

**APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA SIX SIGMA Y LINEAMIENTOS PARA UN
PLAN DE IMPLEMENTACION CONTINUA QUE PERMITA LA OPTIMIZACIÓN
DE PROCESOS Y MEJORA EN LA PRODUCCIÓN PARA LA PLANTA DE
MEZCLA ASFÁLTICA UBICADA EN EL KILÓMETRO 20 VÍA
BARRANCABERMEJA-BUCARAMANGA**

**CARLOS GIRALDO JAIMES
MALORY QUINTERO MUÑOZ**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE
PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN
BUCARAMANGA**

2017

**APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA SIX SIGMA Y LINEAMIENTOS PARA UN
PLAN DE IMPLEMENTACION CONTINUA QUE PERMITA LA OPTIMIZACIÓN
DE PROCESOS Y MEJORA EN LA PRODUCCIÓN PARA LA PLANTA DE
MEZCLA ASFÁLTICA UBICADA EN EL KILÓMETRO 20 VÍA
BARRANCABERMEJA-BUCARAMANGA.**

**CARLOS GIRALDO JAIMES
MALORY QUINTERO MUÑOZ**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
especialistas en gerencia de proyectos de construcción**

**DIRECTOR:
GUILLERMO MEJIA AGUILAR
PhD. Gerencia de proyectos de construcción**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE
PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN
BUCARAMANGA**

2017

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	12
1. PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE	15
1.1 PROCESO ESTANDAR DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EN PLANTA	15
2. MARCO TEÓRICO	19
2.1 ESTADO DE ARTE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES	19
2.2 METODOLOGIA SIX SIGMA “6σ”	21
2.2.1 Principios	22
2.2.2 Herramientas estadísticas para el manejo y análisis de datos.....	27
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	29
4. OBJETIVOS.....	31
4.1 OBJETIVO GENERAL	31
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	31
5. VIABILIDAD	33
6. ALCANCE	34
7. METODOLOGIA	35
7.1 PROCEDIMIENTO.....	35
7.2 HERRAMIENTAS/INSTRUMENTOS	36
7.3 DATOS:.....	36

7.4 ANÁLISIS DE DATOS PARA LA ETAPA DE DEFINICIÓN DE LA PRODUCCIÓN INICIAL Y POSTERIOR ETAPA DE IMPLEMENTACIÓN DEL PRIMER CICLO DMAMC	37
7.4.1 Etapa de definición de la producción inicial de la planta de mezcla.....	37
7.4.2 Etapa de posterior a implementación de primer ciclo DMAMC.	41
8. RESULTADOS.....	44
8.1 ENTREGABLES	45
8.2 IMPACTO BENEFICIO	46
9. PLAN DE TRABAJO (WBS) Y PRESUPUESTO	47
9.1 CRONOGRAMA	47
9.2 PRESUPUESTO.....	48
10 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN CONTINUA DE METODOLOGIA SIX SIGMA .	49
10.1 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN	53
10.1.1 Ejemplo de implementación del ciclo DMAMC sobre “Reprocesos y tiempos perdidos por la calidad final de la mezcla producida”.	53
11. CONCLUSIONES	62
BIBLIOGRAFÍA.....	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Proceso esquemático de producción de mezcla asfáltica	16
Figura 2. Diagrama de flujo para el proceso de producción de mezcla asfáltica en caliente en planta de ASA CONSTRUCCIONES S.A.S.....	17
Figura 3. Diagrama de flujo evidencia la producción de la planta de dosificación en caliente.....	18
Figura 4. Estructura directiva y técnica de six sigma	23
Figura 5. Actores y roles en six sigma	24
Figura 6. 5 etapas en la realización de un proyecto six sigma	25
Figura 7. Niveles six sigma en procesos.....	27
Figura 8. Representación de calidad en niveles six sigma.....	27
Figura 9. Niveles six sigma	28
Figura 10. Organigrama	49
Figura 11. Metodología DMAIC.....	51

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis de datos mes 1 octubre 2016.....	38
Cuadro 2. Análisis de datos mes 2 Noviembre 2016.....	39
Cuadro 3. Análisis de datos mes 3 diciembre 2016.....	40
Cuadro 4. Análisis de datos mes 4 enero 2016.....	42
Cuadro 5. Análisis de datos mes 5 febrero 2016	43
Cuadro 6. Resumen para las etapas de definición de la producción inicial y posterior etapa de implementación del primer ciclo DMAMC:.....	44
Cuadro 7. Cronograma de actividades.....	47
Cuadro 8. Presupuesto.....	48
Cuadro 9. Ciclo DMAMC “etapa definir”	53
Cuadro 10. Ciclo DMAMC “etapa medir”	54
Cuadro 11. Formato periodo “toma de datos sobre el control diario de volquetas”	55
Cuadro 12. Ciclo DMAMC “etapa analizar”	56
Cuadro 13. Modelo para el procesamiento de datos	57
Cuadro 14. Ciclo DMAMC “etapa mejorar”	58
Cuadro 15. Ciclo DMAMC “etapa controlar”	59

RESUMEN

TITULO: APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA SIX SIGMA Y LINEAMIENTOS PARA UN PLAN DE IMPLEMENTACION CONTINUA QUE PERMITA LA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS Y MEJORA EN LA PRODUCCIÓN PARA LA PLANTA DE MEZCLA ASFÁLTICA UBICADA EN EL KILÓMETRO 20 VÍA BARRANCABERMEJA-BUCARAMANGA.*

AUTOR: CARLOS GIRALDO Y MALORY QUINTERO**

PALABRAS CLAVE: Metodología Six Sigma, Planta de mezcla asfáltica. Tiempos de cargue.

DESCRIPCION

Colombia está atravesando una etapa de avance en el área de infraestructura, las vías cada día se vuelven más importantes como factor de desarrollo y el aumento de vehículos, obliga al Estado a crear y modificar carreteras para suplir las necesidades de movilidad. Por este motivo la demanda de mezcla asfáltica crece en relación a estos nuevos requerimientos en las vías.

En el presente trabajo se analizaron los procesos de producción de la planta de mezcla asfáltica ubicada en el kilómetro 20 vía Barrancabermeja- Bucaramanga, con el fin de evaluar los tiempos de cargue e identificando demoras en la producción de la mezcla. Comparando dichos tiempos con la capacidad instalada de la planta de 30 m³/hora o 30 minutos por cargue de 15 m³.

Aplicando la metodología Six Sigma, identificando actividades relevantes de la producción y posibles mejoras, luego ejecutando un plan de implementación y mejora continua para reducir los tiempos de cargue en relación a la capacidad instalada, teniendo en cuenta el nivel Six Sigma y el índice de rendimiento. Se identificó una oportunidad de mejora con base al comportamiento de los conductores previo a la etapa de cargue, posterior a esto mediante la aplicación de un primer ciclo DMAMC (Definir, medir, analizar, mejorar y controlar), se obtiene una disminución en los tiempos de cargue.

Basados en los resultados obtenidos se diseña un plan de implementación y mejora continua, el cual contiene los lineamientos sobre las diferentes etapas de los ciclos continuos DMAMC que serán aplicados a futuro por parte de la empresa. Según sea el enfoque en el que la compañía identifique posibles mejoras, mediante el análisis Six Sigma se obtiene una mejora en la producción, lo cual representa la viabilidad de la implementación de la metodología.

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Especialización en Gerencia de Proyectos de Construcción. Director: PhD. Guillermo Mejía Aguilar.

ABSTRACT

TITLE: APPLICATION OF THE SIX SIGMA METHODOLOGY AND GUIDELINES FOR A CONTINUOUS IMPLEMENTATION PLAN THAT ALLOWS THE OPTIMIZATION OF PROCESSES AND IMPROVEMENT IN THE PRODUCTION FOR THE ASPHALT MIXER PLANT LOCATED AT KILOMETER 20 ON THE BARRANCABERMEJA-BUCARAMANGA ROAD.*

AUTHOR: CARLOS GIRALDO Y MALORY QUINTERO**

KEY WORDS: Six Sigma methodology, asphalt mixer plant, loading times

DESCRIPTION:

Colombia is going through a stage of progress in the area of infrastructure, the roads becomes more important as a development factor and also the raise of the vehicles, forces the government to create and modify roads to supply the necessities of mobility. For this reason the demand of asphalt mixture increases because of those new roads requirements.

In the present work the processes of production of the asphalt mixer plant located at kilometer 20 on the Barrancabermeja-Bucaramanga road were analyzed, in order to evaluate the loading times and identify production delays of the asphalt mixture. Associating those times with the plant installed capacity of 30 m³/hour or 30 minutes per load of 15 m³.

Applying Six Sigma methodology, identifying relevant production activities and possible improvements, then performing an implementation plan and continuous improvement to reduce the loading times in relation to installed capacity, taking into account the Six Sigma level and the performance index. An opportunity for improvement was identified at the previous stage of loading based on the behavior of drivers, after this by the application of a first DMAIC cycle (Define, Measure, Analyze, Improve, and Control), a decrease in loading times is obtained.

According to the obtained results an implementation plan and continuous improvement is designed, which contains the guidelines over the different stages of continuous DMAIC cycles that will be applied in the future by the company. Depending on the approach in which the company identifies possible improvements, through the Six Sigma analysis an improvement in the production will be found, which represents the viability of the methodology implementation.

* Bachelor Thesis

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Especialización en Gerencia de Proyectos de Construcción. Director: PhD. Guillermo Mejía Aguilar.

INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la creciente demanda de pavimento flexible para la construcción de nuevas vías y particularmente en zonas de influencia a la ciudad de Barrancabermeja, donde la concesionaria Ruta del Cacao liderará el diseño, la construcción, financiación, operación y mantenimiento de la Autopista Bucaramanga – Barrancabermeja. Se identifica la necesidad de contar con una mayor producción de mezcla asfáltica que a su vez garantice un suministro constante, que suplan los requerimientos de los proyectos actuales y emergentes de la región. No solamente en esta zona está creciendo la demanda de construcción de carreteras; un claro ejemplo del avance a nivel nacional respecto al tema es el proyecto liderado por el gobierno actual, las Vías 4g; que buscan la construcción y operación de 7000km de carreteras, incluyendo 1370 kilómetros de dobles calzadas, 141 unidades de túneles y 1300 unidades de viaductos, contando con más de 40 concesiones.

La manera en la que se van a financiar las concesiones es totalmente diferente a lo realizado en ocasiones anteriores, se pagará solamente cuando se finaliza la etapa de construcción; y entrarán a calificar las que puedan soportarlo; el gobierno ya mostró el proyecto a algunos inversionistas extranjeros en Londres, en la quinta versión del Colombia Insideout organizado por la Agencia Nacional de Infraestructura ANI, que busca aumentar la productividad del país modernizando la infraestructura del transporte y la conexión entre regiones.

“Las carreteras 4G están divididas en grupos o corredores;

Grupo 1: Centro Sur

- Kilómetros: 879
- Inversión: 2,3 billones de pesos

- Peajes actuales: 6
- Peajes nuevos: 7- 9
- Ibagué - Pto Salgar - Girardot (\$481.000 millones de pesos)
- Girardot - Neiva
- Neiva – Mocoa - Santana

Grupo 2: Centro Occidente

- Kilómetros: 783
- Inversión: 4,9 billones de pesos
- Peajes actuales: 8
- Peajes nuevos: 3
- Ibagué - La Paila
- Buga - Buenaventura
- Mulaló - Loboguerrero
- Santander de Quilichao – Chachagui – Pasto -Rumichaca

Grupo 3: Centro Oriente

- Kilómetros: 1389
- Inversión: 7 billones de pesos
- Peajes actuales: 14
- Peajes nuevos: 5
- Villavicencio – Agua Clara – Yopal – Tame – Arauca
- Villavicencio – Pto Lopez – Pto Arimena
- Bogotá – Villavicencio (Doble calzada)
- Malla vial del Meta

Grupo 4: Norte

- Kilómetros: 1487
- Inversión: 5,2 billones de pesos

- Peajes actuales: 11
- Peajes nuevos: 6
- Cartagena – Barranquilla – Malambo
- Barranquilla – Santa Marta
- San Roque – Paraguachón
- Caucasia – Cruz del Viso
- Cereté – Ponedera

Este proyecto busca mejorar la competitividad del país reduciendo los tiempos de transporte, carga y costo, cuenta con un presupuesto de más de 50 billones de pesos y tiene un tiempo estimado de 6 años después de adjudicado.“ (Información tomada de Wikipedia (2016). Vías 4G Colombia)”.

