

Factores operativos y administrativos que se deben tener en cuenta para la implementación de un sistema Lean Manufacturing, bajo pensamiento lateral: Caso de éxito en la empresa Baldosines Torino S.A. miembro de Grupo Alfagres S.A.

Operational and administrative factors to consider in implementing a Lean Manufacturing System, low lateral thinking: If successful in the business Baldosines Torino S.A. Group S.A. member Alfagres

Andrés Giovanni Guarín Salinas

Resumen



La investigación analizó el proceso de fabricación de la baldosa de grano de mármol en la empresa Baldosines Torino S.A., donde se calculó la eficiencia mediante muestreo de trabajo y la aplicación de OEE, durante 1.5 años, a través de la implementación de una prueba piloto, utilizando técnicas de pensamiento lateral. Una unidad tipo Kaizen fue creada, que sirvió para incubar ideas de resolución de problemas, utilizando metodologías como 8D y 5W+1H, donde se encontró que la causa raíz de las excesivas demoras en los cambios de referencia, eran debido a la falta de dispositivos Poka-Yoke. El grupo de intervención decidió aplicar la técnica SMED, lo que permitió una reducción en el tiempo de inactividad debido a cambios en la referencia en 62,22 %. Un estudio de cultura organizacional se llevó a cabo para determinar las condiciones de implementación del Sistema de Manufactura Esbelta; se utilizó el Modelo Denison© para este fin.

Palabras Clave: Lean Manufacturing, Pensamiento Lateral, Kaizen, Overall Efficiency Equipment.

Abstract



The research analyzes the manufacturing process of the company Baldosines Torino SA, where efficiency was calculated using work sampling and application of OEE, for 1.5 years, through the implementation of a pilot test using lateral thinking techniques. A Kaizen type unit was created, which served to incubate ideas, problem solving, using methodologies such as 8D and 5W + 1 H, which found that the root cause of the excessive delays in reference changes, were due to lack of devices Poka-Yoke. The intervention group decided to implement the SMED technique, allowing a reduction in downtime due to changes in the benchmark 62.22%. An organizational culture study was conducted to determine the conditions of implementation of Lean Manufacturing System; Denison © Model was used for this purpose.

Keywords: Lean Manufacturing, Lateral Thinking, Kaizen, Overall Equipment Efficiency.

Recibido / Received: Junio 20 de 2014 Aprobado / Approved: Septiembre 25 de 2014

Tipo de artículo / Type of paper: Artículo de investigación científica y tecnológica terminada

Afiliación Institucional de los autores / Institutional Affiliation of authors: Grupo de Investigación, Centro de Investigación y Desarrollo Empresarial CINDE, Universidad de América

Autor para comunicaciones / Author communications: Andrés Giovanni Guarín Salinas, andres.guarin@profesores.uamerica.edu.co

El autor declara que no tiene conflicto de interés

Introducción

Contexto

La línea de investigación en Manufactura Esbelta, desarrollada al interior del Centro de Investigación para el Desarrollo Empresarial CINDE, adscrito al programa de Ingeniería Industrial de la Universidad de América, fue creada con la imperiosa necesidad de analizar el concepto llamado Lean Manufacturing, el cual se remonta a la última década del siglo XX y nace a partir del fenómeno del resurgimiento industrial japonés después de la Segunda Guerra Mundial; particularmente en la industria automotriz, con su empresa emblemática Toyota Motor Company (TMC).

Los estudios llevados a cabo por Daniel Roos y James Womack, del Center for Technology, Policy and Industrial Development (CTPID), del Massachusetts Institute of Technology (MIT), permitieron el análisis del comportamiento de la industria automotriz norteamericana bajo la óptica del International Motor Vehicle Program (IMVP). El IMVP estableció el entorno para que John Krafcik, investigador senior, acuñara el término Lean Manufacturing, para describir el conjunto de técnicas de fabricación que se llevaban a cabo en las ensambladoras japonesas, que tan excelentes y palpables resultados se estaban dando a nivel de la productividad industrial. Es a partir de la divulgación de los resultados y de la publicación del libro *The Machine That Changed The World*, [1] que el mundo mira con mayor detenimiento los sistemas de manufactura japoneses y los convierte en referentes universales para múltiples y varias empresas, las cuales observan con un gran detenimiento y curiosidad, el mayor icono de la fabricación de automóviles, llamado Toyota Production System (TPS) [2], el cual es visto como una completa innovación, que nació del trabajo multidisciplinario y creativo de los operarios e ingenieros de Toyota.

