

MEJORAMIENTO DE LOS INDICADORES DE JCI (ÍNDICE DE CAMBIO DE REFERENCIA) PARA LAS MÁQUINAS A-0 Y A-7, HACIENDO USO DE LA METODOLOGÍA LEAN SIX SIGMA, EN LA EMPRESA CRISTAR S.A.S DEL MUNICIPIO DE BUGA VALLE DEL CAUCA

EDISSON FERNANDO ORDOÑEZ ORDOÑEZ

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE INEGNIERÍA MECÁNICA
PEREIRA
2015

MEJORAMIENTO DE LOS INDICADORES DE JCI (ÍNDICE DE CAMBIO DE REFERENCIA) PARA LAS MÁQUINAS A-0 Y A-7, HACIENDO USO DE LA METODOLOGÍA LEAN SIX SIGMA, EN LA EMPRESA CRISTAR S.A.S DEL MUNICIPIO DE BUGA VALLE DEL CAUCA

EDISSON FERNANDO ORDOÑEZ ORDOÑEZ

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de Ingeniero Mecánico

Director:

Dr. JOSE LUIS TRISTANCHO REYES
(UTP)

Codirector.

Ingeniero JULIÁN LÓPEZ

CRISTAR S.A.S.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
PEREIRA
2015

NOTA DE RESPONSABILIDAD

“Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo de grado, son responsabilidad exclusiva del autor”

Artículo 3 del decreto No. 25 del 26 de octubre de 2005. Por medio del cual se reglamentan los Trabajos de Grado para todos los Programas de pregrado, según el Consejo Académico de la Universidad Tecnológica de Pereira.

NOTA DE RESPONSABILIDAD

NOMBRE

PRESIDENTE DEL JURADO

NOMBRE

JURADO

NOMBRE

JURADO

AGRADECIMIENTOS

El autor del presente trabajo expresa sus agradecimientos a:

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA, FACULTAD DE INGENIERÍA, por su valiosa labor en la formación de profesionales, desde el punto científico y humano, con el fin de contribuir con el desarrollo del país en los diferentes campos laborales y empresariales.

Al Doctor, JOSE LUIS TRINTACHO REYES, Director del trabajo, por su interés, conocimientos, sus valiosos aportes, sugerencias y tiempo, que contribuyeron a mejorar la formación integral del responsable de este trabajo.

Al personal de la Empresa OI. CRISTAR SAS, su Gerente el doctor Ing. Hernando Sistiva, quien muy cordialmente autorizó realizar la práctica universitaria y posteriormente la realización del presente trabajo.

Al Ingeniero JULIÁN LÓPEZ, Codirector del trabajo, quien ha contribuido el suministro de la información para el análisis y la realización en general.

Al Ingeniero Alexander Correa, Líder FMU A7 CRISTAR SAS, por todos sus aportes analíticos frente al desarrollo del trabajo.

Al Ingeniero Hernán Plaza, Líder FMU A0 CRISTAR SAS, por su valiosa colaboración en la interpretación y análisis de toda la información.

Al personal de apoyo de la Empresa CRISTAR SAS de la ciudad de Buga Valle, quienes brindaron la colaboración necesaria para el presente trabajo.

DEDICO:

A Dios, por permitirme desarrollar todo este proceso formativo y así alcanzar esta nueva meta; A mis padres, Mirian Ordoñez y Luis Ordoñez, a quienes son mi punto de apoyo para seguir adelante, ellos con su amor, dedicación y apoyo incondicional me han acompañado en todas las etapas de mi vida, gracias por su entrega, sé que este logro no solo es mío es de ustedes. A mi Hermano David Alejandro, quien me ha demostrado su afecto y comprendido con madurez la importancia de mi formación. A mi prima Doris Benavides, su esposo Francisco Estrella, sus hijos Andrea y Daniel, quienes contribuyeron en esta etapa de mi formación profesional, convirtiéndose ellos en mi segundo hogar, donde permanecí durante todo este tiempo de formación. A mis abuelos: Marco Ordóñez, Blanca Elia Erazo, Mariana Ortiz, Juan R. Ordoñez, todos ellos Q.E.P.D. quienes en vida me expresaron con alegría su interés por ver culminada esta etapa de estudios, ellos permanecen en mi grato recuerdo y hacen parte de mi formación personal. A todas las personas que me brindaron apoyo en esta formación, mis agradecimientos.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	16
1 DISEÑO DEL TRABAJO	17
1.1 TEMA	17
1.2 TÍTULO	17
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.5 OBJETIVOS	18
1.5.1 Objetivo General	18
1.5.2 Objetivos Específicos	19
1.6 JUSTIFICACIÓN	19
1.7 ANTECEDENTES DE ESTUDIO	20
2 MARCO DE REFERENCIA	22
2.1 MARCO CONTEXTUAL	22
2.2 MARCO HISTÓRICO Y ESTADO ACTUAL	23
2.2.1 Historia	23
2.2.2 Ol.Cristar.	23
2.3 MARCO TEORICO	25
2.3.1 Metodología lean six-sigma	25
2.3.2 Alistamiento o cambio de referencia.	28
2.3.3 Componentes básicos para el programa de calidad six-sigma.	29
2.3.4 Herramientas de mejora de calidad	29
2.4 MARCO CONCEPTUAL	34
3 MARCO LEGAL	36
4 METODOLOGIA	38
4.1 PARADIGMA DE LA INVESTIGACIÓN	38
4.2 ETAPA 1 DEFINICIÓN	39
4.2.1 Definición del alcance del proyecto para el indicador de JCI en la máquina A0:	39
4.2.2 Definir el alcance del proyecto para el indicador de JCI en la máquina A7.	40
4.2.3 Definir los beneficios que se tendrán con la realización del proyecto en A0-A7.	40
4.2.4 Definir que está dentro del marco del proyecto y que está por fuera del proyecto.	40
4.2.5 Definir el equipo de trabajo para el proyecto.	41

4.3	ETAPA 2 MEDICIÓN	41
4.4	ETAPA 3 ANÁLISIS.....	45
4.4.1	Análisis de los procesos de la FMU A-0.....	48
4.4.2	Análisis de los procesos de la FMU A-7 a través de un Mapa de Flujo de Valor.....	50
4.5	ETAPA 4 MEJORA.....	58
4.5.1	Justificación.....	58
4.6	<i>ETAPA 5 CONTROL</i>	65
4.7	<i>ETAPA 6 RESULTADOS Y CONCLUSIONES</i>	66
5	BIBLIOGRAFIA.....	68
ANEXOS.....		69
	Anexo 1. Indicador JCI Maquina A7 2014.....	69
	Anexo 2, Mapa de flujo de valor	71
	Anexo 3. Formato de puntuación para la línea A-7 para la referencia P-506	72

LISTA DE TABLAS

Tabla No. 1: Indicadores JCI, A0 año 2014.....	42
Tabla No. 2: Referencias con bajo JCI, A0 año 2014.....	46
Tabla No. 3: Referencias con bajo JCI, A0 año 2015.....	46
Tabla No. 4: Referencias con bajo JCI, A7 año 2014.....	47
Tabla No. 5: Referencias con bajo JCI, A7 año 2015.....	47
Tabla No. 6: Análisis de Pareto Máquina A7.....	52 - 53

LISTA DE GRAFICAS

Gráfica No. 1: Indicadores JCI para A0 en 2014.....	43
Gráfica No. 2: Indicadores JCI para A0 en 2015.....	44
Gráfica No. 3: Indicadores JCI para A7 en 2014.....	44
Gráfica No. 4: Indicadores JCI para A7 en 2015.....	45
Gráfica No. 5. Registro de peores defectos 2014 Línea A0.....	50
Gráfica No. 6: Registro mensual de peores defectos y faltantes línea A7.....	55