Teniendo en cuenta la demanda creciente de mezcla asfáltica y los retos de producción que esto plantea. En la actualidad existe una planta en operación de carácter privado, la cual tiene una capacidad instalada de producción de 30m³/hora. Se busca entonces lograr poca variación entre los volúmenes de producción por hora, representados en los tiempos de despacho del producto. Se pretende mediante la aplicación de la metodología Six Sigma lograr optimizar el proceso de proceso de producción buscando mantener la capacidad instalada, en unos rangos que generen confiabilidad dada su poca variabilidad.

De la misma forma se plantea el reto de generar y lograr implementar un plan continuo de la metodología que a futuro logre un aumento en la producción, garantizando una continuidad del suministro y asegurando la calidad del producto final.

1. PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

Una planta de asfalto es la alianza de equipos mecánicos, eléctricos, en donde el material pétreo se calienta, es mezclado con cemento asfáltico y da como resultado una mezcla asfáltica con diferentes especificaciones solicitadas por el cliente. Las plantas asfálticas en general pueden ser de dosificación o mezcladora con tambor, pueden ser fijas o móviles, grandes o pequeñas.

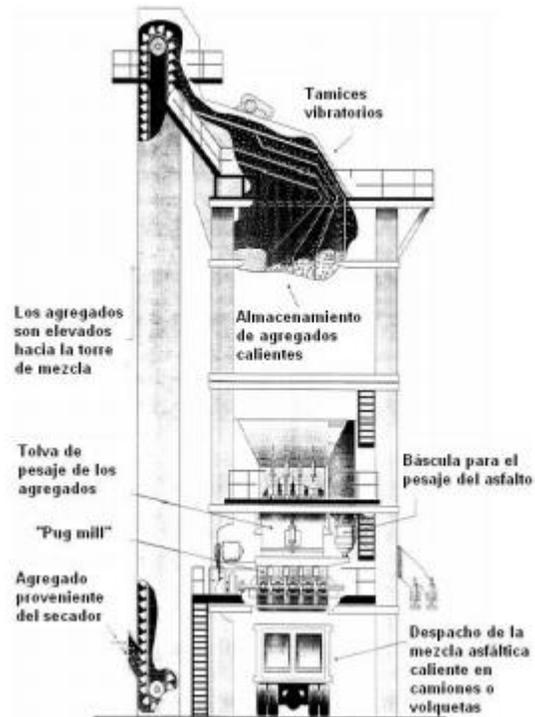
La planta de mezclado continuo introduce el agregado y el cemento asfáltico, se combinan y mezclan de manera ininterrumpida hasta terminar la dosificación deseada. La homogenización de los materiales se hace por mediciones volumétricas basadas en el peso deseado; con las plantas por tambor, las mezclas asfálticas en caliente se elaboran con un sistema de alimentación en frío, un sistema dosificador de asfalto, un tambor secador mezclador giratorio y un silo de almacenamiento. El fin es el mismo, producir una mezcla que cumpla las proporciones de asfalto y agregados necesarios dichos en la norma; en este proyecto se trabajará con una planta continua con tambor mezclador

1.1 PROCESO ESTANDAR DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EN PLANTA

- Se acopia el material granular; se hacen diferentes acopios dependiendo del tamaño del mismo
- El cargador encargado recoge el material necesario, lo transporta y lo lleva a la tolva respectiva
- Ya llenadas las tolvas se procede por vibración a descargar el material hacia la banda horizontal buscando liberarla del contenido de agua naturalmente
- Los materiales pétreos se calientan entre 150°C y 190°C

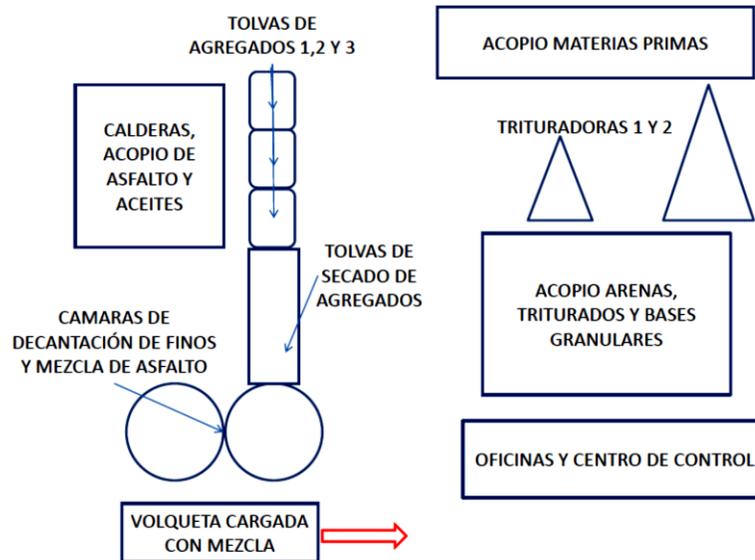
- El asfalto líquido se calienta y se pesa para obtener el deseado en la mezcla final
- Los materiales previamente ya pesados y calientes salen de sus compartimientos hacia una tolva donde se pesan y se combinan en un tiempo no mayor a 60 segundos
- Para terminar, la mezcla es transportada por bandas o se deja caer en los carros en los que será llevada a su destino final

Figura 1. Proceso esquemático de producción de mezcla asfáltica



Fuente: United States Environmental Protection Agency; Hot mix asphalt production and testing;2000.

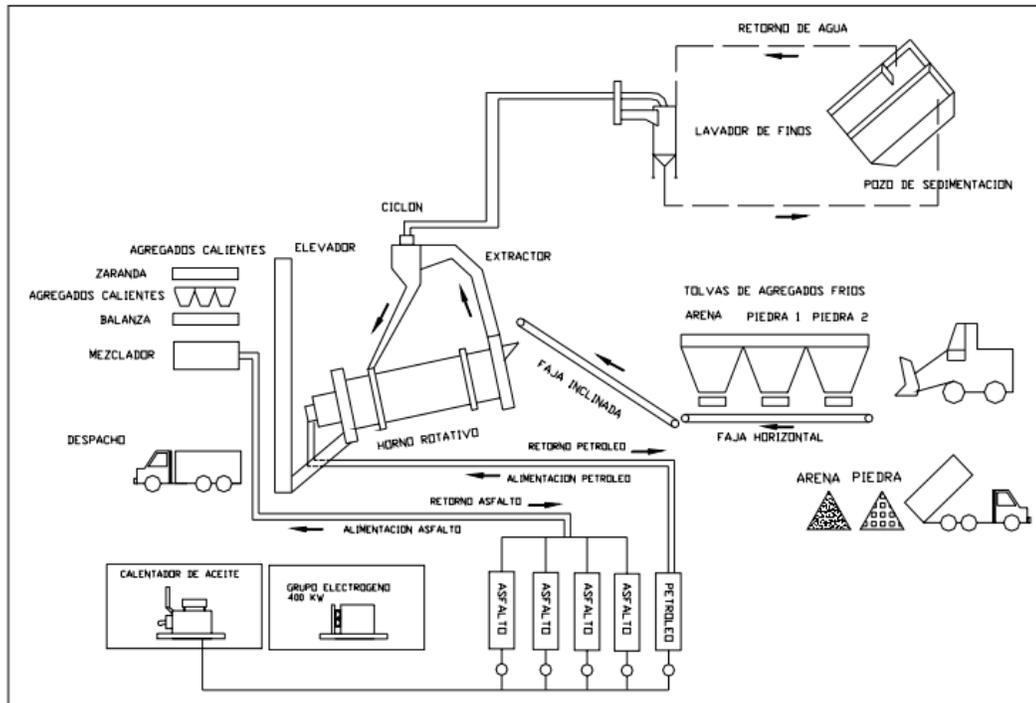
Figura 2. Diagrama de flujo para el proceso de producción de mezcla asfáltica en caliente en planta de ASA CONSTRUCCIONES S.A.S



Fuente: Elaboración propia de los autores.

El siguiente:

Figura 3. Diagrama de flujo evidencia la producción de la planta de dosificación en caliente



Fuente: Rodrigo Andrés Gómez Montoya y Santiago Barrera. Seis sigmas: un enfoque teórico y aplicado en el ámbito empresarial basándose en información científica. Proyecto de investigación, Corporación Lasallista. 2011.

2. MARCO TEÓRICO

Con esta iniciativa de trabajo, se busca entender y modelar los procesos asociados a la producción de mezcla asfáltica, mediante un acompañamiento electromecánico externo, para identificar las variables técnicas y mecánicas relevantes en la producción, y así asegurar la confianza operacional de las mismas.

Por medio de la aplicación de la teoría “Six Sigma”, la cual asume que el resultado final en este caso de la producción de mezcla asfáltica se mejoraría, el presente estudio pretende reducir la variación de los elementos asociados al proceso. Esta teoría se enfoca en la identificación de un problema como por ejemplo la producción constante y confiable, que genere un aumento en el promedio por hora de la producción de mezcla. Destaca la importancia de la toma de datos y mediante análisis estadísticos, se presentan los resultados en forma de números y gráficas.

Como efecto primario se obtendría un proceso de producción uniforme y constante, con un aumento en el volumen de producción. De manera secundaria se reduciría el gasto de materia prima, tiempo y recursos complementarios, así como el aumento en la calidad del producto y la posibilidad de medir el desempeño del proceso.

2.1 ESTADO DE ARTE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

“Los métodos para la creación del pavimento flexible son los siguientes: The Hubbard Field, Mashall, Hveem, Superpave, Washto y Aamas.

- a. Método The Hubbard Field (1920): Fue uno de los métodos con que se inició para evaluar el contenido de vacíos en la mezcla y el agregado mineral. Dio

resultado para analizar mezclas con granulometría muy fina o agregados pequeños, pero no funcionó muy bien para mezclas con granulometría con agregados grandes.

- b. Método Marshall (1930): Este método solo aplicaba a mezclas con granulometrías no mayores a 25mm (1") o menor. El método se modificó para granulometrías no mayores a 38mm (1,5"); los aspectos más importantes son densidad-análisis de vacíos y la prueba de estabilidad y flujo de los especímenes compactados.
- c. Método Hveem (1930): El método determina un contenido de asfalto por medio del ensayo equivalente centrífugo de Kerosene para una combinación específica de agregados. El método también provee información sobre las propiedades de la mezcla asfáltica al final.
- d. Método Superpave(1993): El método Aamas sirvió como punto de inicio del método SUPERPAVE, que contiene un nuevo diseño volumétrico completo de mezcla con funcionamiento basado en predicción a través de modelos y métodos de ensayo en laboratorio, grietas por fatiga y baja temperatura. Los modelos de predicción de funcionamiento fueron completados satisfactoriamente hasta el año 2000. El diseño volumétrico de mezclas en el SUPERPAVE es actualmente en varios estados de los EUA, debido a que ha sido reconocida una conexión entre las propiedades volumétricas de la mezcla asfáltica caliente y su correcto funcionamiento. Tiene su resultado, ahora la aceptación en el control de calidad ha sido cambiado a propiedades volumétricas. SUPERPAVE promete un funcionamiento basados en métodos o ensayos de laboratorio que pueden ser usados para identificar la resistencia a las deformaciones plásticas de los pavimentos.

- e. Método Western Association of State Highway on transportation officials/Washto (1984): Este método solicitó cambios en los requerimientos del material buscando mayor resistencia al carril de la vía.
- f. Método de Asphalt Aggregate Mixture Analysis System/Aamas (1987): Cuenta con un nuevo método de compactación en laboratorio y la evaluación de las propiedades volumétricas, desarrollo de pruebas para identificar las deformaciones permanentes, grietas de fatiga y resistencia a las grietas a baja temperatura” (Información tomada de Documents.mx (2016). Comparación-marshall-superpave)

2.2 METODOLOGIA SIX SIGMA “6 σ ”

- Metodología para la mejora o diseño de procesos, enfocada en la reducción de la variabilidad de los mismos.
- Concebida bajo la premisa de dar satisfacción al cliente, bajo procesos de calidad y control estadísticos. Reduce o elimina defectos/fallas en los productos con base a parámetros definidos de éxito.
- Control bajo herramientas estadísticas, enfocadas en el concepto de reducir la desviación estándar “ σ ”, dentro de seis niveles de eficiencia “6”.
- Mediante análisis cuantitativo se busca reducir los defectos por millón de oportunidades”DPMO” de 690.000 en el nivel 1 sigma a 3,4 en el nivel 6 sigma. Logrando esto se aumenta proporcionalmente la eficiencia del proceso.
- Al reducir la variabilidad se puede obtener mejora en la productividad o satisfacción, lo cual genera valor.
- Líderes comprometidos.
- Capacitaciones y herramientas sobre la metodología.
- Mejora continua, con refuerzo continuo y estímulos.