Enfoque académico

Es en este orden de ideas, el enfoque que hoy por hoy le da la Universidad de América al Lean Manufacturing, se aparta de los convencionalismos de muchísimos entes académicos, sin desconocer la importancia de las métricas y herramientas utilizadas, al igual que las variaciones e híbridos que en los últimos años han nacido a su alrededor;

y concibe el concepto como el resultado del pensamiento creativo llevado a cabo por seres humanos, bajo un clima organizacional de plena motivación y liderazgo.

Es por lo anterior que la línea de investigación enfoca sus esfuerzos en determinar cuáles son aquellas variables y factores que deben converger para que las industrias, no importa su tamaño, puedan desarrollar procesos de fabricación de clase mundial bajo los lineamientos del Lean Manufacturing, que les permita constituir ventajas competitivas reales y sostenibles, que garanticen su perdurabilidad y mayores rentabilidades, al acceder a mercados globales. La línea dentro de su plan estratégico, analizó la función de producción a nivel de clúster, iniciando con un dimensionamiento de tipo prospectivo y de vigilancia tecnológica, para de esta forma llegar a plantear modelos de utilidad, que correspondan a las problemáticas encontradas en los sectores industriales objeto de estudio.

Por lo tanto, el proyecto de investigación mostrado en este artículo fue concebido como un laboratorio en tiempo real, para determinar, cuáles eran los principales factores operativos y administrativos que podían llegar a incidir para la implementación de un sistema Lean Manufacturing en empresas de características similares. Se seleccionó la organización Baldosines Torino S.A, miembro de Alfégres S.A., ya que esta presentaba una cierta inclinación manifiesta de alcanzar mejores estándares de manufactura, mediante la aplicación del Lean. De esta forma, el análisis técnico de variables de producción llevado a cabo en la investigación, fue matizado por la aplicación de algunas herramientas de lo que el psicólogo Edward de Bono, llamó Pensamiento Lateral [3].

El Pensamiento Lateral es visto como un tipo especial de control de información y busca que las personas se motiven a trabajar con la intención consciente de generar ideas de forma sistemática, que permitan solucionar problemas (preferiblemente de producción), y luego proceder paso a paso a su puesta en aplicación. Para esto la estructura del Kaizen toma una gran relevancia, ya que este entorno es per se el espacio más oportuno donde interactúan los ingenieros y operarios para buscar las mejores soluciones a las divergencias de los procesos productivos.

Igualmente, y de forma paralela, el proyecto realizó una medición del clima organizacional, aplicando a 56 colabo-

radadores de la empresa objeto de estudio, un instrumento con el objetivo de determinar si estaban las condiciones necesarias para llevar a cabo el diseño e implementación de sistemas de manufactura tipo Lean. Se utilizó para este fin como metodología de análisis, el modelo de cultura organizacional Denison©, el cual consta de cuatro ámbitos, adaptabilidad, misión, consistencia y participación; se optó por solamente trabajar con el último rasgo, dado que es este donde se concentra fundamentalmente los aspectos relacionados con la innovación, midiendo específicamente el desarrollo de capacidades (Capability Development), el trabajo en equipo (Teamwork) y el empoderamiento (Empowerment), ya que están directamente vinculadas con características de liderazgo, motivación y capacidad de solución de problemas.

El modelo de Denison© proporciona, una guía completa y de fácil interpretación para el cambio organizacional a través de dos marcos: un Modelo de Cultura Organizacional y un Modelo de Desarrollo de Liderazgo, ambos contruidos sobre la misma base, que describe las características de la cultura empresarial de alto rendimiento, midiendo siempre cuatro rasgos esenciales que están presentes en todas las organizaciones en alguna u otra medida.