LISTA DE FIGURAS

Figura No. 1. Mapa Municipio de Buga Valle del Cauca.....	22
Figura No. 2. Diagrama de flujo de procesos.....	30
Figura No. 3. Diagrama de causa efecto.....	30
Figura No. 4. Diagrama de Pareto.....	31
Figura No. 5. Histograma.....	32
Figura No. 6. Gráfica de corrida.....	32
Figura No. 7. Gráfica de control.....	33
Figura No. 8. Diagrama de dispersión.....	33
Figura No. 9. Modelo de regresión.....	34
Figura No. 10. Dispositivo para medir la curvatura del deflector.....	63
Figura No. 11 plano Ref. H0512 para A7.....	58
Figura No. 12 plano Ref. H0506 para A7.....	59
Figura No. 13 plano Modificación machos	60
Figura No. 14, Plano de Moldes modificados.....	61

LISTA DE ANEXOS

Anexo No. 1. Referencias montadas en máquinas A0 y A7.....	69 - 70
Anexo No. 2. Mapa de flujo de valor.....	71
Anexo No. 3. Formato de problemas máquinas A0 y A7.....	72

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló con la colaboración de la Empresa CRISTAR SAS ubicada en el Municipio de Buga, Departamento del Valle del Cauca; se realiza con los lineamientos estipulados por la Universidad Tecnológica de Pereira, para acceder al título de Profesional en Ingeniería Mecánica, formación brindada en la Facultad de Ingeniería.

Se consigna información relacionada con el análisis realizado a un indicador de eficiencia denominado JCI en dos máquinas (A0 y A7) de la Empresa CRISTAR SAS. Para ello, fue necesaria la identificación de las causas posibles que pudieran afectar estos índices, mediante un seguimiento y análisis detallado de varios aspectos que pueden incidir a lo largo del proceso.

El contenido permite establecer con claridad el problema de investigación, así mismo la justificación y en general en su contenido muestra toda la estructura del proyecto con sus objetivos y los diferentes marcos propios de este trabajo.

Más adelante, se define la metodología a utilizar, donde se establecen seis etapas denominadas así: de definición, medición, análisis, mejora, control y una final denominada de resultados y conclusiones; Ya en el desarrollo del trabajo, se presentan tablas y gráficas con la información obtenida producto del análisis e interpretación de toda la información de las historias de las referencias recopilada en la empresa CRISTAR SAS para el año de 2014 y un periodo enero agosto del año 2015.

Después de realizar un análisis detallado de los puntos con mayor incidencia para algunas referencias en cada una de las máquinas estudiadas (A0 y A7), se determina las principales causas de los llamados faltantes y defectos en las obras finales, incidentes en los bajos índices JCI de la empresa.

Palabras claves: Indicadores de eficiencia, índices, metodología, problema de investigación, análisis, interpretación, faltantes, defectos de obras.

GLOSARIO

Análisis:

Cuchara: Elemento del equipo de entrega encargado de guiar la gota de vidrio hacia el deflector

Deflector: Elemento encargado de guiar la gota desde la cuchara hasta el premolde.

Historias: Formato de registro donde se consignan los parámetros para determinada máquina y referencia de campañas anteriores

Procedimiento estándar de operación SOP: Standard Operating Procedure, hace referencia a una serie de pasos a seguir para estandarizar un proceso y que siempre se cumpla de la misma manera

Referencias: Se le llama referencia al código designado para cada una de las diferentes obras de cristalería fabricadas en la empresa CRISTAR

INTRODUCCIÓN

Dentro de los requisitos que hacen parte para optar al título profesional como Ingeniero Mecánico que otorga la Universidad Tecnológica de Pereira, es preciso desarrollar un trabajo de pregrado, con el que se pretende fortalecer y poner en práctica los conocimientos impartidos en los diferentes programas desarrollados en el ente educativo, además desarrollar el espíritu investigativo y su vez familiarizarse con los ambientes empresariales en una situación real.

