceso ordenados por tiempo simple. En este grafico se pueden ver ciertos patrones en los datos
- La presencia de estos patrones indica causas especiales de variación

Capacidad del Proceso: Se pueden usar los siguientes parámetros

- Porcentaje o proporción No Conforme
- Cp Index
- Cpk Index

2.3.3. Analizar

El objetivo de esta etapa es analizar los datos obtenidos del estado actual del proceso, para determinar las causas de su estado y así establecer las oportunidades de mejora. Es esta fase sirve para determinar si el problema es real, o es solo un evento aleatorio que no puede ser solucionado usando la metodología DMAIC. Se seleccionan y se aplican herramientas de análisis a los datos recolectados en la etapa de Medir. Se estructura un plan de mejoras potenciales a ser aplicado en el paso siguiente. Esto se hace mediante la formulación de diferentes hipótesis y la prueba estadística de las mismas para determinar qué factores son críticos para el desempeño final del proceso (Ocampo & Pavón, 2012).

Las preguntas a contestar en esta etapa son las siguientes: ¿Qué variables del proceso afectan más la calidad y cuales podemos controlarlas? ¿Qué es de valor para el cliente? ¿Cuáles son los pasos detallados del proceso? ¿Cuántas observaciones necesito para sacar conclusiones? (Ocampo & Pavón, 2012).

Herramientas usadas en esta etapa:

- Diagrama de Causa y Efecto. Ishikawa (Fish Bone Diagram)
- Diagramas de Pareto Six Sigma.
- Diagramas de Dispersión Six Sigma
- Diagramas de Barras Six Sigma
- Diagrama Circular (pie) Six Sigma

2.3.4. Mejorar

Una vez que se ha determinado que el problema es real y no un evento aleatorio, se deben identificar posibles soluciones. En esta etapa se desarrollan, implementan y validan alternativas para la mejora del proceso. Para ello, se requiere de una lluvia de ideas que genere propuestas, las cuales deben ser probadas usando corridas piloto dentro del

proceso. La habilidad de dichas propuestas para producir mejoras al proceso debe ser validada para asegurar que la mejora potencial es viable (Ocampo & Pavón, 2012).

Como resultados de estas pruebas y experimentos se obtiene la propuesta de cambio en el proceso y se entregan soluciones al problema. Las preguntas que Bersbach sugiere se deben contestarse antes de pasar a la etapa siguiente son: ¿Qué opciones se tienen? ¿Cuáles de las opciones parecen tener mayor posibilidad de éxito? ¿Cuál es el plan para implementar el nuevo proceso (opciones)? ¿Qué variables de desempeño usar para mostrar la mejora? ¿Cuántas pruebas necesito correr para encontrar y confirmar las mejoras? ¿Esta solución está de acuerdo con la meta de la compañía? ¿Cómo implemento los cambios? (Ocampo & Pavón, 2012)

Herramientas empleadas en esta etapa:

- Lean Tools
- Optimización
- Estandarización de Procesos
- Simulación

2.3.5. Controlar

Una vez que la forma de mejorar el rendimiento del proceso determinada, se requiere encontrar la manera de cómo asegurar, que la solución pueda sostenerse en el tiempo. Las preguntas a responder en esta etapa son: ¿Están los resultados obtenidos relacionados con los objetivos, entregables definidos y criterio de salida del proyecto? Una vez reducidos los defectos, ¿cómo pueden los equipos de trabajo mantener los defectos controlados? ¿Cómo se puede monitorear y documentar el proceso? (Ocampo & Pavón, 2012).

Cuadros de Control:

Son la herramienta principal del control estadístico de procesos.

Los cuadros de control entregan información acerca de la estabilidad/predictibilidad del proceso, específicamente respecto de su:

- Tendencia central (respecto del valor objetivo)
- Variación

Los cuadros de control estadístico de proceso, con cuadros de secuencias temporales de procesos importantes o características de productos.

Componentes:

Proceso:

- UCL: Límite de Control Superior
- LCL: Límite de Control Superior
- CL: Línea Central

Cliente:

- USL: Límite superior de la especificación o límite superior del requerimiento
- LSL: Límite inferior de la especificación o límite inferior del requerimiento
- Nom: Nominal. El objetivo que buscamos es brindarle al cliente exactamente lo que quiere

Los límites de control describen la naturaleza del proceso estable. Específicamente identifican los límites esperados de la variación del proceso a monitorear. Los límites están dados por el proceso. “La voz del proceso” para su desarrollo, se planteará la propuesta para la mejora del proceso.

3. CAPÍTULO III ESTRUCTURA DEL PROCESO DE PROCURA

3.1. Enfoque

El proceso de procura y gestión de materiales del Consorcio NOS, describe las responsabilidades, programación, control y sistema de todas las actividades de la gestión de procura de materiales y servicios requeridos para el proyecto conforme al modelo contractual.

- La gestión de procura se refiere al proceso que se lleva a cabo para la adquisición de un bien o servicio, alineado a las necesidades del proyecto. Esta gestión inicia con la recepción del requerimiento hasta el cierre de la orden de compra.
- Durante este proceso, se llevan a cabo varias actividades, como la selección de proveedores, estrategias de adquisición, evaluación de ofertas, negociación, adjudicación y seguimiento.

Estas actividades son la estructura principal de la gestión de procura, dentro de la cual se desarrollarán procedimientos detallados que serán ejecutados para el objetivo del proyecto.

3.2. Generalidades del proceso

El propósito de este procedimiento, es proporcionar un esquema de las etapas, alcance y responsabilidades para la adquisición de bienes y servicios, así como también las partes interesadas e involucradas en el proceso de adquisiciones bajo la modalidad de reembolso al costo sin porcentaje. El enfoque es únicamente en la gestión de procura de bienes que serán reembolsados por el cliente.

3.3. Filosofía de la procura

Adquirir todos los materiales y/o equipos de manera ética y profesional usando las mejores prácticas de negocios. Adicionalmente, la gestión de procura se desarrollará de acuerdo a los procedimientos de compras aprobados bajo los sistemas de control interno, de tal manera que se cumpla con las leyes gubernamentales, estándares y regulaciones del Ecuador. Adquirir todos los bienes utilizando el mercado local disponible, enfocándose en la obtención del mejor costo, tiempo de entrega, y calidad de los productos.

3.4. Actividades de la gestión de procura

La gestión de compras parte desde la recepción de las requisiciones de materiales y/o equipos, las cuales deberán ser emitidas por el área técnica o Ingeniería del Proyecto.

Las actividades que comprenden la gestión de compras para el suministro de todos los bienes hasta el lugar del proyecto son:

- Recepción de requisiciones de materiales y/o equipos
- Selección de posibles proveedores
- Solicitud de Ofertas bajo las condiciones establecidas
- Aclaraciones con proveedores, evaluación de ofertas y recomendación de compra
- Revisión y aprobación de compra
- Creación de orden de compra
- Revisión y aprobación de orden de compra

- Adjudicación de orden de compra
- Seguimiento para la entrega
- Confirmación de recepción de los materiales
- Liberación de materiales por parte del cliente
- Envío de factura a finanzas y cierre de compra

3.5. Actividades de seguimiento

El seguimiento se realiza en casi todas las actividades que se desarrollan durante toda la gestión, con el fin de evitar pérdidas de tiempo y anticipar posibles retrasos.

Las actividades de seguimiento inician desde el momento en el que se envía la solicitud de cotizaciones.

A la fecha la gestión de procura de este proyecto no cuenta con un registro de seguimiento eficiente. En la mayor parte de las acciones se efectúa verbalmente.

Status y Reporte de compras

Todas las actividades de la Gestión de Compras son reportadas en documentos de control para seguimiento e información del equipo de compras, jefaturas, dirección técnica, cliente y demás interesados en este proceso.

Los documentos de control y seguimiento son los reportes de requerimientos, de compras, de control de materiales y de liberación de materiales en sitio.

3.6. Responsabilidades

Es responsabilidad del departamento de compras, adquirir todos los bienes en el tiempo acordado y con las especificaciones técnicas requeridas.

Es responsabilidad del usuario, el área técnica, proporcionar a tiempo los requerimientos de materiales con todas las especificaciones de los mismos.

Es responsabilidad del cliente la aprobación de compras en el tiempo oportuno.

Es responsabilidad del proveedor entregar los materiales solicitados, con las especificaciones establecidas y en el tiempo de entrega acordado.

Es responsabilidad de Control de Materiales junto con el Área de Bodega gestionar la recepción, inspección y liberación de materiales a través del equipo QA-QC designado por el cliente.

3.7. Niveles de frecuencia y seguimiento

El nivel y frecuencia de seguimiento obedecen al plazo que se tiene para el cumplimiento de la actividad y al tiempo de entrega de los materiales. El seguimiento en la solicitud de cotizaciones se lo realiza días antes del plazo para entrega de ofertas y también el mismo día. El seguimiento para aprobaciones se lo hace diariamente. Y finalmente el seguimiento para la entrega de los materiales se lo puede realizar semanalmente o cada 2 semanas, esto dependerá de la fecha límite de entrega que tienen los materiales. Existen casos de materiales críticos para el proyecto y que deben ser entregados en el menor tiempo posible, donde el seguimiento debe ser diario e incluso varias veces al día. Un seguimiento adecuado asegurará que los materiales lleguen a tiempo a sitio.

3.8. Inspección de materiales

El Consorcio NOS, a través de su equipo de Control de Materiales, se encargará de coordinar las inspecciones de QA-QC para la liberación de materiales a través del documento de 'Inspección y Liberación de Materiales'.