2.2.1 Principios

- Liderazgo comprometido de arriba hacia abajo.
Programa Gerencial con una estrategia concebida y apoyada de arriba (Lider Organización) hacia abajo.
- Seis Sigma se apoya en una estructura directiva que incluye personal a tiempo completo.
Se compone de líderes que tienen roles y responsabilidades definidas. Dichos roles tienen relación con las artes marciales para identificarlos.
- Entrenamiento.
Existe un componente activo de capacitaciones que recibe el personal asignado con un rol en la metodología, siendo la capacitación “Black Belt” bastante conocida con duración entre 120 y 160 horas y con certificación incluida.

Figura 4. Estructura directiva y técnica de Six Sigma

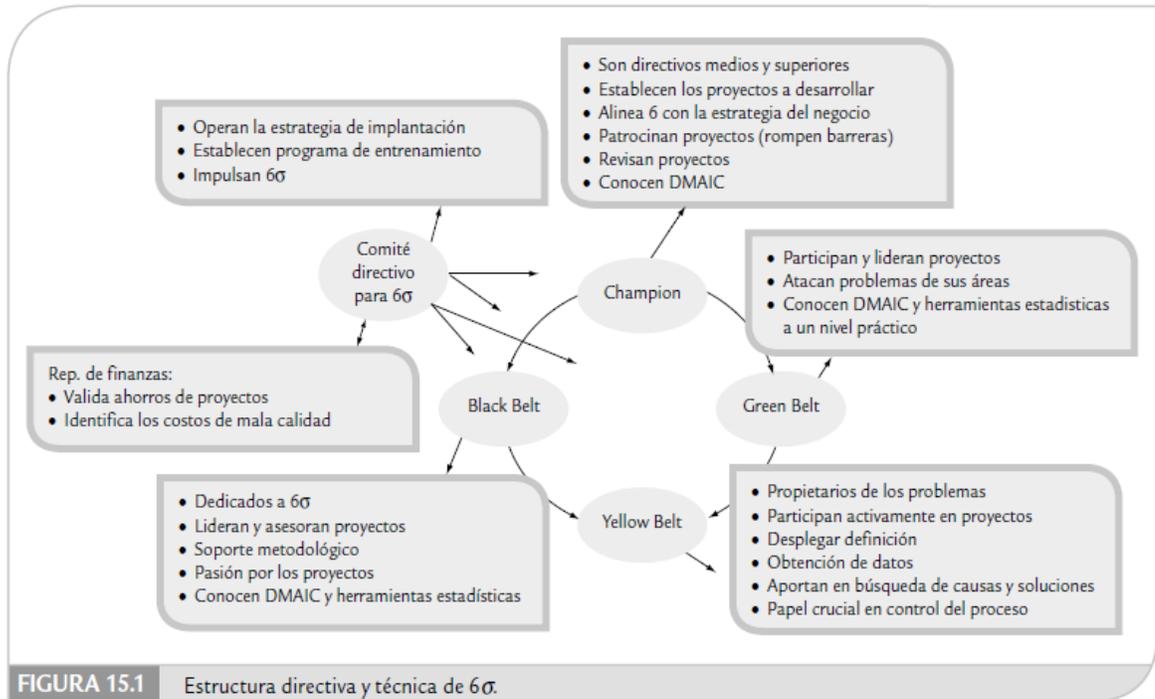


FIGURA 15.1 Estructura directiva y técnica de 6σ.

Fuente: GUTIÉRREZ Pulido, Humberto y DE LA VARA Salazar, Román. Control estadístico de calidad y Seis Sigma. 2ª ed. México, D. F.: Mc Graw ill 2009. p. 418-

464

- Acreditación (Estructura Humana/Roles).

Figura 5. Actores y roles en Six Sigma

NOMBRE	ROL	CARACTERÍSTICAS	CAPACITACIÓN A RECIBIR	ACREDITACIÓN
Líder de implementación	Dirección del comité directivo para 6 σ . Suele tener una jerarquía sólo por abajo del máximo líder ejecutivo de la organización.	Profesional con experiencia en la mejora empresarial en calidad, es muy respetado en la estructura directiva.	Liderazgo, calidad, conocimiento estadístico básico (pensamiento estadístico); entendimiento del programa 6 σ y de su metodología (DMAMC).	
Champions y/o patrocinadores	Gerentes de planta y gerentes de área, son los dueños de los problemas; establecen problemas y prioridades. Responsables de garantizar el éxito de la implementación de 6 σ en sus áreas de influencia.	Dedicación, entusiasmo, fe en sus proyectos, capacidad para administrar.	Liderazgo, calidad, conocimiento estadístico básico, y un buen entendimiento del programa Seis Sigma, así como de su metodología de desarrollo de proyecto (DMAMC).	Aprobar examen teórico-práctico acerca de las generalidades de 6 σ y el proceso DMAMC.
Master black belt (MBB)	Dedicados 100% a 6 σ , brindan asesoría y tienen la responsabilidad de mantener una cultura de calidad dentro de la empresa. Dirigen o asesoran proyectos clave. Son mentores de los BB.	Habilidades y conocimientos técnicos, estadísticos y en liderazgo de proyectos.	Requieren amplia formación en estadística y en los métodos de 6 σ (de preferencia Maestría en estadística o calidad), y recibir el entrenamiento BB.	Haber dirigido cuando menos un proyecto exitoso y asesorado 20 proyectos exitosos. Aprobar examen teórico-práctico acerca de currículo BB y aspectos críticos de 6 σ .
Black belt (BB)	Gente dedicada de tiempo completo a Seis Sigma, realizan y asesoran proyectos.	Capacidad de comunicación. Reconocido por el personal por su experiencia y conocimientos. Gente con futuro en la empresa.	Recibir el entrenamiento BB con una base estadística sólida.	Haber dirigido dos proyectos exitosos y asesorado cuatro. Aprobar examen teórico-práctico acerca del currículo BB y aspectos críticos de 6 σ .
Green belt	Ingenieros, analistas financieros, expertos técnicos en el negocio; atacan problemas de sus áreas y están dedicados de tiempo parcial a 6 σ . Participan y lideran equipos Seis Sigma.	Trabajo en equipo, motivación, aplicación de métodos (DMAMC), capacidad para dar seguimiento.	Recibir el entrenamiento BB.	Haber sido el líder de dos proyectos exitosos. Aprobar examen teórico-práctico acerca de currículo BB.
Yellow belt	Personal de piso que tiene problemas en su área.	Conocimiento de los problemas, motivación y voluntad de cambio.	Cultura básica de calidad y entrenamiento en herramientas estadísticas básicas, DMAMC y en solución de problemas.	Haber participado en un proyecto. Aprobar examen teórico-práctico acerca del entrenamiento básico que recibe.

Fuente: GUTIÉRREZ Pulido, Humberto y DE LA VARA Salazar, Román. Control estadístico de calidad y Seis Sigma. 2ª ed. México, D. F.: Mc Graw Hill 2009. p. 418-

464

- Orientada al cliente y enfocada a los procesos.

Enfoque para que los procesos se enfoquen a la satisfacción de los clientes en la entrega del producto final, de la mano con la calidad del mismo.

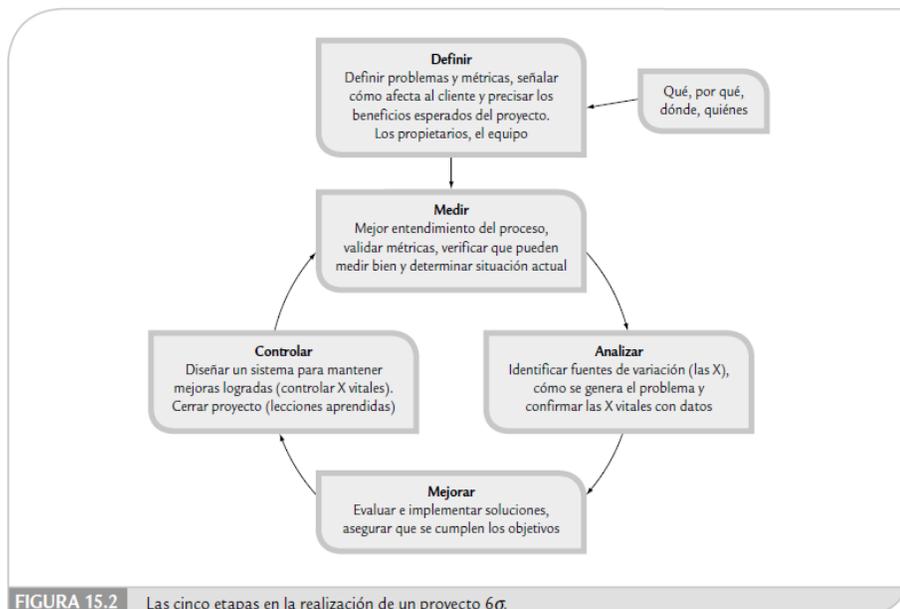
- Dirigida con datos.

Estrategia con base al procesamiento de datos y control estadístico, para de esta forma identificar variables críticas y las mejoras a implementar.

- Se apoya en una metodología robusta.

Metodología de 5 pasos DMAMC (Sigla en Español: Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) o DMAIC (Siga en Ingles: Define, Measure, Analyse, Improve, Control), la cual se aplica y se sigue de forma rigurosa, lo complementa de forma amplia al manejo de datos.

Figura 6. 5 etapas en la realización de un proyecto Six Sigma



Fuente: GUTIÉRREZ Pulido, Humberto y DE LA VARA Salazar, Román. Control estadístico de calidad y Seis Sigma. 2ª ed. México, D. F.: Mc Graw ill 2009. p. 418-

- Se apoya en entrenamiento para todos.

El entrenamiento se basa en el ciclo DMAMC durante la ejecución de un proyecto, de forma paralela se realiza la aplicación práctica de la metodología.

- Los proyectos generan ahorros o aumento en ventas

Basados en la experiencia los proyectos a los que se aplica la metodología generan ahorros y/o aumento en ventas. Atendiendo las causas verdaderas, con soluciones de fondo y duraderas, con un sistema que evalúa los logros obtenidos

- El trabajo se reconoce.

Reconocimiento, incentivos, compensaciones, motivaciones, entre otras estrategias, son ampliamente usadas hacia el personal responsable de la metodología, con base a los resultados que la misma arroje.

- Es una iniciativa con horizonte de varios años

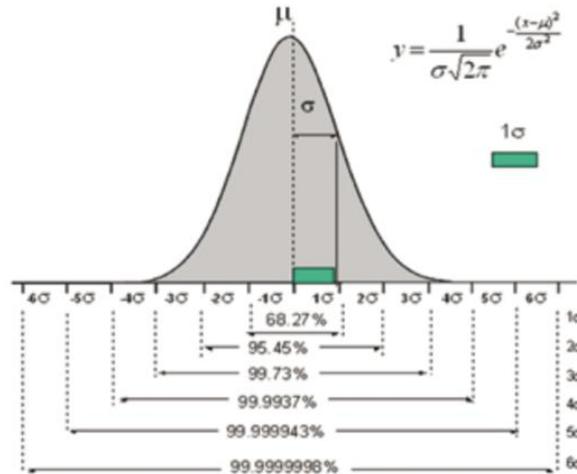
La metodología permite una aplicación que perdure y se profundice a lo largo del tiempo, lo cual supone encontrarse con otras estrategias de mejora existentes o futuras. La integración con dichas estrategias es sencilla, al existir lineamientos y orientaciones claras propias de la metodología, por ende, realizar una integración entre las partes supondría resultados positivos.

- Seis Sigma se comunica

Fundamentos en la comunicación, con comprensión apoyo y compromiso en todos los niveles y roles. Los resultados obtenidos se soportan con la mejora continua comunicando las experiencias adquiridas.

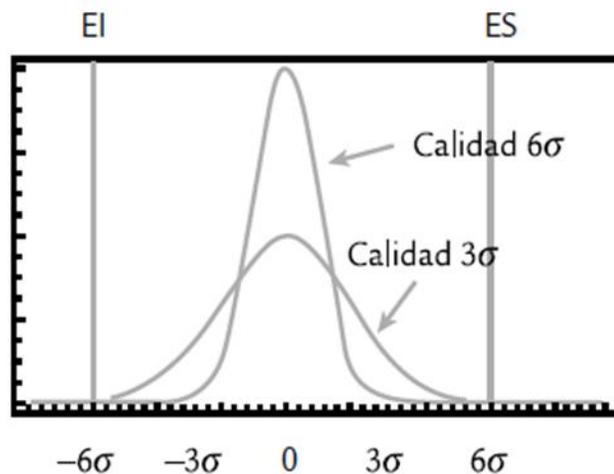
2.2.2 Herramientas estadísticas para el manejo y análisis de datos.