El modelo de Denison© se lleva a cabo mediante dos diagnósticos de base, una encuesta de cultura organizacional y el desarrollo 360 de liderazgo.

Todo lo expuesto anteriormente se puso a prueba en un proceso piloto, que tuvo una duración de un año y seis meses, con el cual se pudo sentar las bases necesarias desde el punto de vista ingenieril, para determinar que herramientas de manufactura esbelta eran susceptibles de ser aplicadas con éxito a los sub-procesos de prensado y pulido, de la baldosa en grano de mármol (terrazo), para impactar de manera positiva en el problema de las excesivas demoras en los cambios de referencia del producto.

Después de evaluar la herramienta Lean, que más se ajustara a la problemática develada, el grupo de intervención decidió aplicar la técnica SMED que permitió un cambio rápido de herramienta para reducir el tiempo de cambio entre una última pieza del producto "A" hasta la primera pieza del producto "B", logrando de esta forma una disminución en los tiempos muertos generados por los cambios de referencia del 62.22%, al pasar de 201,32 minutos a 76,06 minutos.

El SMED (Single-Minute Exchange of Die), es una técnica Lean de segundo nivel, que puede apoyarse en los resultados del VSM (Value Stream Mapping) y/o las auditorías de 5´s; demanda un conocimiento muy detallado del proceso para identificar la naturaleza de las operaciones. Para la investigación se construyó una matriz producto-proceso, que estableció el punto exacto donde el proceso de fabricación de la baldosa en grano de mármol se ubica, dado el volumen de producto (medio) y la variedad del mismo (elevada).

La matriz arrojó como resultado una orientación hacia el producto, con un ciclo controlado por la máquina y no por los operarios, constituyendo de esta manera un flujo por lotes, de transformación unidad a unidad, según las capacidades y diseños de la tecnología utilizada; la anterior descripción, sitúa al proceso dentro de los límites esperados de lo que podría ser potencialmente un proceso con características Lean. Para dar mayor fuerza a la implementación del SMED, se diseñaron dispositivos Poka-Yoke, los cuales disminuyeron el error en el montaje de moldes y aseguraron la calidad del producto al controlar los re-trabajos y mermas por daños en las baldosas. Los resultados de la investigación sugieren que es necesario para abordar la implementación de sistemas de manufactura basados en los principios Lean Manufacturing, involucrar procesos de innovación y crear los espacios pertinentes para que las personas desarrollen las competencias necesarias para explotar su potencial creativo. Se considera que los impactos de este sistema se alcanzan al mediano y largo plazo; si se desea impactar a toda una organización, esto tomaría entre 5 y 10 años de trabajo.

A continuación se detallan algunos de los aspectos nombrados anteriormente, haciendo énfasis en la aplicación de la metodología de las 8D, la cual fue la base para todo el proceso de mejoramiento continuo en los subprocesos de prensado y pulido de la baldosa de grano de mármol tipo terrazo.

Diagnóstico técnico

Se hizo un análisis comparativo de los ingresos por concepto de ventas de los últimos años, tomando como base el 2010, de todos y cada uno de los productos que realiza la empresa Baldosines Torino S.A. y se llegó a la conclusión que la baldosa en grano de mármol, era el

producto principal de la compañía, con ventas anuales del orden de \$ 1.700.000.000 (Mil Setecientos millones de pesos); y de igual forma se analizaron los costos del proceso a nivel de mano de obra, materia prima e indirectos de fabricación, lo que arrojó un costo total de producción del orden de los \$ 1.200.000.000 (Mil Doscientos Millones de Pesos); esta brecha no estaba dejando el margen esperado por los inversionistas, por lo tanto era prioritario analizar el comportamiento del proceso para investigar el nivel de desperdicio que consumían recursos y no lo hacían productivo. Igualmente el diagnóstico técnico tenía como objetivo principal determinar el subproceso de fabricación con mayores oportunidades de mejora.