El equipo de QA-QC asignado por el cliente debe realizar de manera oportuna la inspección, liberación y aceptación de los materiales, verificando que estos cumplan con lo solicitado en los respectivos requerimientos de compra.

4. CAPÍTULO IV EVALUACIÓN DEL PROCESO DE PROCURA

4.1. Enfoque

Para la evaluación del proceso de procura y gestión de materiales del Consorcio NOS, emplearemos la metodología de calidad Six Sigma, definiendo, midiendo y analizando el proceso conforme al esquema del ciclo DMAIC. Levantaremos el proceso macro de la gestión de compra, mediante un diagrama SIPOC, determinaremos los subprocesos que tienen el flujo del proceso e identificaremos las actividades o tareas críticas que presentan variaciones que podrían estar afectando al rendimiento del proceso. Mediante una matriz de priorización determinaremos las características críticas de mayor impacto.

Para determinar la duración del ciclo del proceso comprendido desde la recepción del requerimiento hasta la emisión de la orden de compra, consideraremos los datos estadísticos tomados de los registros de la gestión de compras, realizados por el Consorcio NOS, durante los meses de agosto a diciembre del 2019.

La tabulación de los tiempos, de este ciclo del proceso de la gestión de procura, arroja datos que guardan la forma de distribución normal y su variabilidad se puede establecer obedece a causas de orden común.

Mediante un diagrama de causa efecto, se determinarán, las actividades o condiciones podrían estar generando desfases o afectación al proceso de gestión de compras.

4.2. Aplicación de la metodología Six Sigma

Considerando la forma de distribución normal de los datos obtenidos de medición del ciclo del proceso, es posible evaluar el nivel de calidad Six Sigma del proceso, medir su capacidad, analizar sus variaciones, mejorar y controlar el proceso, para lo cual utilizaremos la metodología DMAIC, que es parte del sistema de gestión de calidad Six Sigma, la cual comprende de 5 pasos estructurados de aplicaciones generales.

4.2.1. Ciclo DMAIC – Definición

4.2.1.1. Problema

Existe un número importante de órdenes de compra del Consorcio NOS que no han conseguido cerrar dentro del el cronograma planificado, por lo que, el proceso de facturación y reembolsos aún está pendiente no se ha culminado, lo que genera un retraso

importante en los tiempos de gestión de compras y entrega recepción de los materiales. Este desfase de tiempos en el proceso, obedece a las variaciones que se presentan en el desarrollo del proceso, las cuales requieren ser identificadas y analizadas plenamente, a fin de ser reducidas o eliminadas del flujo.

De las actividades de seguimiento y control del proceso, se ha determinado que existe un 20% de órdenes de compra que aún no han completado el ciclo de cierre, a pesar de que la entrega recepción de los materiales ha sido efectuada. Como actividades recurrentes generadas a causa de las variaciones del proceso, se evidencian principalmente re-procesamientos de requerimientos, de servicios y de gestión administrativa.

4.2.1.2. Marco del proyecto para el planteamiento de mejora

Marco del proyecto (Project Chart)

Propósito: Evaluar el proceso de Procura y Gestion de Materiales del Consorcio NOS. Realizar un planteamiento de mejora al proceso

Requerimiento del proceso a ser revisado: El proceso, hasta el cierre de las ordenes de compra (PO), presenta retrasos en la gestion de materiales y molestias al cliente. Estas variaciones en el proceso, impactan principalmente en los tiempos empleados en la gestión para las aprobaciones de las planillas de reembolso

Enunciado del problema: El tiempo de ciclo de la gestion de compras, se define como el tiempo transcurrido desde la recepcion del requerimiento (MR), hasta la emisión de la orden de compra (PO). Este ciclo del proceso, mayormente se realiza entre 9 y 14 horas laborables y el tiempo total del proceso hasta la entrega recepcion de materiales y la aprobacion de la planilla de de reembolso, han incremendato de 35 a 42 dias, es decir, un 20% mas del tiempo promedio.

Objetivo: Evaluar el proceso usando la metodolgia Six Sigma con el propósito de indentificar las variables que están afectando al proceso, mediante el analisis de casusa y efecto. Realizar un planteamiento de mejora apuntando a reducir o elimiar estas variaciones, a fin de mejorar el flujo del proceso y con ello, los tiempo productivos del ciclo del proceso de gestion de compras.

Alcance: Llevar el proceso de gestión de compras con metodologias de calidad, que permitan evaluar y mejorar su eficiencia.

Roles y Responsabilidades: Proyectos (ingenieria), Compras y Calidad

Propietarios: Proyectos (ingenieria), Compras y Calidad

Patrocinador: Gerencia de Proyectos

Equipo: Lider de ingeniria, lider de compras, lider de calidad

Recursos: Capital humano con experiencia. Infreestructura tecnológica en oficinas. Base de datos de proveedores nacionales e internacionales. Lista aprobada de materiales y equipos homologados por el cliente final (PAM). Certificación ISO 9001 2015.

Metricas: Tiempo del ciclo de POs; porcentaje de retrasos de cierre de POs; tiempo adicional de entrega recepción de materiales atribuible al retraso de gestion de las PO.

Tiempo estimado para desarrollar el proyecto: 60 dias

Entregables: Propuesta de mejora el proceso, mediante el uso de herramientas de calidad (flujo del Proceso modificado); Análisis compartivo de los tiempos del proceso de gestión de compras actual y propuesto. Estimación de los tiempos del ciclo del proceso hasta la aprobación de las de las planillas de reembolso, en base al planteamiento de mejora.

4.2.1.3. Diagrama SIPOC del proceso de procura

Realizaremos el levantamiento del proceso macro de la procura y gestión de materiales del Consorcio NOS mediante un diagrama SIPOC, con la finalidad de visualizar las fases del proceso que podrían ser mejoradas e identificar las actividades que hacen ruido al proceso y resultan inútiles para el proceso. Fig. 10.



Figura 10. SIPOC del proceso de la procura y gestión de materiales (Fuente: Elaboracion propia)

4.2.1.4. Foco de mejora

Eficiencia del proceso. Tiempos productivos del proceso

4.2.1.5. Identificación de los sub-procesos

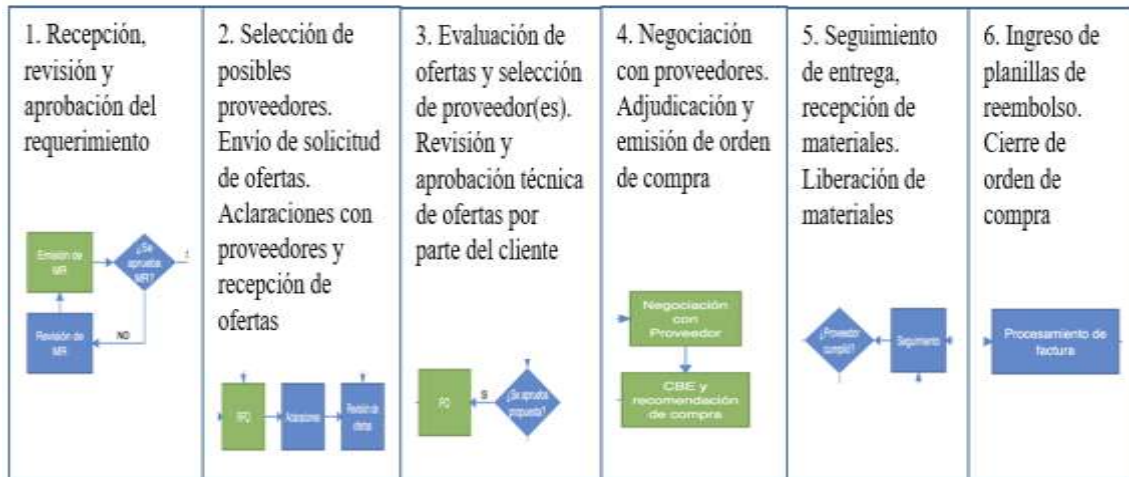


Figura 11. Subprocesos del proceso de la gestión de procura (Fuente: Elaboración Propia)

4.2.1.6. Identificación de características críticas

- Planeación
- Tiempos de ejecución del ciclo
- Ausencia de un proceso estandarizado
- Formatos y/o reportes de seguimiento no estandarizados
- Existencia de varios niveles de aprobación
- Tiempos no productivos debido a reprocesos
- Ejecución de la mayor parte del proceso de forma manual
- Stock de materiales (compras recurrentes)

4.2.1.7. Matriz de priorización

Una vez establecidas las principales características críticas referidas al problema, se procederá a determinar el nivel de importancia que representan, para lo cual elaboraremos una matriz de priorización, evaluando las características de mucho menos importante a

mucho más importante, con valoraciones de 1, 3, 5, 7 y 9, como se observa en la figura 12.