Figura 7. Niveles Six Sigma en procesos



Fuente: Rodrigo Andrés Gómez Montoya y Santiago Barrera. Seis sigmas: un enfoque teórico y aplicado en el ámbito empresarial basándose en información científica. Proyecto de investigación, Corporación Lasallista. 2011.

Figura 8. Representación de calidad en niveles Six Sigma



Fuente: Rodrigo Andrés Gómez Montoya y Santiago Barrera. Seis sigmas: un enfoque teórico y aplicado en el ámbito empresarial basándose en información científica. Proyecto de investigación, Corporación Lasallista. 2011.

Figura 9. Niveles Six Sigma

Nivel	DMPO (Defectos en partes por millón)	% de precisión
1 sigma	691.462	30,85% de eficiencia
2 sigma	308.538	69,15% de eficiencia
3 sigma	66.807	93,32% de eficiencia
4 sigma	6.210	99,38% de eficiencia
5 sigma	233	99,977% de eficiencia
6 sigma	3,4	99,99966% de eficiencia

Fuente: Tomas Fontalvo Herrera. Aplicación de Seis Sigma en una empresa productora de Cemento. Administración Industrial, Universidad de Cartagena.2011.

$$DPMO = \frac{n}{U \times O} \times 1.000.000$$

DPMO= Defectos por millón sobre oportunidades.

n= Numero de errores

U= Muestras evaluadas

O= Oportunidades de falla

$$\text{Rendimiento} = 1 - \left(\frac{\text{\# de unidades defectuosas}}{\text{\# de unidades de entrada}} \right)$$

% de Eficiencia = Rendimiento

\# de Unidades defectuosas = DPMO

\# de unidades de entrada = Se evalúan sobre 1 millón al hacer el análisis con DPMO

Se enuncian otras metodologías que se asocian con Six-Sigma:

- LEAN – “Sin desperdicios”
- Teoría de las restricciones – “Identificar y Eliminar Restricciones”
- LEAN SIX SIGMA– “Procesos sin desperdicios y con variación mínima”

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a la creciente demanda de mezcla asfáltica, se requiere reducir la variación en la capacidad de producción actual (30m³/Hora) de la planta de ASA CONSTRUCCIONES S.A.S (planta de asfalto), manteniendo sus estándares de calidad establecidos. Para lograr esta condición se identifican mejoras a implementar en el área organizacional y control de procesos.

Las variaciones que se tienen actualmente se dan por la falta o nula estandarización de los procesos, bajo compromiso con la calidad de los mismos. Para atender esta problemática se presentará a la gerencia de la planta los beneficios de implementar una metodología de mejora continua y estandarización como Six Sigma, la cual busca establecer la variación mínima en la producción cercana a capacidad instalada actual, corregir los problemas, mantener la calidad y a futuro establecer los lineamientos que permitan aumentar dicha capacidad de producción medida en m³/hora.

La cultura de operación de la planta y el proceso de encendido de la misma, aseguramiento de la calidad, un plan de mantenimiento correctivo y preventivo definido, así como la cultura de los conductores de volqueta para el cargue del producto, se encuentran entre los factores relevantes que podrían estar generando la variación en la producción.

Otro factor a tratar, es que la planta no cuenta con un proceso de medición de la cantidad de mezcla asfáltica que se carga en la volqueta para ser transportada a obra. Esto permitiría una medición más confiable del proceso y un valor agregado para los proyectos y clientes, controlando posibles inconformidades y molestias.

Prevenir el rechazo la producción en el momento de la venta de mezcla asfáltica, brindar un respaldo en calidad y soporte detrás del producto ofrecido y mediante la inversión migrar hacia un proceso aún más tecnológico.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un plan de mejora continua para generar valor mediante la optimización de procesos y producción de mezcla asfáltica en una planta con una capacidad instalada de 30m³/hora, cuantificando la incidencia actual e implementando un plan con la metodología Six Sigma, mediante ciclos de continuos basados en la medición, análisis, mejoras y control sobre la producción en el tiempo.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Cuantificar el estado actual de producción y determinar cómo se comporta la variación en relación a la capacidad instalada de 30m³/hora para mezcla asfáltica de planta.
- Establecer en qué estado actual de producción se encuentra la planta basados en el análisis cuantitativo bajo la metodología Six Sigma.
- Con base a la Metodología Six Sigma, se debe cuantificar un índice de confiabilidad/rendimiento sobre periodos de producción, que permitan determinar y mantener las variaciones mínimas alrededor de la capacidad instalada de 30m³/hora para mezcla asfáltica.
- Desarrollar lineamientos para la implementación de un Plan basado en la metodología Six Sigma, el cual debe establecer los roles de los responsables que aseguran la aplicación de la metodología y el ciclo continuo DMAIC (Definición, Medición/Entender, Analizar, Implementar/Mejorar y controlar). Lo anterior Apoyado en diferentes estrategias de mejora, cumpliendo un

programa de inspección, alertas y acciones sobre la producción mezcla asfáltica, soportado en un análisis cuantitativo en unidades de m³/hora.

- Identificar los beneficios de las etapas de implementación de la metodología. Así como proyectar a los dueños de la planta de mezcla, los futuros beneficios para la producción que se lograrían al seguir la implementación continua del plan con la metodología.

5. VIABILIDAD

Se pueden obtener mejoras tangibles al disminuir la variación en la producción en el corto plazo. Así como el posible aumento de la producción implementando y mejorando procesos de forma continua, estableciendo los procedimientos a seguir para mantener en el tiempo este valor agregado. Destacando el bajo costo de inversión en la aplicación de la metodología, etapa básica contempla un acompañamiento y compromiso de horas hombre. Considerando el ahorro en tiempo y/o aumento de la producción, traduce en disminución de costos y a su vez aumento en la facturación de la planta, lo cual haría viable la implementación de la metodología Six-Sigma.

6. ALCANCE

Mediante el análisis de los procesos y las condiciones actuales de producción actual, se busca evaluar los mismos e implementar la teoría “Six Sigma” para reducir la variación en la producción, verificando los picos y valles mediante la toma de datos. Analizando estos datos, mejorando el proceso y manteniendo el control de los mismos. Tomando como base el flujo de producción actual de 30 m³/hora verificando la variación de la misma, en búsqueda de mantener la producción en niveles cercanos a la capacidad instalada. Definidos los lineamientos del plan de implementación de la metodología, presentarle a la compañía dueña de la planta los beneficios y el posible un aumento en la producción, al mantener la implementación continua de la metodología.

La toma de datos, análisis, procesamiento, implementación del plan de mejora, así como el control y verificación del mismo se realizará en un periodo estimado de 5 meses, más unos 4 meses para procesar los datos, realizar el análisis y elaborar el documento que presente los resultados, lo anterior con unos costos aproximados de 7 millones de pesos.

7. METODOLOGIA

Este estudio consiste en la implementación de la teoría del Six Sigma en la producción y calidad de la planta de asfalto de la empresa A.S.A Construcciones, esta teoría se ha utilizado para mejorar los procesos, reducir los costos a largo plazo, eliminar los defectos en los mismos, ahorrar en costos y aumentar sus ganancias; para de esta forma buscar establecer la viabilidad de esta metodología en aras de corregir y perfeccionar el proceso de producción industrial de la compañía dueña de la planta.

Con base a los lineamientos establecidos por la metodología Six Sigma, se realiza un estudio que permita reducir la variación en el tiempo de cargue para los viajes (15 m³ c/u) producidos por la planta de mezcla asfáltica. Se parte de definir un estado actual con el cual se compara la capacidad instalada con la capacidad actual de producción. Mediante la implementación de un primer ciclo DMAMC, se continúa con la toma de datos, procesamiento y análisis de los mismos, para así verificar la incidencia de la aplicación de dicho ciclo en el tiempo de producción de los viajes en la planta de mezcla.

7.1 PROCEDIMIENTO

Mediante la toma de datos diarios en la planta se define el estado actual de la producción (tiempo de cargue por viaje) con base a la producción de mezcla asfáltica de Octubre, Noviembre y Diciembre de 2016, se procesan y analizan los datos obtenidos con herramientas estadísticas y metodológicas de Six Sigma. Posterior a esto se implementa un primer ciclo DMAMC asociado a la problemática en el comportamiento de los conductores de volqueta en cuanto a los tiempos perdidos en la etapa de espera en línea a ser cargados. De la misma forma se procesan y analizan los datos obtenidos con herramientas estadísticas y

metodológicas de Six Sigma, para verificar la incidencia de la aplicación de la metodología, comparando los resultados en cuanto a la reducción en el tiempo de cargue por viaje y la variabilidad de ese tiempo comparada con la capacidad instalada de la planta (30m³/hora).

7.2 HERRAMIENTAS/INSTRUMENTOS

- Uso de las capacidades de investigación y análisis de los profesionales involucrados como autores del proyecto.
- Apoyo de la empresa privada propietaria de la planta, para la definición, toma de datos, análisis e implementación de mejoras.
- Acompañamiento al proceso de producción para la toma de datos.
- Aplicación de la metodología Six Sigma en su componente del ciclo DMAMC
- Generación de un formato para procesar y analizar los datos

7.3 DATOS:

Se recurre a un despachador suministrado por la empresa dueña de la planta para que haga la medición y registro mediante planillas de los viajes que se despachan y el tiempo en que se demora el cargue del mismo. Este registro se realiza de forma diaria durante la jornada laboral y posteriormente se agruparán de forma mensual.

Se dividen estos datos en dos etapas, la primera para establecer el escenario actual de producción para los meses de Octubre, Noviembre, Diciembre de 2016; y la segunda posterior a la implementación del primer ciclo DMAMC para los meses de Enero y Febrero de 2017.

Al presente documento en la sección de Anexos se incluyen las planillas de datos diarios tomados y agrupados por lo meses mencionados.

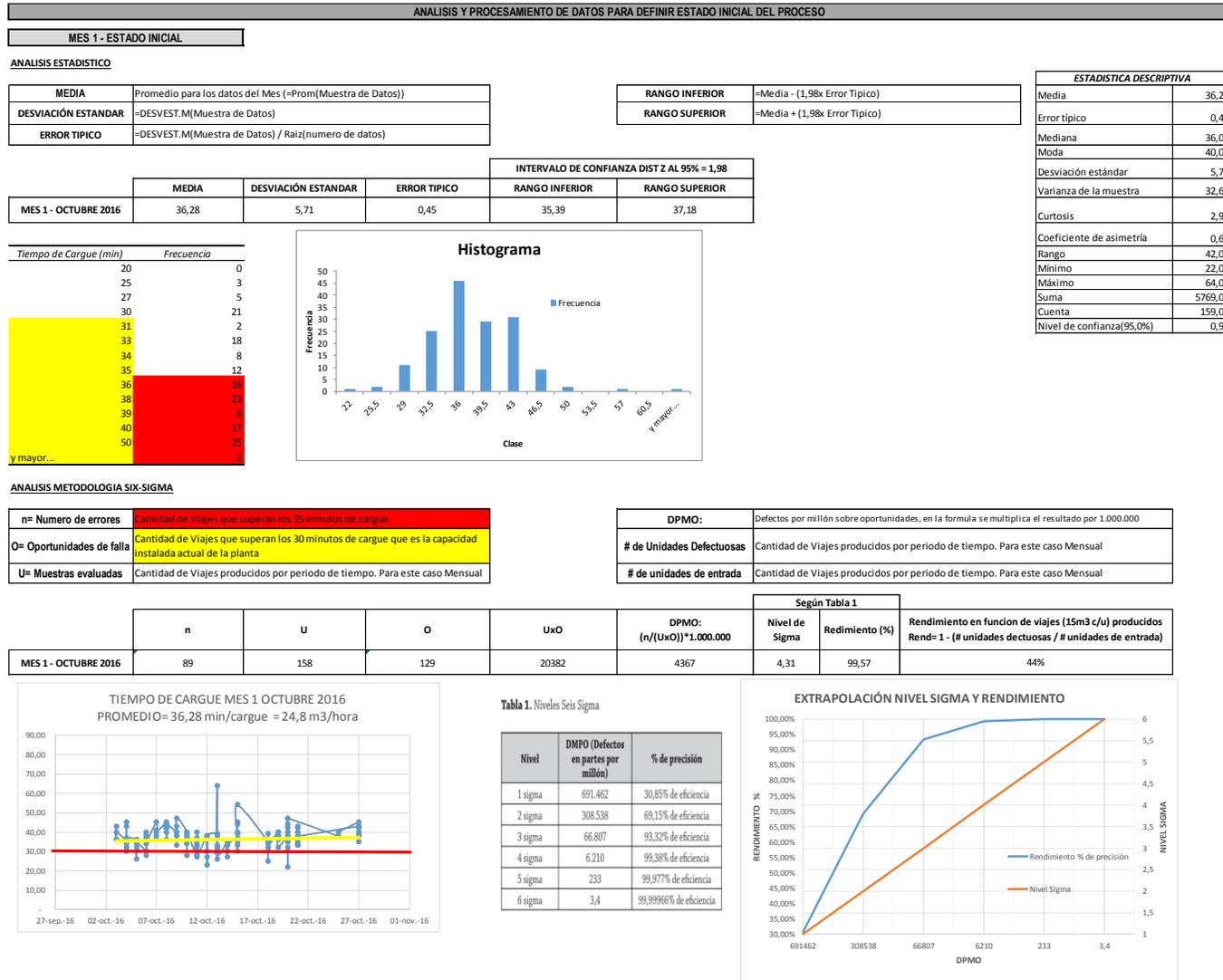
7.4 ANÁLISIS DE DATOS PARA LA ETAPA DE DEFINICIÓN DE LA PRODUCCIÓN INICIAL Y POSTERIOR ETAPA DE IMPLEMENTACIÓN DEL PRIMER CICLO DMAMC