Descripción del proceso de fabricación

El proceso de fabricación de la baldosa en grano de mármol analizado, contempló tres etapas secuenciales, (I) Prensado, (II) Frague y (III) Pulido; se revisó una etapa previa de dosificación, en la cual y de acuerdo a las características del producto, se establece el diseño de mezcla. En cada una de las etapas, consideradas técnicamente como subprocesos, se analizó la cantidad de operaciones, transportes y esperas, mediante un muestreo de trabajo.

De tal forma que la caracterización del sub-proceso de prensado se llevaba a cabo en 12 operaciones, con una duración de 5.94 minutos; 5 transportes, que se hicieron en 3.51 minutos y se recorrieron 43.5 metros; 2 esperas con duración de 5.86 minutos; en total el prensado duró 15.31 minutos para 19 actividades.

El sub-proceso de frague, representó un trabajo especial, debido a que se hizo sujeto a condiciones que están por fuera del control de producción, ya que el objetivo es que la mezcla prensada, tome la textura demandada por norma técnica, al dejar las placas en reposo absoluto por 4 días; pasar material de prensado a frague, tomó una distancia de 30 metros, que se recorrieron en 1 minuto. Estuvo presente una entrega de material fraguado que involucró un transporte de 125 metros y se hizo en 6 minutos. Por último, el material entró al sub-proceso de pulido, el cual se efectuó en 22,07 minutos, donde se destacó una espera para que la máquina transformara, de 18 minutos, esto representó un 82% de inactividad.

De igual forma se analizó el comportamiento del volumen de producción comparándolo con la variedad de referencias del producto objeto de estudio, durante un año, y se encontró que los volúmenes de producción estuvieron por el orden de los 500.000 m² al mes, para 58 tipos de referencia aproximadamente; al llevar estos datos a una matriz producto proceso se concluyó que el comportamiento del proceso estaba orientado potencialmente hacia un enfoque Lean.

Análisis del proceso de fabricación¹

El grupo de intervención considero que dentro del proceso de fabricación de la baldosa de grano de mármol, dado el enfoque encontrado, se debería actuar sobre los subprocesos principales de prensado y de pulido, donde la productividad estaba condicionada principalmente por el funcionamiento de la maquinaria industrial, y en menor escala por el tiempo dedicado por el operario. Teniendo en cuenta esto, el análisis de los procesos estuvo enfocado en determinar el estado de la eficiencia de la maquinaria para cada proceso y las posibles causas que originaron su pérdida.

El análisis se hizo mediante dos métodos cuantitativos, uno estadístico de muestreo de trabajo que sirvió en primera instancia para determinar el número de observaciones necesarias (n) para una aplicación típica con un intervalo de confianza del 95%, y de esta manera lograr el cálculo de la probabilidad de ocurrencia de inactividad del proceso, para las (n) observaciones. El segundo método utilizado, consistió en calcular el indicador OEE (Overall Efficiency Equipment), donde se determinó el nivel de eficiencia de los subprocesos de estudio, mediante la interrelación de tres parámetros fundamentales, (i) Disponibilidad de Equipos-DE, (ii) Calidad de Producción-Q y (iii) Rendimiento del Tiempo de Ciclo-RDT. Cada uno de los componentes anteriores del OEE fue alimentado por los siguientes datos técnicos asociados a cada sub-proceso, el tiempo de apertura, el tiempo de inactividad no planificado, el tiempo de ciclo (incluyendo los cuellos de botella), el total de producción (incluyendo sobrantes) y la cantidad de producto vendible.

1. Por secreto industrial, algunos de los datos utilizados no se pueden hacer públicos, sin la autorización de la empresa Baldosines Torino S.A.

Una vez hecha la sistematización de la información, se encontró que en los dos sub-procesos evaluados mediante OEE, la eficiencia fue menor en comparación con el muestreo de trabajo, esto se debió a que el indicador OEE, tiene en cuenta pérdidas generadas por funcionamiento de la máquina, pérdidas por rendimiento (micro-paradas) y pérdidas por calidad (unidades no conformes), mientras que por medio del muestreo de trabajo solo se logra determinar las pérdidas por disponibilidad de la máquina.