Problema	Planeación	Tiempos de ciclo del proceso	Formatos / Reportes	Proceso estandarizado	Niveles de aprobación	Proceso Manual	Reprocesos	Stock	Total
Planeación		5	9	9	7	9	7	5	51
Tiempos de ciclo del proceso	5		7	9	5	9	5	5	45
Formatos / Reportes	3	5		7	5	7	9	5	41
Proceso estandarizado	5	5	7		5	9	5	3	39
Niveles de aprobación	5	5	7	5		7	5	3	37
Reprocesos	5	5	5	3	3		5	5	31
Proceso Manual	3	5	3	3	3	3		3	23
Stock	3	3	3	3	3	3	3		21

9 = Mucho más importante

7 = Mas importante

5 = Igualmente importante

3 = Menos importante

1 = Mucho menos importante

Figura 12. Matriz de priorización (Fuente: Elaboración Propia)

4.2.2. Ciclo DMAIC – Medición

4.2.2.1. Datos del proceso de procura

Intervienen los tiempos de operación de todas las transacciones de compras realizadas durante los meses de agosto a diciembre del año 2019, desde la recepción de la requisición del material (MR) hasta la emisión de la orden de compra (PO). Se tomó en cuenta los tiempos empleados en el proceso conforme al tipo de compra, es decir, cuando son compras programadas, recurrentes, de última hora y de emergencia.

- Compras programadas: Consideradas en la planificación (85%)
- Compras recurrentes: Contratos u órdenes de compra abiertas (7%)
- Compras de última hora: No están consideradas en la planificación (3%)
- Compras de emergencia: Están dentro de la planificación – prioridad 1 (5%)

Conforme a los registros de compra, se realizó la tabulación de los requerimientos de procura por campo y plataforma de trabajo durante el periodo 2019, como se puede observar en las figuras 13 y 14.

Campo NSN - Plataformas de producción: NSN-A | NSN-B | NSN-C

Campo NSN								
Plataforma de producción NSN-A			Plataforma de producción NSN-B			Plataforma NSN-C		
Requerimientos Mecánicos	Requerimientos Instrumentación	Requerimientos Eléctricos	Requerimientos Mecánicos	Requerimientos Instrumentación	Requerimientos Eléctricos	Requerimientos Mecánicos	Requerimientos Instrumentación	Requerimientos Eléctricos
Ago-2019	Ago-2019	Ago-2019	Sep-2019	Sep-2019	Sep-2019	Sep-2019	Sep-2019	Sep-2019
15	10	10	15	10	10	15	20	15
Tiempo total proceso	Tiempo total proceso	Tiempo total proceso	Tiempo total proceso	Tiempo total proceso	Tiempo total proceso	Tiempo total proceso	Tiempo total proceso	Tiempo total proceso
194.65 horas	122.28 horas	119.58 horas	188.71 horas	128.63 horas	125.75 horas	183.20 horas	258 horas	186.6 horas
24.33 días laborables	15.28 días laborables	14.95 días laborables	23.59 días laborables	16.08 días laborables	15.72 días laborables	22.90 días laborables	32.25 días laborables	23.32 días laborables

Figura 13. Tabulación de los requerimientos de compra del campo NSN (Fuente: Elaboración Propia)

Campo UYC - Plataformas de producción UYC-A | UYC-B | UYC-C

Campo UYC								
Plataforma de producción UYC-A			Plataforma de producción UYC-B			Plataforma UYC-C		
Requerimientos Mecánicos	Requerimientos Instrumentación	Requerimientos Eléctricos	Requerimientos Mecánicos	Requerimientos Instrumentación	Requerimientos Eléctricos	Requerimientos Mecánicos	Requerimientos Instrumentación	Requerimientos Eléctricos
Oct-2019	Oct-2019	Oct-2019	Nov-2019	Nov-2019	Nov-2019	Dic-2019	Dic-2019	Dic-2019
15	2	1	20	20	16	25	20	17
Tiempo total proceso	Tiempo total proceso	Tiempo total proceso	Tiempo total proceso	Tiempo total proceso	Tiempo total proceso	Tiempo total proceso	Tiempo total proceso	Tiempo total proceso
190.48 horas	25.4 horas	11.08 horas	247.11 horas	250.98 horas	206.7 horas	307.39 horas	251.26 horas	207.45 horas
23.81 días laborables	3.18 días laborables	1.38 días laborables	30.88 días laborables	31.37 días laborables	25.84 días laborables	38.42 días laborables	31.41 días laborables	25.93 días laborables

Figura 14. Tabulación de los requerimientos de compra del campo UYC (Fuente: Elaboración propia)

Conforme al número de requerimientos de compras realizados (fig. 13 y fig. 14), elaboraremos un resumen del total de las operaciones a fin de facilitar la se visualicen de los datos de forma rápida. Adicionalmente, se hará constar en esta tabla, el número de requerimientos por mes, que han sido tomados como muestras para establecer el tiempo de duración del ciclo del proceso de cada uno de ellos, ciclo comprendido desde la recepción del requerimiento hasta la emisión de la orden de compra, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Número total de operaciones de compras durante el 2019 y numero de muestras tomadas

Año	Mes	Total MRs	Muestra
2019	Agosto	35	10
2019	Septiembre	50	22
2019	Octubre	53	22
2019	Noviembre	56	22
2019	Diciembre	57	20

Datos obtenidos de los registros de compras del Consorcio NOS (Fuente: Elaboración propia)

Los resultados obtenidos de los tiempos de duración del ciclo del proceso, respecto de los requerimientos tomados de muestras, se encuentran tabulados en la tabla 2, medidos en horas laborables.

Tabla 2

Resultado de los tiempos de duracion del ciclo del proceso medido en horas laborables

Muestras (Tiempos del proceso - horas)			
13	13	12.5	14
13.5	12.05	13.5	13
13.5	12.05	14	14
12	12.05	12.5	12.05
13	12.05	13	12.05
12.05	13.5	11.08	12
11.5	14	11.08	12.02
12.05	11.08	11.8	11.5
12.05	11	13	12.5
14	11.08	12	13.5
14.5	10	12.05	13
13	11.08	13.5	13
12.5	13	13.5	12.5
13	14	12.05	14
12.5	14	11.08	12
11.5	11.8	12.05	13.5
15	11.8	11.8	13
13.5	11.8	11.8	12.5
13.5	11.8	11.8	12
12.5	11.5	11.8	13
12	12.5	12.5	13
11	11.5	13	12.5
14	13	12.5	11
12.5	12.5	15	14
12.5	12.5	15	14

Datos obtenidos de los registros de compras del Consorcio NOS (Fuente: Elaboración propia)

4.2.2.2. Run Chart – Grafica del proceso

Para un análisis rápido del proceso, se graficaron los datos, con el propósito de determinar el comportamiento y la tendencia en el tiempo. Con respecto al patrón que tiene la gráfica, podemos interpretar que el proceso experimenta variaciones en su ciclo, cuyas causas a determinar, podrían ser de orden común.

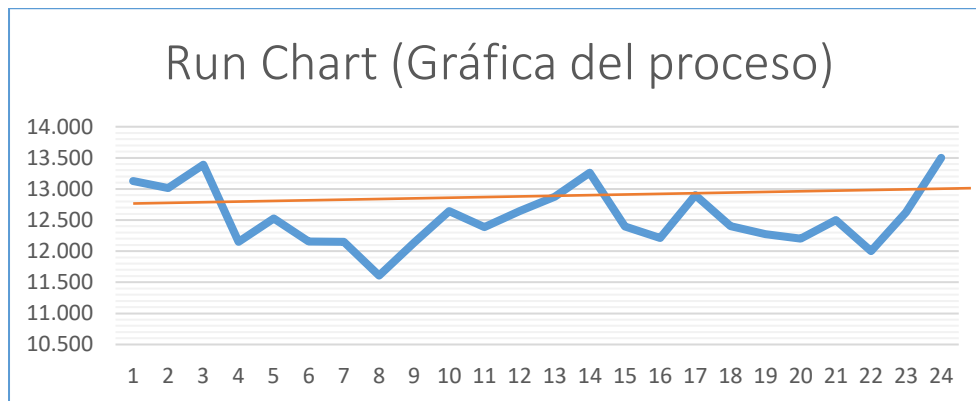


Figura 15. Grafica de comportamiento del proceso (Fuente: Elaboración propia)

4.2.2.3. Prueba de Normalidad del proceso de procura (Histograma)

Cuando se aplica una herramienta estadística que involucran variables continuas o cuantitativas, es importante determinar si la información obtenida del proceso, guarda un comportamiento sobre una distribución normal. La estadística dispone de varias pruebas para este efecto, entra las que se puede encontrar, las de Ji-cuadrado³, Kolmogorov Smirnov Lilliefors, Shapiro y Wilks o la prueba de Anderson Darling, sin embargo, una manera sencilla de realizar la prueba de normalidad, es construyendo un Histograma de Frecuencia (Gutiérrez, 2009).

- En la metodología Six Sigma, se dice que el proceso está estable cuando únicamente existe la variación normal del proceso. Para observar la forma de los datos, en la estadística de Six Sigma, se lo efectúa mediante la representación gráfica de ellos en forma de diagrama de barras histogramas (Gutiérrez, 2009).
- Los procesos estables son predecibles, están en control estadístico y tienen una capacidad de proceso conocida. Aquellos procesos donde no se obtiene la forma de datos que esperamos (función normal), es un indicativo de que la variación existente podría obedecer a una causa especial (Gutiérrez, 2009).
- La variación de causa común es la sumatoria de varias ‘causas posibles’, que no se pueden atribuir a una sola causa importante. La variación de causa común es

básicamente el ruido en el sistema. Cuando un proceso opera sujeto a una variación de causa común está en un estado de control estadístico (Gutiérrez, 2009)

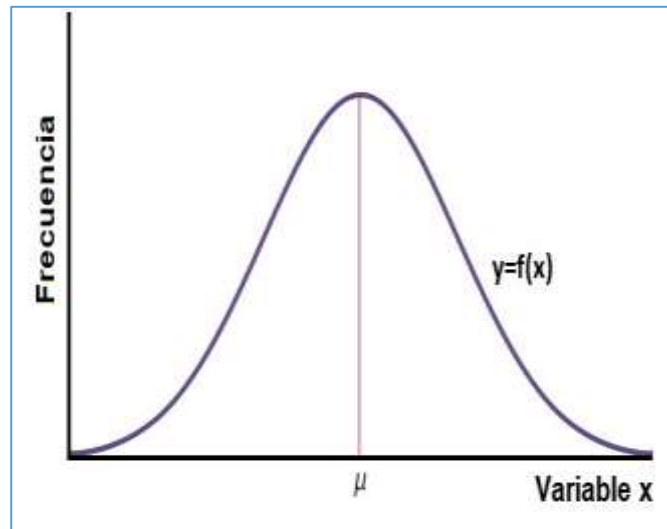


Figura 16. Función normal de un proceso. Estadística Six Sigma
Tomado de International Six Sigma Institute

Para la prueba de normalidad del proceso de procura y gestión de materiales del Consorcio NOS, graficaremos la frecuencia de las operaciones en el ciclo de la gestión de procura, en base los datos del muestreo, registrados en la tabla 2.