Mediante los datos de producción de cantidad de tiempo por cargue de un viaje, y aplicando la metodología “Six Sigma”, se busca analizar los resultados del proceso implementado, mediante un análisis cuantitativo con herramientas estadísticas (Media, Desviación estándar, Error típico, Intervalo de confianza) y lineamientos propios de la metodología (Defectos por millón de oportunidades “DPMO”, Nivel Sigma, % de rendimiento/precisión, Rendimiento en función de unidades producidas). De esta forma se verificará si se produjo una reducción en las variaciones y si el tiempo de cargue por viaje de 15m³ está cercano a los 30 minutos, lo cual representa la capacidad instalada teórica de la planta de 30m³/hora.

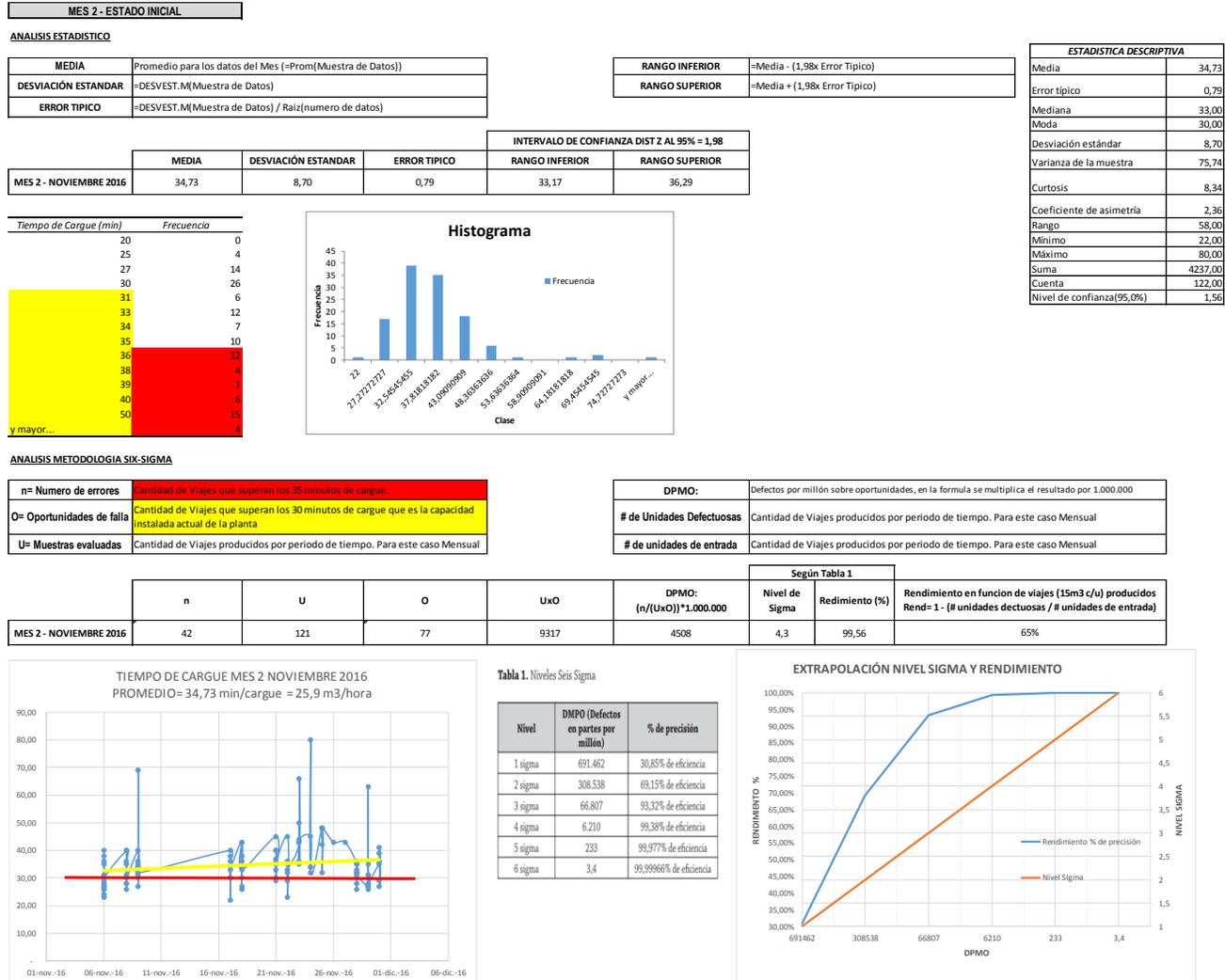
Se muestran a continuación los resultados para las dos etapas mencionadas:

7.4.1 Etapa de definición de la producción inicial de la planta de mezcla.

Cuadro 1. Análisis de datos mes 1 octubre 2016



Cuadro 2. Análisis de datos mes 2 Noviembre 2016



Cuadro 3. Análisis de datos mes 3 diciembre 2016

MES 3 - ESTADO INICIAL

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

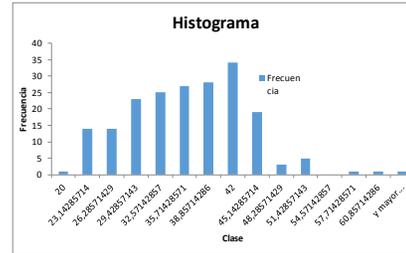
MEDIA	Promedio para los datos del Mes (=Prom(Muestra de Datos))
DESVIACIÓN ESTANDAR	=DESVEST.M(Muestra de Datos)
ERROR TÍPICO	=DESVEST.M(Muestra de Datos) / Raíz(numero de datos)

RANGO INFERIOR	=Media - (1,98x Error Típico)
RANGO SUPERIOR	=Media + (1,98x Error Típico)

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA	
Media	34,93
Error típico	0,55
Mediana	35,00
Moda	30,00
Desviación estándar	7,74
Varianza de la muestra	59,85
Curtosis	0,36
Coefficiente de asimetría	0,40
Rango	44,00
Mínimo	20,00
Máximo	64,00
Suma	6881,00
Cuenta	197,00
Nivel de confianza(95,0%)	1,09

	INTERVALO DE CONFIANZA DIST Z AL 95% = 1,98				
	MEDIA	DESVIACIÓN ESTANDAR	ERROR TÍPICO	RANGO INFERIOR	RANGO SUPERIOR
MES 3 - DICIEMBRE 2016	34,93	7,74	0,55	33,84	36,02

Tiempo de Carga (min)	Frecuencia
20	1
25	22
27	16
30	30
31	3
33	12
34	6
35	14
36	3
38	25
39	6
40	14
50	41
y mayor...	3



ANÁLISIS METODOLOGÍA SIX-SIGMA

n= Número de errores	Cantidad de Viajes que superan los 35 minutos de carga.
O= Oportunidades de falla	Cantidad de Viajes que superan los 30 minutos de carga que es la capacidad instalada actual de la planta
U= Muestras evaluadas	Cantidad de Viajes producidos por periodo de tiempo. Para este caso Mensual

DPMO:	Defectos por millón sobre oportunidades, en la formula se multiplica el resultado por 1.000.000
# de Unidades Defectuosas	Cantidad de Viajes producidos por periodo de tiempo. Para este caso Mensual
# de unidades de entrada	Cantidad de Viajes producidos por periodo de tiempo. Para este caso Mensual

	n	U	O	UxO	DPMO: (n/(UxO))*1.000.000	Según Tabla 1		Rendimiento en funcion de viajes (15m3 c/u) producidos Rend= 1 - (# unidades defectuosas / # unidades de entrada)
						Nivel de Sigma	Redimiento (%)	
MES 3 - DICIEMBRE 2016	92	196	127	24892	3696	4,41	99,62	53%

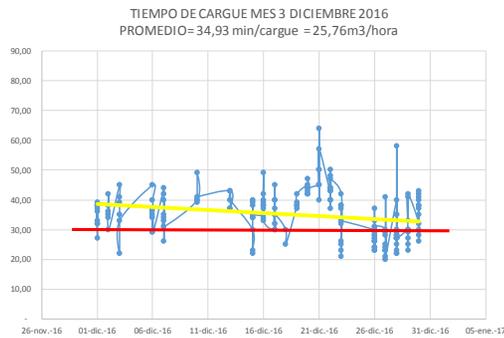
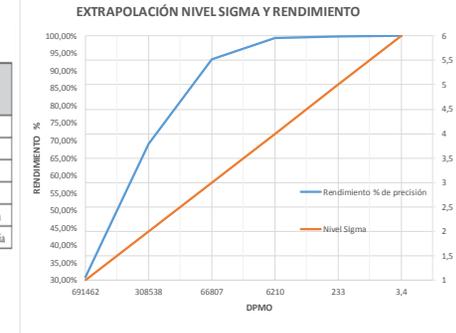


Tabla 1. Niveles Seis Sigma

Nivel	DPMO (Defectos en partes por millón)	% de precisión
1 sigma	691.462	30,85% de eficiencia
2 sigma	308.538	69,15% de eficiencia
3 sigma	66.807	93,32% de eficiencia
4 sigma	6.210	99,38% de eficiencia
5 sigma	233	99,977% de eficiencia
6 sigma	3,4	99,99966% de eficiencia