Es así como para el sub-proceso de prensado, se encontró que el OEE fue del 70.86% con un nivel de pérdidas del 29,14%; el porcentaje de trabajo inactivo según el muestreo de trabajo fue del 20,31, con un 79.69% de actividad. De igual forma, para el proceso de pulido, se encontró que el OEE fue del 74.59% con un nivel de pérdidas del 25.41%; el porcentaje de trabajo inactivo según el muestreo de trabajo fue del 12.80%, con un 80.20% de actividad. Se encontró que la principal causa de pérdida de eficiencia del sub-proceso de prensado se debía a los cambios de referencia con un 43.6%, según el método de muestreo de trabajo, donde se analizaron 10 posibilidades. A esta misma conclusión se llegó mediante el cálculo de OEE, donde el cambio de referencia con un 30,8% entre 14 posibles alternativas presentes en el proceso. Igualmente para los tres parámetros fundamentales del OEE, se observó que el mayor impacto se presentó en la disponibilidad de la máquina con un 66,16%, seguido por un 20,33% de rendimiento y un 13,51% de calidad; lo que permitió concluir que el factor más sensible en la producción es el tiempo utilizado en el momento de finalización de un lote de producto específico y las actividades de ajuste que preceden el inicio de otro lote de producto con características diferentes.

De manera similar para el sub-proceso de pulido, se encontró que principal causa de pérdida de eficiencia del sub-proceso de prensado se debe a los cambios de esmeriles con un 51.2%, según el método de muestreo de trabajo, donde se analizaron 6 posibilidades. A esta misma conclusión se llega mediante el cálculo de OEE, donde el cambio de esmeriles con un 48.95% entre 9 posibles alternativas, es la principal causa de pérdidas en el proceso. Igualmente para los tres parámetros fundamentales del OEE, el mayor impacto estuvo en la disponibilidad de la maquina con un 57,96%, seguido por un 35.65 % de calidad y un 6.39% de rendimiento.

Diagnóstico administrativo

Medición de Clima Organizacional y el Pensamiento Creativo

La evaluación del clima organizacional se realizó mediante la aplicación de un instrumento a 56 trabajadores de la planta, el cual se configuró según los parámetros establecidos bajo el modelo de Denison©, donde se diseñó una encuesta de 79 preguntas, distribuidas en 4 partes; la primera de ellas consistió en 60 preguntas, que buscaban cuantificar en un rango de 1 a 5 (donde 1 correspondía a estar muy en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo) varios elementos relacionados con procesos para la solución de problemas llevados a cabo por los colaboradores de la empresa.

La segunda parte de la encuesta indagó la percepción sobre el desempeño de la empresa en varios indicadores de gestión, distribuidos en 7 preguntas, bajo una escala de tres niveles (bajo, promedio y alto); la tercera parte registró la información del encuestado en 6 preguntas, relacionando su edad, genero, nivel educativo, tiempo de antigüedad, función y nivel al interior de la organización. La última parte midió las características de innovación de la empresa, en 6 preguntas.

El instrumento cuantificó tres aspectos primordiales, considerados vitales para lograr implementar un sistema de manufactura tipo Lean, como fueron liderazgo, motivación y capacidad de solución de problemas, [4] donde se obtuvo respectivamente los siguientes resultados de 3.22, 2.92 y 2.98 sobre 4.0; estos resultados mostraron que la empresa objeto de estudio, debía realizar mejoras entorno a propiciar espacios de participación con ideas de mejoramiento, a través de canales de comunicación más dinámicos.

Para tal fin se conformó un equipo de productividad Kaizen, el cual tuvo como elemento de innovación, trabajar con las técnicas de pensamiento creativo, desarrolladas por Edward de Bono, particularmente el método de los Seis Sombreros©, el cual al ser realizado de forma sistemática permitió estructurar un mejoramiento al interior del sub-proceso de prensado (dado que este registro la menor eficiencia según el análisis técnico), mediante la aplicación de una prueba piloto, cuyo objetivo fue disminuir los tiempos muertos generados por los cambios de referencia.