La forma de los datos obtenidos nos indica que guardan una forma de distribución normal, por lo tanto, se trata de un proceso estable, es decir, que el proceso está en un estado de control estadístico, tal como se observa en la figura 17.

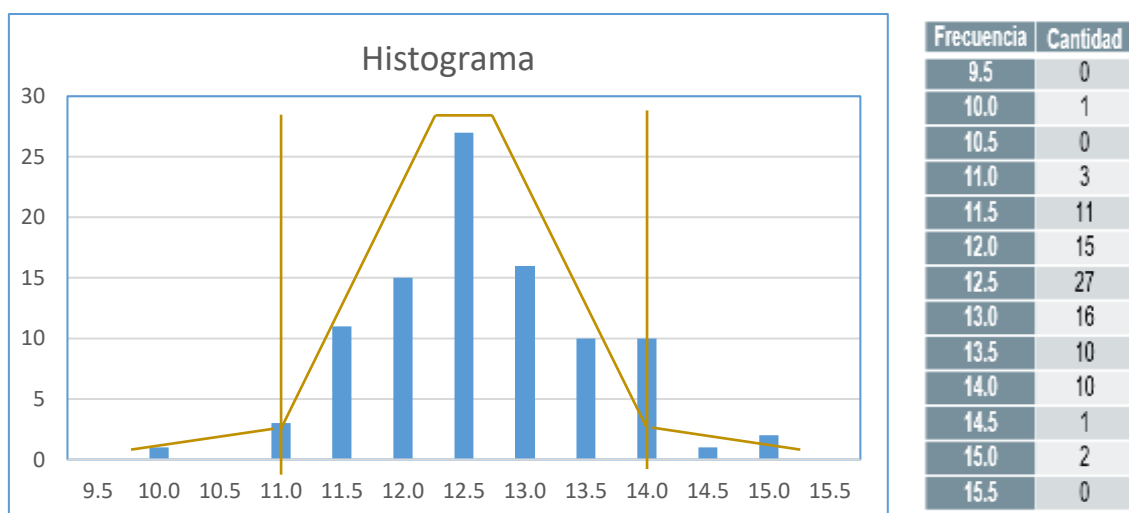


Figura 17. Histograma de frecuencia del proceso de la gestión de procura

Conforme a la estadística de Six Sigma, determinaremos la tendencia central del proceso, (media), la desviación estándar, los límites de control del proceso y el porcentaje de no conformidades (defectos) que tiene el proceso. Graficaremos la forma de la función normal del proceso (campana de Gauss) y los resultados obtenidos de la estadística Six Sigma del proceso de procura.

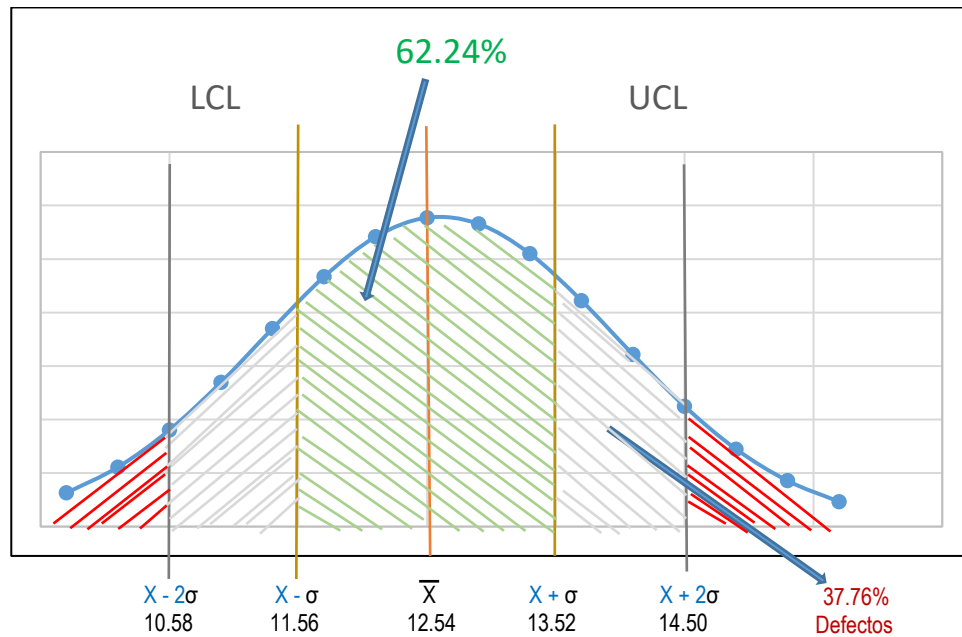


Fig. 18. Resultados de la Estadística Six Sigma del proceso de procura

- Los datos se muestran muy parecidos a una distribución normal
- El proceso está centrado, sin embargo, tiene mucha variabilidad
- La tendencia central del proceso es de 12.54 (media, \bar{X})
- La Desviación Estándar (Sigma) es de 0.98
 - $\bar{X} + \text{Sigma} = 12.54 + 0.98 = 13.52$
 - $\bar{X} - \text{Sigma} = 12.54 - 0.98 = 11.56$
 - $\bar{X} + 2 \text{ Sigma} = 12.54 + 1.96 = 14.50$
 - $\bar{X} - 2 \text{ Sigma} = 12.54 - 1.96 = 10.58$
- El 62.24% de las veces el proceso se va a ejecutar entre 11.56 horas y 13.52 horas
- El porcentaje de no conformidades o defectos está en el orden del 37.76%

- El 83% de las veces el proceso se ejecuta entre 11.0 horas y 14.0 horas
- El PNC (porcentaje de no conformidades) es de 37.76%
- Los DPMO (defectos por cada millón de oportunidades) son del 377600

$$*DPMO = PNC \times 1'000.000 = 0.3776 \times 1'000.000 = 377.600$$

Conforme a la valoración de los DPMO (Fig. 19), se puede establecer que el nivel de Calidad Six Sigma en que se encuentra el proceso es cercano a 2 sigmas. Sin embargo, se requiere determinar la capacidad del proceso para establecer con mayor exactitud el nivel de calidad Six Sigma del proceso.

Sigma	% Bueno	% Defectos	DPMO*
1	30.9%	69.1%	691.462
2	69.1%	30.9%	398.538
3	93.3%	6.7%	66.807
4	99.38%	0.62%	6.210
5	99.977%	0.023%	233
6	99.9997%	0.00034%	3.4

Figura 19. Niveles de Calidad Six Sigma
Tomado de International Six Sigma Institute

4.2.2.4. Capacidad del proceso

Para evaluar la capacidad de un proceso, es necesario conocer cuál es la amplitud natural de la variación, de una determinada característica de calidad establecida, para poder así conocer, en qué medida, tal característica de calidad es satisfactoria (Gutiérrez, 2009).

C_p es el término que se utiliza para definir la capacidad del proceso y es el resultado de dividir el ancho de las especificaciones (variación tolerada) entre la amplitud de la variación natural del proceso. Matemáticamente la capacidad del proceso se expresa como:

$$C_p = \frac{ES - EI}{6\sigma} \quad (\text{ecuación 3})$$

- El índice de capacidad del proceso C_p, refleja el potencial que tiene el proceso, si el promedio estuviera perfectamente centrado entre los límites de especificación del proceso. Entre más grande es el índice C_p, es mejor.

De acuerdo a los límites superior e inferior calculados para el proceso, se establece que la capacidad del proceso de procura tiene un valor de 0.51, valor que nos indica que el proceso no se encuentra perfectamente centrado, debido a las variaciones que presenta.

Los datos para los cálculos, para determinar los límites del superior e inferior del proceso, así como los valores para establecer los límites de control y poder determinar la capacidad del proceso, se encuentran tabulados en la tabla 3.