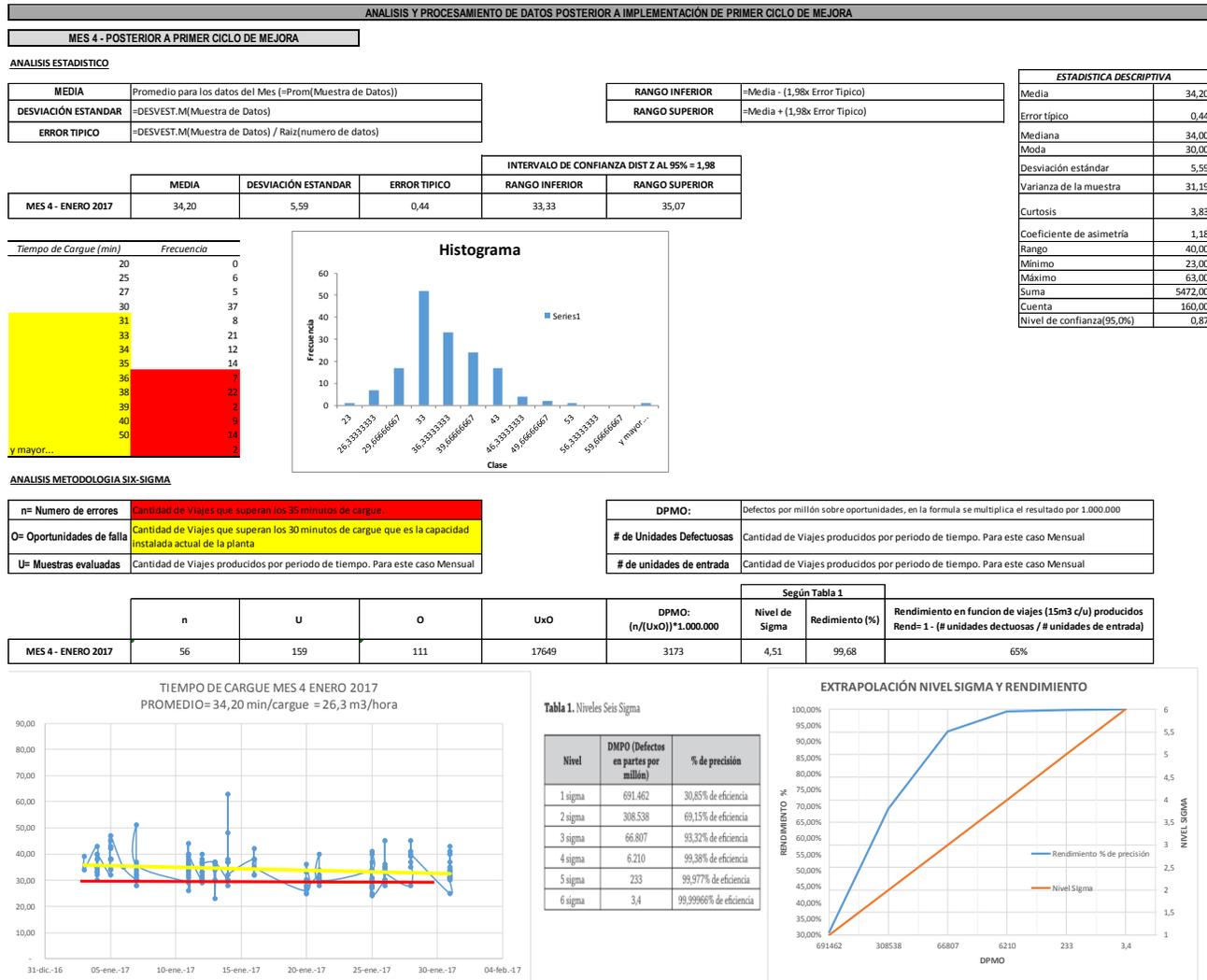


7.4.2 Etapa posterior a implementación de primer ciclo DMAMC. Se implementa un primer ciclo DMAMC tomando como causa la problemática en el comportamiento de los conductores de volqueta en cuanto a los tiempos perdidos en la etapa de espera en línea a ser cargados.



<p>Se evidencia que al momento de realizar la fila de espera los conductores de volqueta, abandonan sus vehículos parqueados por fuera de la línea de cargue en labores no propias del evento de cargue y en oportunidades quedan parqueados en la línea obstaculizando el flujo normal de la misma. Esto genera que la planta tenga que esperar a que los carros lleguen al cargue, cuando ese proceso debe ser continuo.</p>	<p>Se continua con la toma diaria de datos mediante el despachador suministrado por la empresa dueña de la planta, y se dejan los registros los viajes que se despachan y el tiempo en que se demora el cargue del mismo.</p>	<p>Mediante un análisis cuantitativo con herramientas estadísticas (Media, Desviación estándar, Error típico, Intervalo de confianza) y lineamientos propios de la metodología (Defectos por millón de oportunidades "DPMO", Nivel Sigma, % de rendimiento/precisión, Rendimiento en función de unidades producidas).</p>	<p>El día Viernes 23 de diciembre de 2016 se realiza un pare técnico en la planta, en el cual se invita a todos los funcionarios de la planta al espacio de charla Pre operativa y HSE al inicio de la jornada. En dicho espacio se le comunica oficialmente a los conductores de volqueta que no pueden bajarse de sus vehículos y que deben permanecer en la línea de cargue, si es el caso y requieren realizar alguna otra actividad diferente a la espera del cargue, deben retirarse de la misma</p>	<p>Habiendo dado la instrucción oficial y capacitación a los conductores de volqueta, el responsable de hacer que los lineamientos en cuanto a la fila de espera para ser cargados, será el Chequeador, soportado con medidas administrativas por el líder de calidad y HSE, así como el administrador de la Planta.</p>
--	---	---	--	--

Cuadro 4. Análisis de datos mes 4 enero 2016



Cuadro 5. Análisis de datos mes 5 febrero 2016



8. RESULTADOS

Se presenta a continuación:

Cuadro 6. Resumen para las etapas de definición de la producción inicial y posterior etapa de implementación del primer ciclo DMAMC:

ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS PARA DEFINIR ESTADO INICIAL DEL PROCESO						
ANÁLISIS ESTADÍSTICO						
	MEDIA	DESVIACIÓN ESTANDAR	ERROR TÍPICO	INTERVALO DE CONFIANZA DIST Z AL 95% = 1,98		
				RANGO INFERIOR	RANGO SUPERIOR	
MES 1 - OCTUBRE 2016	36,28	5,71	0,45	35,39	37,18	
MES 2 - NOVIEMBRE 2016	34,73	8,70	0,79	33,17	36,29	
MES 3 - DICIEMBRE 2016	34,93	7,74	0,55	33,84	36,02	

ANÁLISIS METODOLOGÍA SIX-SIGMA								
	n	U	O	UxO	DPMO: (n/(UxO))*1.000.000	Según Tabla 1		Rendimiento en función de viajes (15m3 c/u) producidos Rend= 1 - (# unidades defectuosas / # unidades de entrada)
						Nivel de Sigma	Redimiento (% de precisión)	
MES 1 - OCTUBRE 2016	89	158	129	20382	4367	4,31	99,57	44%
MES 2 - NOVIEMBRE 2016	42	121	77	9317	4508	4,3	99,56	65%
MES 3 - DICIEMBRE 2016	92	196	127	24892	3696	4,41	99,62	53%

ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS POSTERIOR A IMPLEMENTACIÓN DE PRIMER CICLO DE MEJORA						
ANÁLISIS ESTADÍSTICO						
	MEDIA	DESVIACIÓN ESTANDAR	ERROR TÍPICO	INTERVALO DE CONFIANZA DIST Z AL 95% = 1,98		
				RANGO INFERIOR	RANGO SUPERIOR	
MES 4 - ENERO 2017	34,20	5,59	0,44	33,33	35,07	
MES 5 - FEBRERO 2017	31,26	5,22	0,61	30,05	32,47	

ANÁLISIS METODOLOGÍA SIX-SIGMA								
	n	U	O	UxO	DPMO: (n/(UxO))*1.000.000	Según Tabla 1		Rendimiento en función de viajes (15m3 c/u) producidos Rend= 1 - (# unidades defectuosas / # unidades de entrada)
						Nivel de Sigma	Redimiento (% de precisión)	
MES 4 - ENERO 2017	56	159	111	17649	3173	4,51	99,68	65%
MES 5 - FEBRERO 2017	9	72	39	2808	3205	4,5	99,67	88%

Posterior a la implementación del primer Ciclo DMAMC (Problemática en línea de cargue con conductores de Volqueta), y habiendo definido como unidad defectuosa los Viajes que demoran en cargar más de 35 minutos y como oportunidad de falla aquellos que demoren más de 30 minutos en cargar, para así mantener lo más cercano a 30 minutos el cargue de un viaje de 15 m³, lo cual representa la capacidad instalada de 30m³/hora.

Se obtiene una disminución en los Defectos por millón de oportunidades (DPMO) y por ende un aumento en el nivel de sigma pasando de 4,3 a 4,5. La cantidad de unidades defectuosas en función de las unidades producidas disminuyo, generando un aumento en el Rendimiento operacional de 44% al 88% donde 100% sería la no presencia de unidades defectuosas. Permitiendo de esta forma una disminución en el promedio de cargue para un viaje de 36,28 a 31,26 minutos.

8.1 ENTREGABLES

- Evaluación de procesos, datos obtenidos, análisis de resultados
- Justificación e Implementación de mejoras (Ciclo DMAMC)
- Análisis estadístico con base en la metodología Six Sigma, de mostrando la disminución de los Defectos por unidades producidas representado en un aumento en el nivel Sigma posterior a la aplicación del primer ciclo DMAMC, así como el aumento del rendimiento operacional al verse disminuidas las unidades consideradas como fallas.
- Programa de implementación de la metodología Six Sigma, expuesto sobre un ejemplo práctico de aplicación del ciclo DMAMC, así como los formatos, herramientas estadísticas y metodológicas de Six Sigma, debidamente explicadas. Lo anterior en búsqueda que, demostrada la viabilidad de la metodología, se proceda a la implementación de la misma de forma continua y asegurando en el tiempo las mejores obtenidas.

8.2 IMPACTO BENEFICIO

- Mejora en la confiabilidad y reducción en la variación de la producción, asegurando una eficacia operacional cercana al 100% que permita solventar las demandas emergentes de mezcla asfáltica en la región y a los proveedores habituales.
- Tecnificar el mecanismo de los procesos de medición y control del desempeño operacional, mediante una metodología basada en el análisis cuantitativo de los procesos y la cual no requiere grandes inversiones en el desarrollo.
- Generación de valor económico y empresarial a la compañía debido al aumento de la producción por unidad de tiempo y ahorro en el tiempo de operación de la planta y sus complementarios.

9. PLAN DE TRABAJO (WBS) Y PRESUPUESTO

9.1 CRONOGRAMA

Cuadro 7. Cronograma de actividades

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN SOBRE TRABAJO DE GRADO PARA LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA SIX SIGMA Y LINEAMIENTOS PARA UN PLAN DE IMPLEMENTACION CONTINUA QUE PERMITA LA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS Y MEJORA EN LA PRODUCCIÓN PARA LA PLANTA DE MEZCLA ASFÁLTICA UBICADA EN EL KILÓMETRO 20 VÍA BARRANCABERMEJA-BUCARAMANGA.												
ACTIVIDAD	FECHA INICIO	FECHA FIN	SEPTIEMBRE 2016	OCTUBRE 2016	NOVIEMBRE 2016	DICIEMBRE 2016	ENERO 2017	FEBRERO 2017	MARZO 2017	ABRIL 2017	MAYO 2017	JUNIO 2017
CONCEPCION DEL PROYECTO Y DEFINICION DEL ALCANCE	03-sep-16	15-nov-16	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
PLANEACIÓN Y DEFINICIÓN METODOLOGIA DE EJECUCIÓN	15-nov-16	05-dic-16			█	█						
TOMA DE DATOS PARA DEFINIR ESTADO INICIAL DEL PROCESO	03-oct-16	30-dic-16		█	█	█	█					
ANALISIS DE PROCESOS E IMPLEMENTACIÓN PLAN DE MEJORA	10-dic-16	30-dic-16				█						
TOMA DE DATOS POSTERIOR A IMPLEMENTACIÓN DE PRIMER CICLO DE MEJORA	03-ene-17	23-feb-17					█	█	█	█		
MANEJO Y ANALISIS DE DATOS	24-feb-17	05-may-17							█	█	█	█
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS Y DEFINICIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE PLAN DE MEJORAMIENTO CONTINUO SOBRE LA METODOLOGIA SIX SIGMA. FINALIZACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJO DE GRADO	20-abr-17	19-jun-17								█	█	█