Implementación de la línea piloto

Metodología 8D

La metodología 8D permitió gestionar las no conformidades tanto internas como externas, encontradas en el sub-proceso de prensado, según los fundamentos del ciclo PHVA. A continuación se detalla cada una de las “D” propuestas:

1D. Conciencia del problema y conformación del equipo: La conformación del equipo de trabajo se realizó de acuerdo a la máquina que mayor número de cambios de referencia hacía. De tal forma que el equipo estuvo conformado por 1 Supervisor planta, 1 Líder de proceso, 1 Jefe de máquina y 4 Operarios.

2D. Descripción del problema: Para la descripción del problema se utilizó la herramienta de los cinco porqués, más un cómo; conocida por sus siglas en inglés 5w+1H, la cual arrojó como resultado que la causa raíz de las excesivas demoras en los cambios de referencia, eran debido a la falta de dispositivos Poka-Yoke que permitieran montajes más dúctiles, que minimizaran el error de ensamble y permitieran la verificación in situ de la calidad.

3D. Investigación de las causas: De manera complementaria para perfilar las causas del problema, se utilizó la herramienta 5M-1, la cual consistió en un análisis a la Mano de Obra, a la Maquinaria, al Método, a los Materiales, sin considerar el Medio Ambiente; lo que permitió determinar los inconvenientes presentados en los cambios de referencia.

4D. Implantación y verificación de acciones inmediatas: Del análisis realizado en la 3D se encontraron cuatro causas principales, las cuales fueron abordadas y estudiadas por el equipo Kaizen, para de esta manera establecer acciones inmediatas, las cuales consideraron los siguientes aspectos, Causa 1: Demora en el centraje de moldes y planchas, Acción 1: Implementación de un sistema Poka Yoke; Causa 2 y 3: Desorden en el montaje de moldes y planchas, Falta de verificación de calidad de materiales, Acción 2: Generación de un método para el montaje de moldes y planchas que a su vez determine las inspecciones de calidad previas antes del montaje; Causa

3: Falta de comunicación, Acción 3: Publicación semanal del programa de producción, al igual que la publicación de la receta de la referencia a fabricar.

5D. Selección e implantación de acciones correctivas: El quinto paso de la metodología, contempló una serie de acciones de tipo correctivo, con las cuales se buscó mitigar la dispersión encontrada en los análisis previos, que no permitían establecer las condiciones iniciales para implementar herramientas lean; ante la falta de verificación de calidad de materiales, se hicieron capacitaciones del personal de mantenimiento hacia el personal del grupo Kaizen para que las revisiones se llevaran a cabo por el área de producción; a las constantes averías inesperadas en el arranque, se estableció un mecanismo de comunicación más directo al área de mantenimiento, de tal manera que si se percibía alguna falla en la máquina, esta fuera solucionada en el tiempo de cambio de referencia; ante la imposibilidad de disponer de herramientas cerca al puesto de trabajo, se entregó la necesaria para el cambio de referencia y la asignación adecuada del lugar de almacenamiento para un acceso fácil y rápido.

6D. Selección de herramientas Lean a implementar: Para el sexto paso de la metodología planteada, se llevó a cabo una selección de la herramienta Lean, que más estuviera acorde con la problemática identificada en los pasos anteriores; de tal forma que se calificaron 4 principales herramientas, de acuerdo a su nivel de aplicación y criticidad para que impactaran de forma positiva en las causas que originaban los altos tiempos en los cambios de referencia. Los resultados de la calificación permitieron concluir que con una puntaje de 7.9 sobre 10, la herramienta que más impacto generaría, era el SMED; seguida por las 5´S con un puntaje de 7.3, TPM con un 4.1 y Kanban con 3.4.