Tabla 3. *Tabulación de los datos y cálculos requeridos para determinar el índice de capacidad del proceso C_p .*

Xbar	R	LCL	CL	UCL	LCL	CL	UCL
13.125	1.500	11.057	12.545	14.03226	0	2.040	4.656231
13.013	1.450	11.057	12.545	14.03226	0	2.040	4.656231
13.388	1.950	11.057	12.545	14.03226	0	2.040	4.656231
12.150	0.500	11.057	12.545	14.03226	0	2.040	4.656231
12.525	0.950	11.057	12.545	14.03226	0	2.040	4.656231
12.158	2.420	11.057	12.545	14.03226	0	2.040	4.656231
12.150	2.920	11.057	12.545	14.03226	0	2.040	4.656231
11.608	0.970	11.057	12.545	14.03226	0	2.040	4.656231
12.138	2.000	11.057	12.545	14.03226	0	2.040	4.656231
12.645	2.920	11.057	12.545	14.03226	0	2.040	4.656231
12.388	4.500	11.057	12.545	14.03226	0	2.040	4.656231
12.645	2.420	11.057	12.545	14.03226	0	2.040	4.656231
12.875	1.000	11.057	12.545	14.03226	0	2.040	4.656231
13.263	1.950	11.057	12.545	14.03226	0	2.040	4.656231
12.395	2.920	11.057	12.545	14.03226	0	2.040	4.656231
12.213	2.000	11.057	12.545	14.03226	0	2.040	4.656231
12.900	3.200	11.057	12.545	14.03226	0	2.040	4.656231
12.400	1.700	11.057	12.545	14.03226	0	2.040	4.656231
12.275	1.700	11.057	12.545	14.03226	0	2.040	4.656231
12.200	1.500	11.057	12.545	14.03226	0	2.040	4.656231
12.500	1.000	11.057	12.545	14.03226	0	2.040	4.656231
12.000	2.000	11.057	12.545	14.03226	0	2.040	4.656231
12.625	3.000	11.057	12.545	14.03226	0	2.040	4.656231
13.500	2.500	11.057	12.545	14.03226	0	2.040	4.656231
12.545	2.040	Grafico X bar			Grafico R Bar		

Datos para cálculo obtenidos de los registros de compras del Consorcio NOS (Fuente: Elaboración propia)

A continuación se adjuntan las gráficas de los cuadros de control del proceso de gestión y procura del consorcio NOS, que se obtuvo con los cálculos de los límites de control.

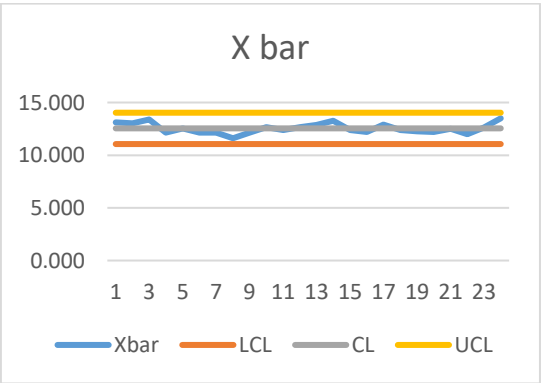


Figura 20. Gráfica de X bar del proceso de procura (Fuente: Elaboración propia)

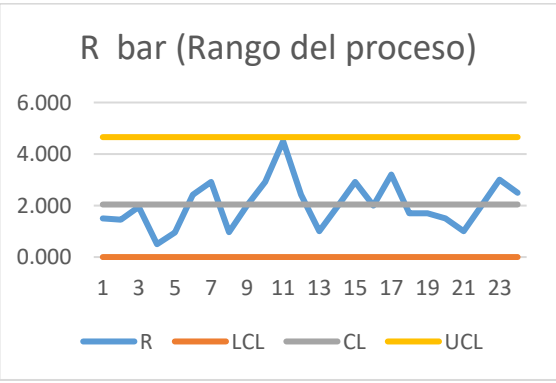


Figura 21. Gráfica de R bar del proceso de procura (Fuente: Elaboración propia)

El resumen de los resultados obtenidos de la evaluación del proceso de procura y gestión de materiales mediante la aplicación de la metodología Six Sigma, se detalla en la tabla 4.

Tabla 4.

Resultados de la evaluación del proceso de procura y gestión de materiales del Consorcio NOS aplicando la metodología Six Sigma

DATOS CALCULADOS	RESULTADOS
Media	12.54
LCL	11.0
UCL	14.0
Desviación estándar	0.98
Zl	1.57
Zu	1.48
PNC	37.76%
DPMO	377600
Cp	0.51
Cpk / CPKd	0.494324
Cpk / CPKI	0.524755
Sigma Level	1.4829719

Cálculos realizados conforme a la metodología Six Sigma (Fuente: Elaboración propia)

4.2.3. Ciclo DMAIC – Analizar

Una vez establecido el nivel de calidad Six Sigma del proceso, corresponde enfocarse en las variaciones que presenta el proceso, con el propósito de reducir las mismas y mejorar el proceso.

Reducir la variación de los procesos es un objetivo clave del control estadístico y de Six Sigma. Por lo tanto, es necesario entender los motivos de la variación, y para ello mediante el diagrama de Ishikawa de causa y efecto (diagrama de espina de pescado), se analizará las causas potenciales que estarían afectando el rendimiento del proceso.

- El diagrama de causa y efecto, se elaboró en base a la información obtenida de la revisión documental del proceso y las charlas (lluvia de ideas) con el personal de procura, de ingeniería y cliente. Se identificaron las causas potenciales y los correspondientes factores involucrados en la ejecución del proceso.

- En esta etapa corresponde identificar las X potenciales que están influyendo en los problemas de Y.



Figura 22. Diagrama de causa y efecto para el proceso de procura (Fuente: Elaboración propia)

A partir del diagrama de causa y efecto (figura 22) y del conocimiento del proceso, estableceremos las X potenciales que están causando ruido al proceso y que requieren ser analizadas a detalle, con el fin de determinar las verdaderas causas raíz del problema.

X1: Planeación

X2: Reprocesos

X3: Registros y reportes

X4: Proceso manual

Planeación:

- Es la actividad inicial más importante de toda la gestión de compras.
- En esta fase se dan a conocer la información relevante del proyecto, a todos los involucrados, principalmente se establecen roles y responsabilidades del equipo, plazos de entrega de los productos, se elabora el cronograma del proyecto y se traza una hoja de ruta del plan de trabajo. Esta fase es primordial para viabilizar el proceso de la gestión de procura y discutir los cronogramas de compras en función de las prioridades y plazos de entrega.

- Una planificación adecuada permite establecer las estrategias y planes de compra con la suficiente anticipación. Una gestión eficiente de compras mejora los tiempos productivos del proceso y genera ahorros para el proyecto.

Reprocesos:

- El tiempo de procesamiento de un requerimiento se extiende, si este no está bien especificado. El comprador o proveedor toma más tiempo del previsto para realizar las aclaraciones pertinentes con el usuario o peor aún, no cotiza lo que el usuario está esperando.
- La gestión de compra sufre retrasos (variaciones), cuando los usuarios no tienen el suficiente conocimiento del proceso, por tanto, su responsabilidad de emitir un requerimiento y gestionar la aprobación, no tiene el resultado requerido. El tiempo empleado en la revisión del requerimiento, obtención y evaluación de ofertas, se puede reducir instruyendo al usuario.

Registros y reportes:

- Establecer un mecanismo de comunicación directo es clave para el desarrollo del proyecto. Definir herramientas de control y seguimiento, así como los responsables de proporcionar la información necesaria y oportuna a todos los involucrados.
- Debido a la falta de un proceso estandarizado, se requiere generar formatos de reportes del proyecto en línea, a fin de que puedan ser utilizados por todos los involucrados, logrando que la información que genera el proceso, permanezca actualizada y disponible en todo momento.

Proceso manual:

- Considerando esta limitación, es indispensable que el personal de campo use las herramientas tecnológicas e infraestructura disponible en el área, para facilitar que el flujo de información no se detenga y consiga llegar a los involucrado del área de procura de forma oportuna. Como es de esperarse, un proceso manual va a experimentar mayor variabilidad que un proceso automático, por lo que, hay que enfocarse en la reducción de desperdicios del proceso.

5. CAPÍTULO V PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO

5.1. Ciclo DMAIC – Mejora

El objetivo es proponer e implementar soluciones que atiendan las causas raíz; es decir, corregir o reducir el problema. Para el caso de estudio, nos apoyaremos en las herramientas de optimización.

5.1.1. Planteamiento de mejora del proceso

Por la naturaleza del proyecto, el proceso de procura y gestión de materiales se enfoca en el servicio que brinda tanto para su cliente interno (área de proyectos), como para el cliente externo, siendo este último, con el que coordina una gran parte de la gestión administrativa que demanda el proceso.

Dado el manejo contractual que requiere la gestión de procura y los procesos de pago, mediante reembolso de gastos, muchas de sus actividades no pueden ser medidas en tiempo y forma, por lo que, la propuesta de mejora en cuanto a tiempos productivos, está enfocada al ciclo del proceso que maneja y controla plenamente el equipos de gestión de compras, mientras que en aquellas actividades, que dependen del flujo y celeridad que producen los distintos usuarios (clientes), la propuesta de mejora se apalancará en la optimización del proceso, para lo cual, al proceso clave de procura, se han adicionado varios flujos de gestión, con el propósito de generar valor al desarrollo y rendimiento del proceso.

5.1.2. Organigrama funcional del personal involucrado en el proceso

Toma en cuenta todos los actores involucrados en el proceso de gestión de compras y los roles que cumplen dentro la estructura, como se detalla en la figura 23.