9.2 PRESUPUESTO

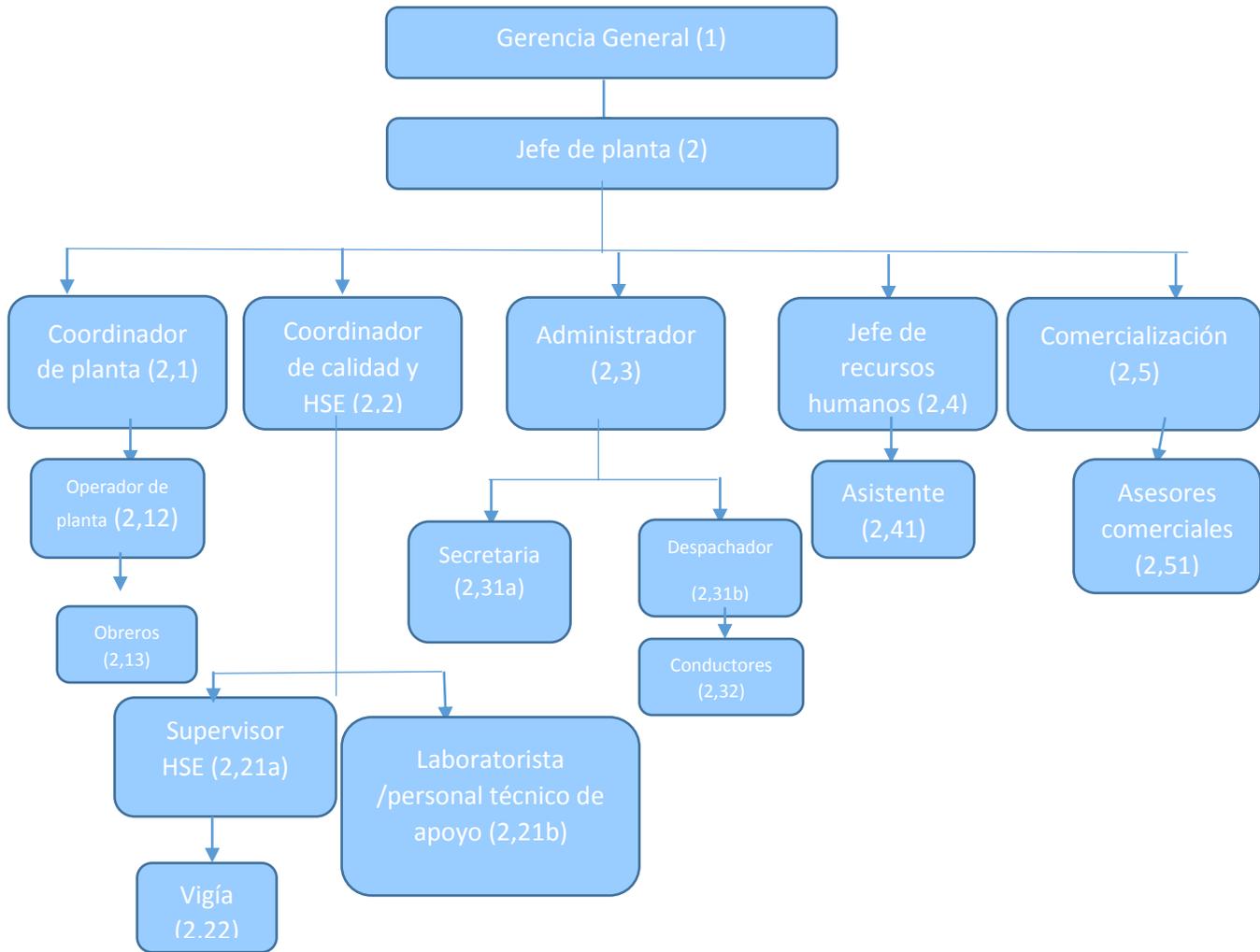
Cuadro 8. Presupuesto

ID	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR	SUB TOTAL ASUMIDO POR AUTORES DEL PROYECTO DE GRADO	SUB TOTAL ASUMIDO POR COLABORACIÓN DE LA PLANTA DE MEZCLA
1	CONCEPCION DEL PROYECTO Y DEFINICION DEL ALCANCE					
1.1	Definición del proyecto y sus componentes - Integrantes del proyecto de Grado	HR	22	\$ 30.000	\$ 660.000	
2	PLANEACIÓN Y DEFINICIÓN METODOLOGIA DE EJECUCIÓN					
2.1	Programación de plan de ejecución del proyecto - Integrantes del proyecto de Grado	HR	16	\$ 30.000	\$ 480.000	
3	DEFINICIÓN DE PROCESOS Y TOMA DE DATOS					
3.1	Procesamiento de datos - Integrantes del proyecto de Grado	HR	26	\$ 30.000	\$ 780.000	
3.2	Chequeadora para toma de datos - 25% de dedicación proporcionado por empresa propietaria de planta de mezcla	HR	416	\$ 1.500		\$ 624.000
4	ANALISIS DE PROCESOS E IMPLEMENTACIÓN PLAN DE MEJORA					
4.1	Manejo de datos e implementación de mejoras - Integrantes del proyecto de Grado	HR	44	\$ 30.000	\$ 1.320.000	
5	CONTROL Y VERIFICACIÓN EN EL TIEMPO					
5.1	Procesamiento de datos - Integrantes del proyecto de Grado	HR	24	\$ 30.000	\$ 720.000	
5.2	Chequeadora para toma de datos - 25% de dedicación proporcionado por empresa propietaria de planta de mezcla	HR	392	\$ 1.500		\$ 588.000
6	ENTREGA DE RESULTADOS					
6.1	Manejo y presentación de resultados para conformación de documento final - Integrantes del proyecto de Grado	HR	70	\$ 30.000	\$ 2.100.000	
					\$ 6.060.000	\$ 1.212.000
TOTAL PRESUPUESTO					\$	7.272.000

El anterior presupuesto se presenta como estimado, consta de un componente horario propio de los integrantes del proyecto de grado y un despachador para toma de datos del 25% de dedicación de su horario normal proporcionado por empresa propietaria de planta de mezcla.

10. PLAN DE IMPLEMENTACIÓN CONTINUA DE METODOLOGIA SIX SIGMA

Figura 10. Organigrama



Se presenta el organigrama de la planta de mezcla asfáltica, sobre el cual se pretende ir analizando los procesos desde los puestos básicos y que parte representan estos en la producción de mezcla asfáltica, para posteriormente ir escalando hacia puestos directivos y gerenciales, logrando así identificar que mejoras se pueden ir generando en cada nivel del organigrama. El Apoyo de los niveles superiores en un compromiso que debe apuntar hacia la implementación cada vez más técnica y apoyada en los diferentes textos, talleres y herramientas,

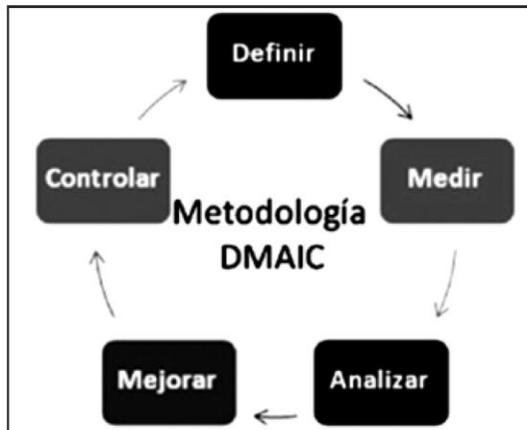
así como una capacitación enfocada a fomentar la certificación en los diferentes niveles de la metodología, tales como:

- Director Six Sigma
- Altos directivos (Champions)
- Cinturones Negros Maestros (Master black belts)
- Cinturones Negros (Black belts)
- Cinturones Verdes (Green belts)
- Cinturones Amarillos (Yellow belts):

Dicho compromiso ira de la mano de los resultados tangibles que demuestren la viabilidad de la metodología, con base a una implementación continua de ciclos DMAMC cuantas veces sean requeridos en busca de acercar la producción o los objetivos que se han definido, hacia los resultados que se requieran.

Se recomienda la asignación de labores y responsabilidades al seguimiento de la implementación del Ciclo DMAMC, a un profesional diferente a los que se encuentran en el organigrama. Dicho profesional puede ser del tipo pasante o sin experiencia, el cual se le debe capacitar con la metodología Six-Sigma en su componente básico, y a medida que se observen los resultados de la misma se le brinde mayor capacitación.

Figura 11. Metodología DMAIC



Fuente: Rodrigo Andrés Gómez Montoya y Santiago Barrera. Seis sigmas: un enfoque teórico y aplicado en el ámbito empresarial basándose en información científica. Proyecto de investigación, Corporación Lasallista. 2011.

Obtener mejoras tangibles en la producción a corto plazo, implementando y mejorando procesos, detallando los procedimientos a seguir para mantener este valor agregado, soportando la operación con nuevas tecnologías e innovación. Dependiendo de la disponibilidad presupuestal de la empresa, se podría implementar la participación de asesores externos técnicos en producción industrial de mezcla asfáltica, compra de nueva tecnología y nuevas facilidades.

En la etapa de la definición de las posibles causas a las que se le aplicaran el ciclo DMAMC, se presentan algunas para la consideración de la empresa y el grupo al que se le asignaran los roles de la metodología Six Sigma:

- Revisión de la confiabilidad electromecánica.
- Sistematización de procesos tecnológicos propios de la planta, así como telemetría para el control y toma de datos.
- Revisión al procedimiento de inspección y mantenimiento.

- Revisión a los impactos ambientales y emisiones, así como alternativas sostenibles asociadas a residuos y uso del agua.
- Implementar métrica y control de producción, mediante inspección y ensayos sobre la calidad de la mezcla asfáltica.
- Analizar los resultados de los diferentes procesos, buscando mejoras en aquellos que generen aumento en la producción y mantenga la uniformidad en la entrega del producto.
- Definir un procedimiento de control al proceso de producción, para mantener las mejoras realizadas.

En el proceso iterativo sobre la implementación de los ciclos DMAMC se recomienda la participación de una mesa de trabajo que permita la discusión de los posibles problemas y clarifique las mejoras. En el proceso para identificar las causas y definir los problemas sobre los cuales se implementarán los ciclos, se deben tener en cuenta las variables que directamente afecten el objetivo planteado, para así poder tener los resultados requeridos. Será potestad de dicha mesa evaluar el uso de diferentes herramientas metodológicas (Matrices, diagramas, listas de chequeo, LEAN Construction), programas de identificación de fallas y novedades basadas en la experiencia propia de la producción.

10.1 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

10.1.1 Ejemplo de implementación del ciclo DMAMC sobre “Reprocesos y tiempos perdidos por la calidad final de la mezcla producida”.

Cuadro 9. Ciclo DMAMC “etapa definir”



ETAPA	QUE SE REALIZA	QUIEN LA REALIZA	ACTIVIDADES PRINCIPALES	HERRAMIENTAS	RESULTADOS
DEFINIR	La problemática que presenta la planta de mezcla asfáltica es el bajo rendimiento de producción, lo cual genera atrasos en las entregas del material a los clientes ocasionando demoras en el avance de la obra.	El operador de la planta (2,12) realiza su trabajo de acuerdo a la capacidad del equipo. Se reúne la mesa de trabajo que agrupa los diversos cargos de la planta, así como el responsable Six-Sigma, para definir las causas a tratar.	Revisión de: -La humedad de los materiales minerales. -Verificación de la temperatura del asfalto. -Chequeo de válvulas y exhaustor. -Introducción de la fórmula de trabajo. -Cargue del material.	-Humedometro: Calcula la humedad de los materiales. -Termómetro: cada uno de los tanques de almacenamiento cuentan con su respectivo termómetro. -Software: en donde se introduce la fórmula de trabajo, es decir los porcentajes de mezcla de los agregados para cumplir con la granulometría de diseño y el porcentaje de asfalto para la mezcla determinada.	De acuerdo a lo observado y a las recomendaciones que el operador(2,12) nos plantea se tiene lo siguiente: -Mejorar el acopio de los materiales para garantizar una humedad baja y similar en todo el material, pues cuando se cuenta con humedades altas el proceso de secado aumenta los tiempos de producción. -Cuando se presenta la situación anterior el tambor secador se sobrecarga y los dos motores con los que cuenta para su movimiento en ocasiones se frenan parando la producción. -Los dispositivos de medición de temperaturas, de porcentajes, no se encuentran calibrados lo que genera en ocasiones valores erróneos en el porcentaje de asfalto.

Cuadro 10. Ciclo DMAMC “etapa medir”



ETAPA	QUE SE REALIZA	QUIEN LA REALIZA	ACTIVIDADES PRINCIPALES	HERRAMIENTAS	RESULTADOS
MEDIR	-Medición y análisis de la pre operación. -Tiempo de cargue de los vehículos con la mezcla asfáltica.	E Responsable Six-Sigma y el Despachador (2,31b) realizarán las mediciones en los días que hubo mayor producción	-Identificar errores en las técnicas que ocasionan atrasos en la realización de las diferentes actividades -Tabular los tiempos de pre operación en cada uno de los días en hubo producción. -Medir el tiempo de cargue de cada vehículo.	-Mapas de proceso, incluyendo los tiempos en cada uno de estos. -Tablas para la tabulación del tiempo de cargue de los vehículos	Se estima que el tiempo promedio de pre operación es de 2.3 horas, para iniciar el cargue del primer vehículo. El tiempo de cargue de vehículos tipo volqueta doble troque de 14 m ³ es de 32 minutos.

Se presenta a continuación el modelo del formato para la toma de datos sobre el control diario de volquetas, dicho formato debe consolidarse en igual forma de periodos para hacer comparaciones entre los ciclos, puede ser diario, semanal o mensual.