7D. Implementación de herramientas Lean: La implementación del SMED, entendido como un cambio rápido de herramienta, buscaba la reducción del tiempo en las operaciones de cambio de referencia (considerados tiempos muertos), donde se contemplara la última pieza del producto “A” hasta la primera pieza con especificaciones de calidad del producto “B”, mediante la aplicación de 5 fases: (1F). Identificar las operaciones en las que se divide el cambio, (2F). Separar las operaciones de preparación interna de las externas, (3F). Convertir las operaciones de preparación interna en externas, (4F).

Reducir el tiempo de operaciones internas, (5F). Reducir el tiempo de operaciones externas.

Antes del SMED, correspondientes a las fases 1 y 2, donde se logró una identificación de las operaciones en las que se divide el cambio, y la determinación de operaciones internas y externas, donde las primeras, eran todas aquellas operaciones que se realizaban con la maquinaria parada y las segundas, eran todas aquellas cuyas actividades se realizaban con la maquinaria en marcha.

Las fases 3, 4 y 5 del SMED, involucraron convertir las operaciones internas en externas, para posteriormente reducir su tiempo de ejecución, mediante la aplicación de una serie de actividades asociadas a cada una de las operaciones, así la operación *limpieza de dosificador*, alcanzó mejor tiempo mediante la asignación de dos operarios que antes se encontraban en *alistamiento de mineral*; de igual forma la operación de limpieza de moldes, virolas y planchas, mediante aplicación de las acciones inmediatas y correctivas, puestas en marcha en la 4D y 5D, logró una reducción de su tiempo de ejecución; la operación de limpieza del sistema cara vista, fue convertida en interna y reducido su tiempo, al involucrar un operario externo como apoyo al trabajo del operario del cargador; la operación *llenado de tolvas*, logro su reducción, mediante la acción inmediata de mejoramiento de la comunicación; la operación de *búsqueda y alistamiento de planchas* a montar, paso a ser interna al establecer un protocolo de implementación de 5'S en el área de almacenamiento; por último la operación de *alistamiento de mineral*, paso de ser externa en interna al lograr una preparación del mineral con un día de anterioridad, de acuerdo al programa de producción.

Análisis de resultados y conclusiones

8D. Evidencia de los resultados obtenidos: Una vez terminada la implementación del SMED y después de la ejecución de las acciones tanto inmediatas como correctivas, derivadas del diagnóstico técnico efectuado, se logró que el tiempo de cambio total, pasara de 201.32 minutos a 76.06, lo que se tradujo en una reducción del 62,22%; de igual manera el tiempo de operaciones internas paso de 191.32 minutos a 66.06 minutos, con lo que significó una reducción de 65.47%; por último la

distancia recorrida en metros, paso de 697 a 397, con mejoramiento del 43.04%.

Las mejoras posteriores a la implementación de la prueba piloto, en relación al clima organizacional, después de la conformación del equipo Kaizen, permitieron que en varios aspectos se lograrán avances significativos, por ejemplo, se reforzaron los conocimientos que tenían los empleados con respecto a temas relacionados con la empresa; se realizó un entrenamiento (capacitaciones en herramientas de análisis y de mejora), con el fin de permitir que el personal realice aportes valiosos al mejoramiento de los procesos; por medio del entrenamiento se obtuvo diferentes puntos de vista, lo cual permitió contar con mayor número de ideas para la implementación de las mejoras; se logró incrementar la participación y la generación de ideas por parte de todos los integrantes del grupo Kaizen; se observó empatía y entusiasmo al realizar las labores con métodos diferentes a los convencionales; la toma de decisiones paso de ser únicamente por parte de los supervisores, a contar con el apoyo del jefe de máquina, quien alcanzó una visión más objetiva del proceso por medio de las capacitaciones realizadas; se mejoró la comunicación, permitiendo que el personal estuviera actualizado día a día con el procesos; se dio reconocimiento al grupo Kaizen por la labor realizada, lo cual motivó al personal para la búsqueda de nuevas mejoras; mejoró el sentido de pertenencia del personal con las labores realizadas; el personal comprendió que el trabajo en equipo es fundamental para llevar a cabo las iniciativas de mejora; se logró generar un ambiente de mejora continua en la cual intervinieron todas las personas involucradas en el proceso, fortaleciendo el trabajo en equipo.