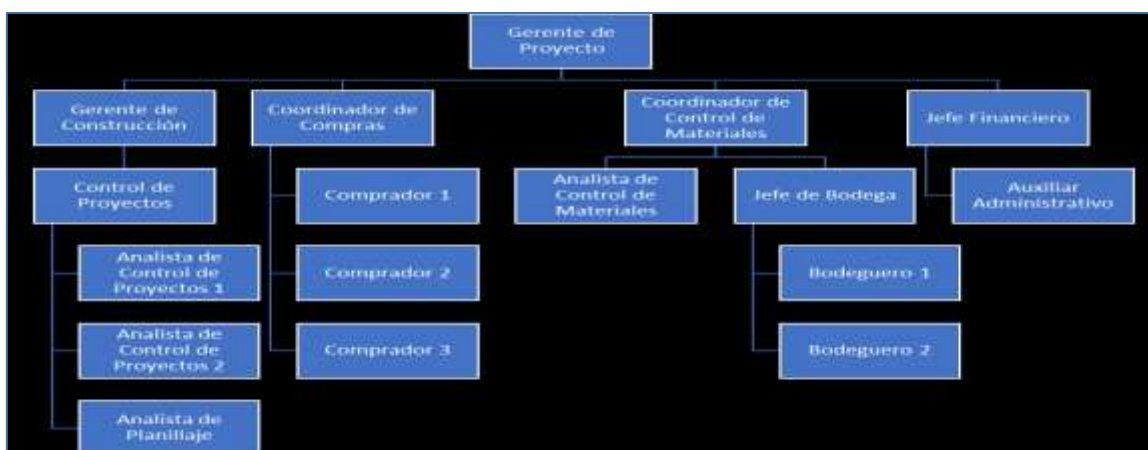


Figura 23. Organigrama funcional del personal involucrado en el proceso de procura y gestión de materiales del Consorcio NOS (Fuente: Elaboración propia)

5.1.3. Descripción del Flujo clave del proceso de procura

El flujo clave del proceso de procura y gestión de materiales, inicia con la emisión del requerimiento y finaliza con la aprobación de la planilla de reembolsos. El ciclo del proceso que puede ser medido de manera efectiva, comprende desde la recepción del requerimiento (MR) hasta la emisión de la orden de compra (PO). El tiempo del proceso referido al seguimiento y control de compra, comprende, desde la emisión de la orden de compra hasta la entrega recepción del material en el sitio de obra. Dependiendo del tipo de requerimiento, los tiempos de entrega recepción varían considerablemente, siendo los requerimientos de instrumentación y algunos eléctricos, los que más tiempo toman, debido a que regularmente no están disponibles en el mercado local, por lo que estas variaciones de tiempo en el proceso, obedecen a condiciones especiales, propias de la manufactura de estos materiales.

Los tiempos detallados en este flujo, corresponden a la gestión de compra de un requerimiento mecánico, realizado en los tiempos promedios esperados. Se receipta la requisición, se emite la solicitud de cotización (2 horas), se realiza aclaraciones del requerimiento (2 horas), se revisan las ofertas (1 hora), se realiza la negociación con el proveedor seleccionado (1 hora), se elabora la oferta comercial de compra y se envía para aprobación del cliente (4 horas). Finalmente se emite la orden de compra (2 horas) y culmina este ciclo clave del proceso. Este flujo se encuentra diagramado en la figura 24.

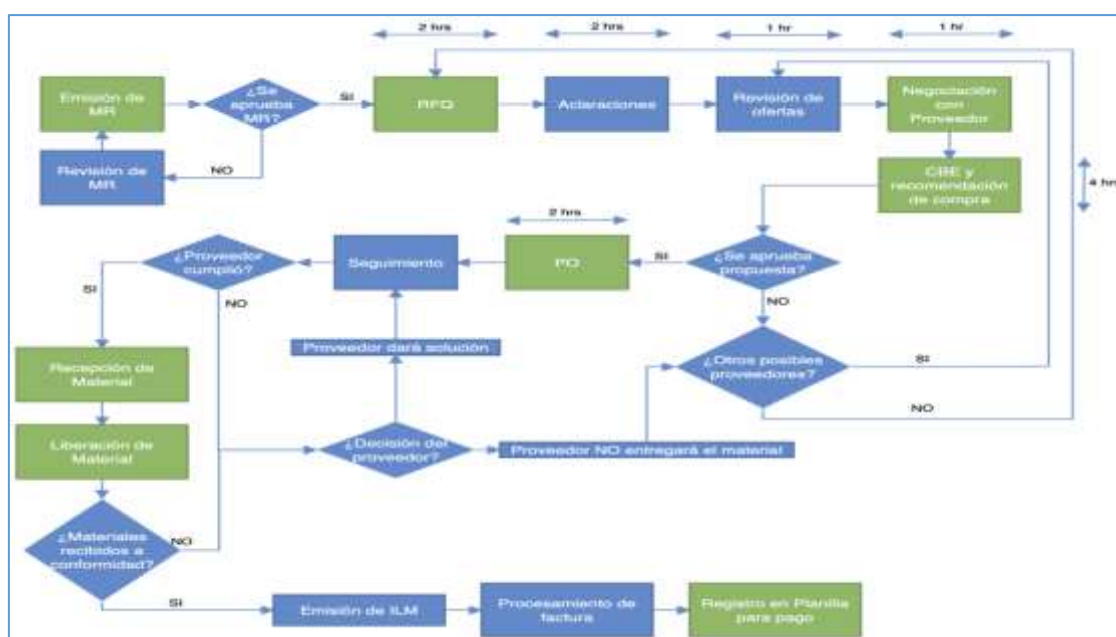


Figura 24. Flujo clave del proceso de procura y gestión de materiales del Consorcio NOS (Fuente: Elaboración propia)

5.1.4. Flujo clave optimizado planteado para la mejora proceso de procura

Se incorpora al proceso la actividad de planeación de gestión de compras (causa raíz de la variación del proceso), estableciendo los tiempos de duración de esta actividad, así como los roles y responsabilidades de los involucrados, enfocando como entregables de esta actividad el cronograma de compras y las estrategias de compra. Fig. 25.

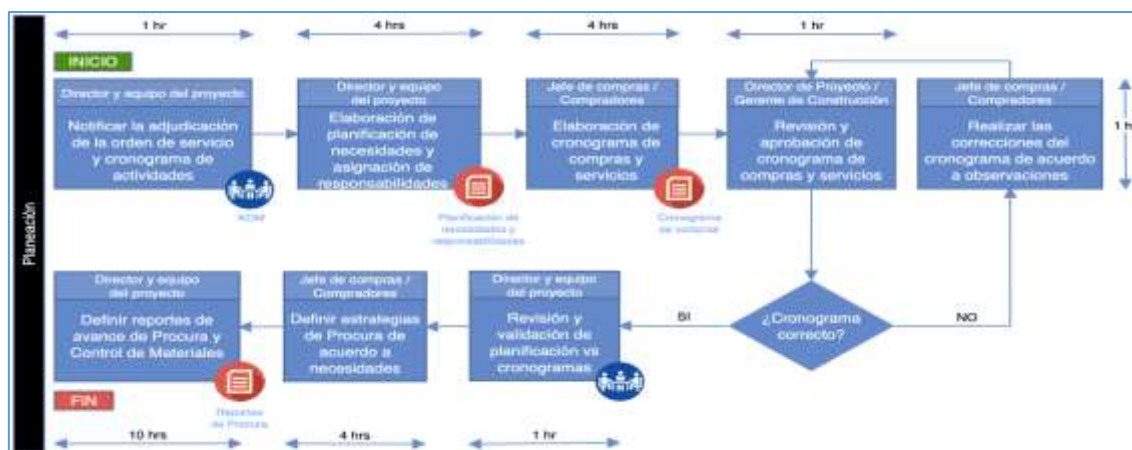


Figura 25. Flujo clave optimizado planteado para la mejora del proceso de procura y gestión de materiales, referido a la planeación de requerimientos (Fuente: Elaboración propia)

Se suman también actividades a la gestión del proceso compras, donde se miden los tiempos de gestión de ofertas y la gestión de aseguramiento de la calidad de los materiales, lo cual aporta a que los tiempos de entrega recepción de los materiales en el sitio del cliente, se reduzcan y los tiempos productivos del proceso para el cierre de las órdenes de compra, mejoren. Fig. 26