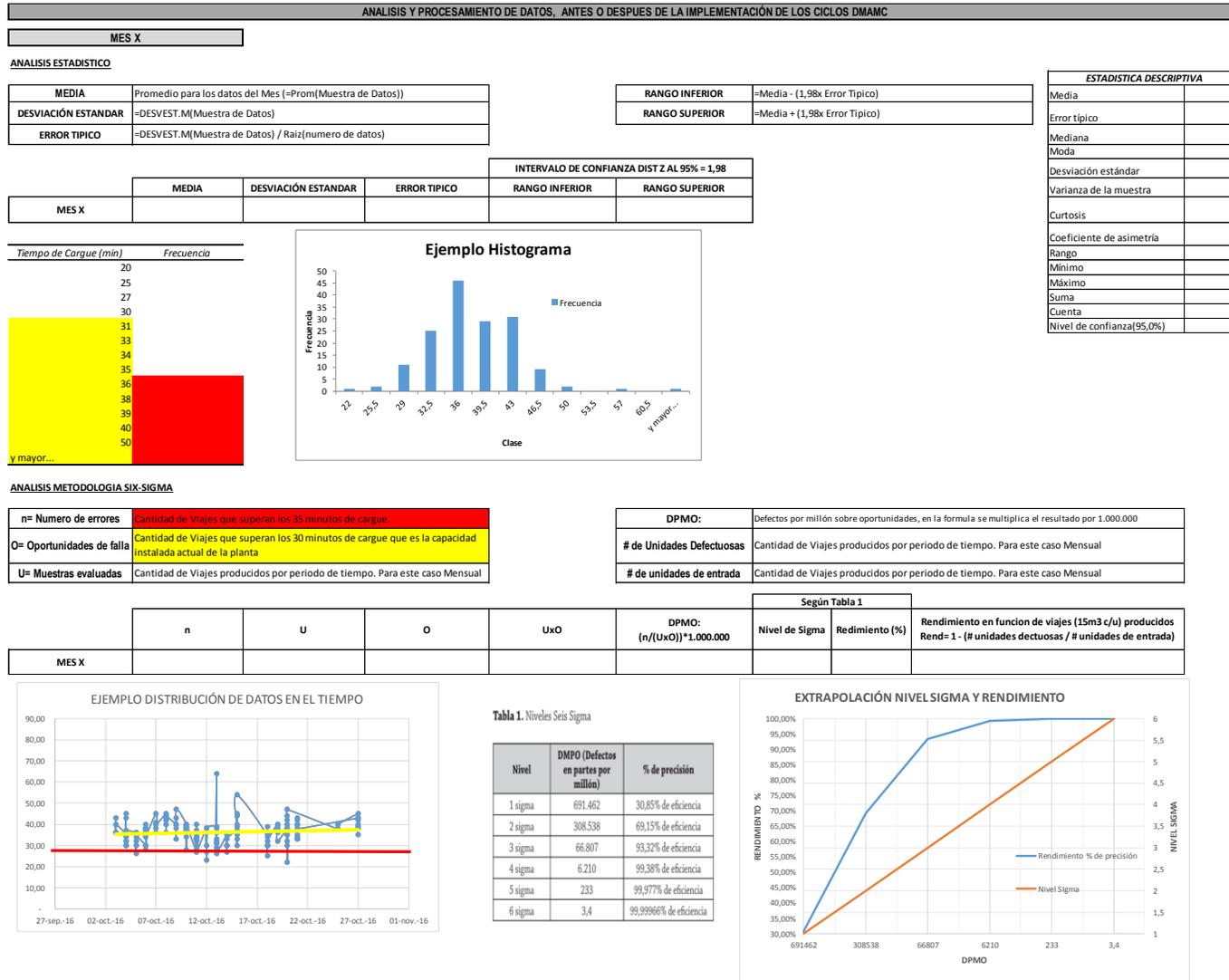
Cuadro 12. Ciclo DMAMC “etapa analizar”



ETAPA	QUE SE REALIZA	QUIEN LA REALIZA	ACTIVIDADES PRINCIPALES	HERRAMIENTAS	RESULTADOS
ANALIZAR	-Análisis de datos recopilados en la fase de medición.	-El responsable Six-Sigma con la colaboración del operador de la planta (2,12) y el coordinador de calidad y HSE (2,2).	-Detectar fallas en los procesos. -Plantear un plan de mejoramiento.	-Herramientas de análisis gráfico. -Control estadístico de procesos.	-Se evidencia que los ayudantes no cuentan con la experiencia necesaria para la realización de las actividades lo que genera atrasos en la pre operación. -El sitio destinado para el almacenamiento del material no se encuentra totalmente aislado de la lluvia; además es susceptible a mezclarse con otro tipo de materiales pétreos, incluso material de arrastre de los taludes adyacentes.

Se presenta a continuación el modelo del formato para el procesamiento y posterior análisis de datos, de la misma forma que el formato de toma de datos este debe consolidarse por periodos iguales para hacer comparaciones entre los ciclos, puede ser diario, semanal o mensual.

Cuadro 13. Modelo para el procesamiento de datos



Cuadro 14. Ciclo DMAMC “etapa mejorar”



ETAPA	QUE SE REALIZA	QUIEN LA REALIZA	ACTIVIDADES PRINCIPALES	HERRAMIENTAS	RESULTADOS
MEJORA R	Optimizar el proceso de producción de mezcla asfáltica mediante nuevas técnicas y/o la modernización de la planta.	Se contratarán las labores de un asesor externo con la experiencia en la fabricación e instalación de plantas de mezcla asfáltica automatizadas; El Responsable Six-Sigma le suministrará los datos de medición y los problemas que se detectaron en la parte mecánica de la planta. -El coordinador de calidad y HSE (2,2) será el encargado de capacitar al personal.	-Plan de implementación de mejoras. -Capacitación del personal para la realización de las actividades. -Mejoramiento de la parte mecánica de la planta	-Planes de trabajo definidos, con actividades, responsables, costos, y tiempo de acción	-El coordinador de calidad y HSE (2,2) capacitará a cada una de las personas que trabajan en la planta y les asignará un rol en la producción, mejorando considerablemente los tiempos. -Se realizará el cambio de dos motores encargados de mover el tambor secador mediante poleas, por un sistema unificado de un motor de mayor capacidad unido a un piñón que cubre todo el tambor lo que disminuye el riesgo de que la producción se detenga. -Con la implementación del anterior sistema el tiempo de cargue de las volquetas disminuyó en 10 minutos, por lo cual aumento en 1 viaje por hora la producción.

Cuadro 15. Ciclo DMAMC “etapa controlar”



ETAPA	QUE SE REALIZA	QUIEN LA REALIZA	ACTIVIDADES PRINCIPALES	HERRAMIENTAS	RESULTADOS
CONTROLAR	Realizar seguimiento a cada uno de los procesos	-El Responsable Six-Sigma, el coordinador de calidad y HSE (2,2)9 serán los encargados de llevar a cabo el seguimiento y las mejoras implementadas. -El jefe de planta (2), llevará el control de mantenimientos de la maquinaria para su correcto funcionamiento. -El despachador (2,31b) será la encargada del despacho y control de materiales de los vehículos.	-Plan de inspección de los procesos. -Tiempos de cargue de los vehículos. -Capacitación continua del personal.	-Matriz de procesos. -Charlas técnicas de capacitación -Creación y seguimiento al cumplimiento de indicadores	-El coordinador de calidad y HSE (2,2) asignará en cada frente de trabajo una persona líder para mejorar el rendimiento. -El operador de la planta (2,12) será el encargado de llevar el registro de la parte mecánica y quien recomendará las mejoras que se consideren pertinentes, además será apoyado por un ingeniero mecánico. -El despachador (2,31b) será quien lleve el control del tiempo de cargue y entregará esos datos a el responsable Six-Sigma, coordinador de calidad y HSE (2,2) para su respectivo seguimiento.

El anterior un modelo para cada uno de los pasos del ciclo DMAMC, plantea la hoja de ruta en el proceso de implementación de la metodología, el cual al ser llevado a cabo de una manera comprometida, iterativa y continua, proporcionará los resultados que se esperan.

11. CONCLUSIONES

- Con base en la implementación de un primer ciclo DMAMC, enfocado en tratar la problemática del comportamiento de los conductores de volqueta en cuanto a los tiempos perdidos en la etapa de espera en línea a ser cargados. Se obtienen resultados que muestra una reducción en el tiempo de cargue y por ende un aumento en el rendimiento de producción, al disminuir las unidades defectuosas. Lo anterior marca un horizonte prometedor al decidir a futuro realizar mejoras de fondo, que permitan resultados aún más representativos.
- Se identifica el estado inicial de producción para los tiempos de cargue y se compara el mismo posterior al primer ciclo DMAMC, logrando así una disminución en el promedio de cargue para un viaje de **36,28** (Mes 1 – Octubre 2016) a **31,26** minutos (Mes 5 – Febrero 2017), lo cual se acerca a la capacidad instalada de 30 minutos por viaje. Lo anterior supone una disminución del 13,8% en el tiempo de cargue.
- Se obtiene una disminución en los defectos por millón de oportunidades (DPMO) y por ende un aumento en el nivel de sigma pasando de **4,3** (Mes 1 – Octubre 2016) a **4,5** (Mes 5 – Febrero 2017).
- La cantidad de unidades defectuosas en función de las unidades producidas disminuyó, generando un aumento en el rendimiento operacional de 44% (Mes 1 – Octubre 2016) al 88% (Mes 5 – Febrero 2017), donde 100% sería la no presencia de unidades defectuosas.

- Habiendo generado el plan de implementación, presentando un modelo para cada uno de los pasos del ciclo DMAMC, así como sus componentes y herramientas para el análisis, se busca su ejecución por parte de la empresa dueña de la planta de mezcla, mediante ciclos continuos que arrojen resultados que permitan lograr una mejora en la producción y reducir las variaciones sobre los procesos, permitiendo así considerar como viable la implementación de la metodología Six-Sigma
- En relación a los objetivos específicos planteados, se dan por cumplidos los mismos al haber identificado para el estado inicial de producción, los tiempos de cargue en relación a la capacidad instalada, el nivel de Sigma y el índice de rendimiento para dicha producción. Así como la implementación de la metodología Six Sigma mediante un primer Ciclo DMAMC y el respectivo análisis de los resultados obtenidos, los cuales fueron positivos. Sumado a la creación de los lineamientos para la futura implementación del plan de mejora con base a la metodología; permitiendo identificar y mostrar a la alta gerencia de la compañía los beneficios de implementar la metodología Six Sigma.
- La aplicación de la metodología comparando la etapa inicial con los resultados al implementar el primer ciclo DMAMC, permitió diseñar un plan de implementación con ciclos continuos para ser llevado a cabo a futuro por la compañía dueña de la planta, lo anterior permite dar por cumplido el objetivo general, logrando así un desarrollo satisfactorio del presente documento.

BIBLIOGRAFÍA

Dave Nave How to compare Six Sigma, Lean and the Theory of constraints. American Society for Quality, pag. 73-77, www.asq.org. (2002).

MINITAB INC Ganando con Minitab: Newcrest Mining Limited. Consultado de: <http://www.minitab.com/es-mx/Case-Studies/NewcrestMining-Ltd>. 2016

Wikipedia, enciclopedia libre virtual Vías 4G (Colombia). Tomado de [https://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%ADas_4G_\(Colombia\)](https://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%ADas_4G_(Colombia)). (2016).

Documents.mx Comparación-marshall-superpave. Tomado de: <http://documents.mx/documents/comparacion-marshall-superpave.html>

UCUENCA. Diagrama de flujo procesos planta de mezcla. Tomado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/760/1/ti887.pdf>. (2016).

United States Environmental Protection Agency; Hot mix asphalt production and testing;2000

GUTIÉRREZ Pulido, Humberto y DE LA VARA Salazar, Román. Control estadístico de calidad y Seis Sigma. 2ª ed. México, D. F.: Mc Graw Hill 2009. p. 418-464

Tomas Fontalvo Herrera. Aplicación de Seis Sigma en una empresa productora de Cemento. Administración Industrial, Universidad de Cartagena.2011.

Rodrigo Andrés Gómez Montoya y Santiago Barrera. Seis sigmas: un enfoque teórico y aplicado en el ámbito empresarial basándose en información científica. Proyecto de investigación, Corporación Lasallista. 2011.

Miguel Ángel Montaner López, Gerente de producto Seis Sigma SOLUZIONA Calidad y Medio. SEIS SIGMA: Un enfoque radical para la mejora de los procesos de negocio. BIT 148 Tecnología y Sociedad, Pág.: 70-73. Tomado de <https://www.coit.es/archivo-bit/diciembre-2004-enero-2005/seis-sigma-un-enfoque-radical-para-la-mejora-de-los-procesos>. 2005