Análisis del beneficio económico de la implementación

a. Aumento en la producción y en los ingresos

Durante el diagnóstico técnico efectuado a la línea de producción de la baldosa en grano de mármol, el promedio de cambios de referencia realizados en el proceso de prensado en los últimos 6 años fue de 154, donde para el año 2012 alcanzó los 155 cambios de referencia, por lo tanto es sobre este último dato que se realizó el comparativo de mejora. La producción del año 2012 fue de 450.642 m², al analizar la información obtenida después de la implementación

de las acciones en el nuevo tiempo disponible por la reducción de los tiempos muertos en los cambios de referencia, esta producción se incrementó en un 6,71%, lo que representó un aumento en 30.258 m², llegando a los 480.899,6 m².

Como resultado del aumento en la producción, se presentó un aumento en los ingresos por concepto de la venta del producto comparándolo con el año 2012, reflejándose en un incremento en \$ 533.865.278

b. Disminución en el costo de fabricación

Teniendo en cuenta que en la mejora implementada se disminuyó el tiempo muerto generado por el cambio de referencia; no se logró una disminución en los costos variables del proceso industrial, sin embargo si se logró la optimización de la mano de obra, debido a que se produjo más producto con el mismo personal.

De igual manera que con los ingresos, el comparativo se realizó con base a los datos del año 2012, donde se alcanzó una reducción en el costo de la mano de obra de \$147.64 por m², correspondiente al 6.29%, y una reducción en el costo total del 1.13%.

Agradecimientos

A la empresa Baldosines Torino S.A. por facilitar sus instalaciones para el desarrollo de esta iniciativa y por compartir la información necesaria para poder realizar de la mejor manera los cálculos que componen esta

investigación, específicamente al Ingeniero Ospina como directivo de Alfagres S.A., por su interés y apoyo.

A la Universidad Santo Tomas de Bucaramanga, por hacer extensiva la invitación para participar con estos resultados en el I Congreso Internacional de Ingeniería Industrial Lean Six- Sigma, particularmente al Doctor Eduardo Orozco Ospino.

A la Doctora María del Carmen Temblador, del Tecnológico de Monterrey, por sus oportunos y valiosos comentarios que viabilizaron y motivaron llevar estos resultados a la Conferencia Anual de Ingenieros Industriales (ISERC), en junio de 2014 en Montreal Canadá, bajo la ponencia ID A4158.

Referencias

- [1] P. Womack, D. Jones, D. Ross, *The machine that changed the world : the story of lean production - Toyota's secret weapon in the global car wars that is revolutionizing world industry*, New York (USA), Free Press, 2007.
- [2] A. Guarín, "Análisis de factores competitivos desarrollados al interior de Toyota Motor Company Parte I: Orígenes y Estrategia", *Revista de Investigación Universidad de América*, 1 ed. Vol 4, pp. 109-123, Enero-Junio 2011.
- [3] E. De Bono, *The use of lateral thinking*, New York (USA), Penguin Books, 1990.
- [4] L.Wilson, *How to Implement Lean Manufacturing*, New York (USA), McGraw-Hill, 2010.

El Autor



Andrés Giovanni Guarín Salinas

Bogotá-Colombia. Ingeniero Industrial, Universidad Libre, Bogotá 1998. Especialista en Sistemas de Información y Tecnología de la Universidad del Rosario, Bogotá 2005. Con estudios de profundización en sistemas Lean Manufacturing y métodos Six Sigma, en Lean Academy (MIT), 2008.

Director del Grupo de Investigación, Centro de Investigación y Desarrollo Empresarial CINDE, adscrito al programa de ingeniería industrial de la Universidad de América.

El Ing. Guarín, está vinculado al Project Management Institute, al ISERC, al Lean Management Institute e igualmente pertenece al Consejo Profesional Nacional de Ingeniería de Colombia.