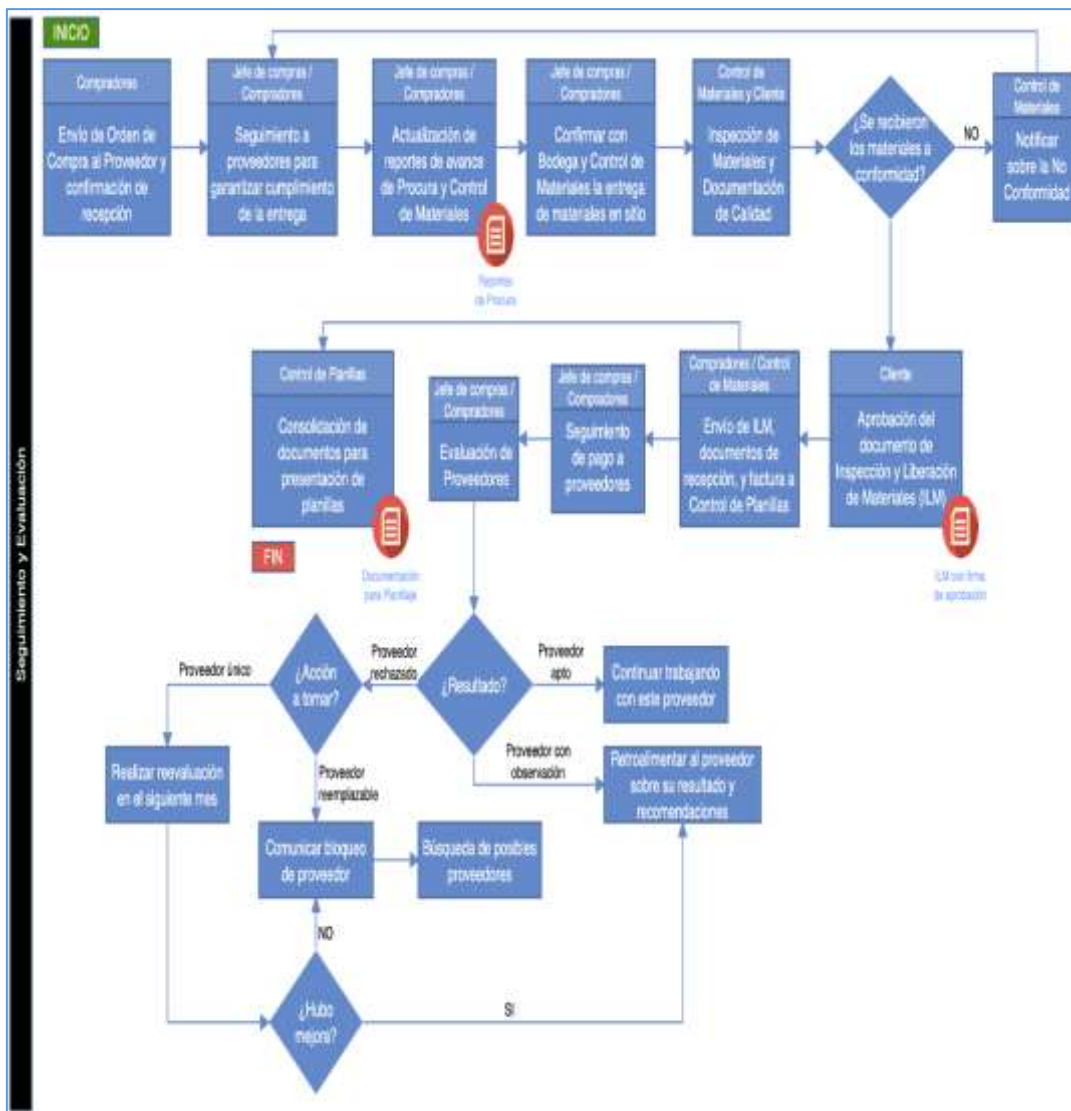


Figura 27. Flujo clave optimizado planteado para la mejora del proceso de procura y gestión de materiales (Fuente: Elaboración propia)

5.1.5. Ejercicio comparativo de tiempos reales y propuestos del proceso

Para el ejercicio, se tomó de los tiempos del registro de compras, el mejor tiempo realizado en el proceso de gestión de compra (10 horas), correspondiente a un requerimiento mecánico de válvulas de bola y check para líneas de flujo de producción. Los criterios tomados en consideración para el ejercicio son los siguientes:

- ¿Ciclo del proceso de gestión de compra? Comprendido desde la recepción de la orden de compra hasta la emisión de la orden de compra.
- ¿Medición del ciclo? Medido en horas laborables. Horas hombre de trabajo.
- ¿Clasificación de la compra? Recurrente (Son parte de las compras planificadas y representan aproximadamente el 70% del total de compras).

- ¿Promedio de requerimientos por plataforma? Cada plataforma requerirá un promedio de 10 MRs de material mecánico, 15 MRs de material eléctrico y 15 MRs de material de instrumentación.
- Enunciado del requerimiento a considerar para el ejercicio de comparación:
 - 4 Requerimientos de válvulas manuales de bola y check, bridadas RF, clase 300#, de acero al carbón, full port, ASME B16.20, para líneas de flujo de 4” y 6”, para las plataformas de producción NSN-D, NSN-E, YUC-D, YUC-E.

ITEM	DISCIPLINA	CODIGO CATALOGO DE BIENES PAM EP	CATEGORIA DE BIEN	MARCA
M-32	Mechanical	1.25.40	Válvulas mecánicas y con actuador (Gate, Ball, Check, Choke, Gauge, Globe, Butterfly, Needle)	ADP, AGCO, APCO, Alco, ALCO HI-TEK, Balon, Bray, Bonney Forge, Crane, Cameron, Center Line, Daniel, Demco, DHV, DSL, Edwards, Fairbanks, Flowseal, Flomatic, Flow-tek, Foster, FMC, KF, KF Eagle, Keystone, HEX, Jamesbury, Grove, MTS, Newco, Nitco, NOSHOK, Norris, Norisec, Nutron, Master Flo, Mueller, M&J, Posi-Seal, Powell, PSV, Quadrant, Smith, Swagelok, Valmatic, Velen, Vogt, Tom Whalley, TK, Walworth, Warren, WKM, Wheatley, Neway, Vahitalla, International Standard Valve (ISV), Neway, Arfa, YDF

Figura 28. Descripción del requerimiento para el ejercicio comparativo
Tomado del catálogo de bienes homologados de PAM

a) Planeación

- Flujo real: No se contempla esta actividad de manera formal. No se cuenta con un cronograma de compras.
- Flujo optimizado: Se incorpora esta actividad al proceso. Se da a conocer los plazos del proyecto; roles y responsabilidades para el desarrollo de un cronograma de compras; estrategias de compras y definición de reportes de la gestión de compras. El tiempo estimado de la planeación en el flujo optimizado es de 26 horas laborables.

Planeación	
Flujo Real	-
Flujo Optimizado	26 horas

b) Recepción de MR y solicitud de ofertas

- Actividades en el flujo real: Recepción y revisión de la MR. Se identifica el tipo de material, marcas aprobadas y posibles proveedores. Envío de correo de solicitud de cotizaciones (2 horas laborables).

- Actividades en el flujo optimizado: Recepción y revisión de las MR. Mayor conocimiento de la modalidad contractual. Se consolida los requerimientos. Se gestiona con proveedores de forma directa. Aclaraciones del requerimiento, soporte del proveedor, definición de estrategias de compra. Plazos y periodos de entrega de materiales. Mejores resultados en compras recurrentes (6 horas laborables).

Solicitud de Ofertas	
Flujo Real	2 horas
Flujo Optimizado	6 horas

c) Seguimiento y aclaraciones a proveedores.

- Se aclaran detalles finales previo a la elaboración de la evaluación comercial de oferta. No hay diferencia en los tiempos empleados para estas actividades (2 horas laborables).

Seguimiento y aclaraciones a proveedores	
Flujo Real	2 horas
Flujo Optimizado	2 horas

d) Elaboración y aprobación de la evaluación comercial de oferta (CBE).

- Actividades en el flujo real: Revisión de ofertas, negociación, elaboración y aprobación de CBE. Se emite una CBE por cada MR (4 horas laborables)
- Actividades en el flujo optimizado: Revisión de ofertas, negociación, elaboración y aprobación de CBE. Se emite una CBE por las 4 MR (6 horas laborables).

Revisión de ofertas, negociación, elaboración y aprobación de CBE	
Flujo Real	4 horas
Flujo Optimizado	6 horas

e) Creación y aprobación de Orden de Compra

- No hay diferencia en los tiempos empleados para estas actividades. Se emite una PO por cada MR (2 horas laborables).

Creación y aprobación de Orden de Compra	
Flujo Real	2 horas
Flujo Optimizado	2 horas

- f) Resultado del ejercicio de comparación de tiempos del proceso, del flujo real vs. El flujo optimizado.

Resultado	
Flujo Real	10 horas
Flujo Optimizado	42 horas

- La diferencia principal radica en la etapa de planeación, la cual no se contempla en el flujo real, sin embargo, se trata de la variación más crítica que presenta el proceso, la causa raíz principal del problema.
- Con la implementación de esta actividad, se reducen otras variables del proceso, lo que resulta en una mejora del flujo de la gestión de compras.
- Al tratarse de un contrato de servicios específicos para una industria que opera mayormente bajo estándares internacionales definidos (API, ASME), los equipos y materiales que se requieren para la construcción y montajes de facilidades están normados por estos estándares, por lo que son productos que se encuentran generalmente homologados, lo que permite y facilita generar un cronograma de compras con un pronóstico de cumplimiento muy acertado.
- Tomando en cuenta los tiempos que emplea el proceso, en la gestión administrativa con el cliente para la aprobación de las órdenes de compra, el esquema consolidado, disminuirá sustancialmente los tiempos empleados en esta actividad clave para el proceso so de gestión de compras.

En base al ejemplo, al tratarse de requerimientos de uso recurrente, el empleo del sistema consolidado de compras, resulta una opción importante, para optimizar el proceso. Los resultados numéricos obtenidos, representa un ahorro de tiempo importante para el proceso clave de gestión de compras.

La mejora más representativa se observa en la reducción de las horas hombre de trabajo, lo cual conlleva a reducir los tiempos de la gestión administrativa del proceso,

minimizando los reprocesos de actividades intermedias y mejorando los tiempos productivos de la operación.

Para el cliente, el simplificar actividades administrativas que le competen y contar una proyección cronológica de la gestión de compras del proyecto, se traduce en un servicio eficiente y de calidad, logrando con ello, el objetivo más importante dentro del proceso, que es la satisfacción del cliente. Para el Consorcio NOS, se traducirá como un valor agregado a la cadena productiva del proceso y el resultado se reflejará principalmente en la reducción de tiempos para cerrar las órdenes de compra.

El resultado numérico del ejercicio, muestra la relación de tiempos y los productos que se generan en el ciclo de la gestión de compras. En el flujo real, las actividades demandan más tiempo, sin embargo, en el flujo optimizado se adiciona un importante número de horas de trabajo, que corresponden a la actividad de la planificación (Fig. 29).

Requerimientos de válvulas de 4 plataformas						
	Planificación	Solicitud de ofertas	Seguimiento	Negociación y CBE	Orden de Compra	Total (hrs)
Flujo Real	0	8	8	16	8	40
Flujo Optimizado	26	6	2	6	2	42

Figura 29. Resultados del ejercicio comparativo de tiempos del ciclo del proceso de gestión de compras (Fuente: Elaboración propia)

Del resultado numérico obtenido (flujo real 40 horas, flujo optimizado 42 horas), se observa que, al tratarse una sola requisición, la diferencia de tiempos no es de gran impacto, sin embargo, al emplear el esquema consolidado de compras por plataforma, el impacto es importante, ya que representaría una reducción de horas hombre de trabajo y por consiguiente mayor productividad del proceso.

Al aplicarse un modelo de compras consolidadas la reducción de tiempo en horas hombre de trabajo podría ser de al menos 214 horas laborables. Para el caso del ejercicio se ha planteado compras consolidadas por plataforma, tomando en cuenta que las construcciones de al menos de dos plataformas, se efectúan al mismo tiempo. En la relación numérica de resultados, el lograr consolidar las compras de 4 plataformas de producción a la vez, daría como resultado un ahorro de trabajo en horas hombre de 934 horas laborables (Fig. 30).

Tiempo Total Empleado					
Descripción	Cantidad MRs	Flujo Actual (hrs)	Flujo Optimizado (hrs)	Diferencia (hrs)	Diferencia (días laborables)
MRs de válvulas para 4 plataformas	4	40	42	-2	-0.25
MRs de material mecánico de 4 plataformas	40	400	186	214	26.75
MRs de instrumentación de 4 plataformas	60	600	266	334	41.75
MRs de material eléctrico de 4 plataformas	60	600	266	334	41.75
MRs de todos los materiales de 4 plataformas	160	1600	666	934	116.75

Figura 30. Resultado numérico del ejercicio comparativo de tiempos del ciclo del proceso de gestión de compras con un esquema consolidado por plataformas de producción (Fuente: Elaboración propia)



Figura 31. Representación gráfica del resultado del ejercicio comparativo de tiempos del ciclo del proceso de gestión de compras con un esquema consolidado por plataformas de producción (Fuente: Elaboración propia)

En relación con el estado actual del proceso de procura y gestión materiales del consorcio NOS, las variaciones presentes ocasionan un tiempo de retraso de un 20% más, con respecto al promedio planificado. Con el sistema de compras consolidado, planteado como propuesta de mejora, se reducen considerablemente las actividades y tareas del proceso, lo que evidentemente reduce los tiempos de la gestión de compras, principalmente en la gestión administrativa con el cliente.

- El tiempo promedio estimado del proceso de procura y gestión de materiales del consorcio NOS, desde la recepción del requerimiento hasta el cierre de la orden de compra, está estimado en 35 días (200 horas laborables), para que se logre cumplir de manera eficiente los periodos de pago vía reembolsables por el cliente, dentro de los 60 días posteriores a la emisión de la orden de compra.

Si bien por el momento no se puede determinar en qué porcentaje se logrará reducir los tiempos totales del proceso de procura y gestión de compras del consorcio NOS, si se puede asegurar que, como efecto de optimizar e incrementar la productividad del trabajo del grupo humano que gestiona el proceso de compras del consorcio NOS (reducción de las horas hombre), se evidenciará una reducción importante de actividades y tareas, al emplear el esquema consolidado de compras.

- En el sistema consolidado de compras, el número de órdenes que se generan, disminuyen notablemente frente a las que se generan en el curso regular del proceso, debido a que, al tratarse de requerimientos homologados, la negociación y gestión de compra se realizaría una sola vez por cada ítem con el proveedor, así este, una vez con la orden de compra en mano, puede proyectar y planificar la entrega recepción de materiales de manera eficiente.

Finalmente, podríamos estimar el ahorro que podría tener la aplicación de este planteamiento de mejora, considerando un costo de hora hombre de 25 USD y como talento humano, el número de 10 personas que están directamente involucradas en el proceso de procura y gestión de materiales del consorcio NOS, en función de los resultados obtenidos en el ejercicio comparativo (Fig. 30), obteniendo como resultado, ahorros de al menos unos 50 mil USD, como se detalla en la figura 31, aplicando una gestión eficiente del proceso.

Monto del ahorro estimado con la aplicación del planteamiento de mejora del proceso					
Descripción	Cantidad MRs	Flujo Optimizado (hrs)	Ahorro (hrs)	Costo USD Hora hombre	Monto de ahorro (USD)
MRs de válvulas para 4 plataformas	4	42	-2	25 (x 10)	-
MRs de material mecánico de 4 plataformas	40	186	214	25 (x 10)	53.500
MRs de instrumentación de 4 plataformas	60	266	334	25 (x 10)	83.500
MRs de material eléctrico de 4 plataformas	60	266	334	25 (x 10)	83.500
MRs de todos los materiales de 4 plataformas	160	666	934	25 (x 10)	233.500

Figura 31. Monto estimado de ahorro, con la aplicación del planteamiento de mejora al proceso de procura y gestión de materiales (Fuente: Elaboración propia)

6. CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- Mediante el uso de la metodología Six Sigma, se ha conseguido evaluar el proceso de procura y gestión de materiales del Consorcio NOS, logrando alcanzar los objetivos propuestos para este estudio.
- El proceso de gestión de compras del consorcio NOS, al ser manual necesariamente tiene que presentar variaciones, a diferencia de un proceso automático, donde las variaciones que se presentan, son menores o mínimas.
- El ciclo del proceso de gestión de compras del consorcio NOS, luego de establecido su capacidad (Cp), tiene un nivel calidad 1.45 sigmas. Lo cual indica que el proceso tiene un porcentaje importante de variaciones (defectos), sin embargo, como todo proyecto Six Sigma, es susceptible de mejora.
- A mayor porcentaje de defectos, mayor error, menos calidad. A menor porcentaje de defectos, menor error y por consiguiente más calidad. Las sigmas se calculan en base a las especificaciones del cliente.
- Mediante el diagrama de causa y efecto de Ishikawa, se determinó que el problema de las variaciones que presenta el proceso de procura y gestión de compras del consorcio NOS, radica en que no es lo suficientemente eficiente, siendo una de las principales causa raíz del problema, la ausencia de una actividad formal de planeación para la gestión de compras, a través de la cual, se reducen en un porcentaje importante variables como: la ausencia del cronograma de compras, reprocesos por cambios en especificaciones de MRs y/o aclaraciones, la falta de un proceso de procura estandarizado, entre otras.
- El planteamiento de mejora mediante la aplicación de metodologías y herramientas de calidad y de gestión de procesos, puede representar ahorros importantes de dinero y de tiempo, para el proceso de procura y gestión de materiales del consorcio NOS. De acuerdo al ejercicio comparativo, este ahorro podría ser de al menos 50 mil dólares, sin tomar en cuenta.
- Otra mejora importante, que resulta de este planteamiento, es que al mejorar la productividad del personal involucrado en la gestión de compras (man power), los

tiempos totales de duración del proceso (hasta cerrar la orden de compra), van a reducirse, con lo que se logrará bajar el 20% de sobre tiempo que lleva el proceso, seguramente al planificado de 35 días.

Recomendaciones:

- Considerando los montos importantes de dinero que se podría ahorrar, manteniendo un proceso eficiente, se recomienda implementar la aplicación de metodologías o herramientas de calidad que permitan medir y mejorar la eficiencia del proceso de procura y gestión de materiales del consorcio NOS.
- Si bien el nivel de calidad Six Sigma está cerca del nivel 2, es recomendable seguir midiendo el proceso y disminuyendo aún más las variaciones residuales, con la finalidad de lograr un plan operacional de compras que vaya de la mano con el cronograma de compras, a fin de que los retornos de la inversión se realicen en los tiempos requeridos.

REFERENCIAS

- Bravo, J. (2009). *Gestión de Procesos*. Santiago de Chile: Evolución S.A.
- Gutiérrez, H. (2009). *CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD Y SEIS SIGMA*. México, D. F: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Herrera Acosta, R. J., & Fontalvo Herrera, T. J. (2011). Retrieved from http://biblioteca.utec.edu.sv/siab/virtual/elibros_internet/55821.pdf
- INTERNATIONAL SIX SIGMA INSTITUTE™. (2014). *SIX SIGMA REVEALED TRAINING BOOK*.
- NOROCCIDENTAL. (n.d.). Retrieved from <https://www.noroccidental.com/>
- Noroccidental, G. (n.d.). Retrieved from <https://www.noroccidental.com/>
- Ocampo, J., & Pavón, A. (2012). *LACCEI*. (1. L. Technology, Ed.) Retrieved from <http://laccei.org/LACCEI2012-Panama/RefereedPapers/RP147.pdf>
- Petroamazonas EP. (s.f.). *Petroamazonas EP*. Retrieved from <https://www.petroamazonas.gob.ec/?p=9150>
- Sangri Coral, A. (2014). *Administración de compras. Adquisiciones y abastecimiento*. Mexico DF: GRUPO EDITORIAL PATRIA, S.A. DE C.V.
- SEDEMI. (n.d.). *SEDEMI*. Retrieved from <https://www.sedemi.com/index.php>
- SEDEMI, G. (n.d.). Retrieved from <https://www.sedemi.com/index.php>