La realización de este trabajo, surge a partir de unas ideas deliberadas, analizadas y seleccionadas con personal calificado de la empresa CRISTAR SAS, donde fueron identificados al interior en la entidad algunos indicadores productivos que podían ser mejorados con miras a encontrar mayor eficiencia productiva; trabajo que tendrá lugar en el análisis detallado de la información brindada por la misma entidad, en busca de los objetivos planteados para su ejecución.

Teniendo en cuenta lo anterior, tanto personal de esta entidad como también docentes consultados en la Universidad Tecnológica de Pereira manifestaron el apoyo a la idea investigativa, por lo que se procede a implementar las estrategias que permitan el desarrollo de las competencias adecuadas para realizar el estudio; esto se realiza a partir de un análisis preliminar de información, lo que permite al investigador tener las herramientas necesarias para formalizar el trabajo en general.

La propuesta en mejoras; producto del presente trabajo, ofrecerá al personal de la Empresa CRISTAR SAS, algunas alternativas viables a ser utilizadas con miras al mejoramiento de los rendimientos productivos, lo que afectará positivamente la eficiencia de la empresa.

1 DISEÑO DEL TRABAJO

1.1 TEMA

Mejoramiento de un indicador de producción en la empresa CRISTAR SAS. Entidad que se dedica a investigar, diseñar, desarrollar, innovar, fabricar y comercializar productos de cristalería., ubicada en el Municipio de Buga, Departamento del Valle del Cauca, Colombia; esto realizando el seguimiento a dos de las máquinas que presentaron el índice más bajo de rendimientos durante el año 2014.

1.2 TITULO

Mejoramiento de los indicadores de JCI (índice de cambio de referencia) para las máquinas A-0 y A-7 de la empresa CRISTAR S.A.S., haciendo uso de la metodología lean six sigma.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es posible mejorar el indicador JCI en las FMUs A0 y A7 haciendo uso de la metodología lean six sigma y aplicando los correctivos adecuados?

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La productividad de la empresa se puede ver afectada al momento de realizar una relación de eficiencia entre materia prima que ingresa para ser transformada vs. Las unidades obtenidas, es decir al hacer la relación o costo – beneficio. Es así como en la empresa OI CRISTAR SAS, y específicamente en el área de cambios de referencia se tiene un indicador denominado JCI (Job Change Index o índice de cambio de referencia), el cual hace una relación entre las toneladas de vidrio procesadas desde que se inicia el cambio de referencia y que se convierten en obras de cristalería , es decir las empacadas en las primeras doce horas, frente a las

toneladas de vidrio teóricas que se fundieron en este mismo espacio de tiempo teniendo en cuenta el vidrio fundido en el horno para cada una de las líneas de producción FMUs (Flexible Manufacturing Unit o Unidades de Manufactura Flexible); éste indicador se puede ver afectado por varias condiciones que se presentan a lo largo de toda la línea de producción.

Esta empresa en busca del cumplimiento de sus objetivos debe estar atenta al desempeño y a los resultados obtenidos en cada una de sus áreas de trabajo; para ello, tiene establecidos unos parámetros, a partir de los cuales obtendrá unos indicadores que sirven como base para buscar el mejoramiento continuo de sus procesos. Lo anterior impacta directamente en la productividad, beneficiando a la empresa y a sus clientes. Debido a esta necesidad, se hace indispensable realizar un seguimiento de todos los indicadores que describen el comportamiento de la empresa para obtener un diagnóstico y poder enfocarse en determinado proceso, tomando determinaciones que contribuyan al mejoramiento de los objetivos establecidos por los directivos de la empresa.

Como es lógico, las empresas creadas con fines económicos lucrativos, deben propender por buscar el mayor rendimiento de su capital de trabajo, para ello es necesario contar con herramientas adecuadas, tanto para realizar una producción eficiente, como también con aquellas que servirán de ayuda para realizar la valoración en cada una de sus unidades de producción y en general de toda la entidad. Una de estas herramientas a que se hace referencia anteriormente y que tiene establecida la empresa OI CRISTAR SAS, es un indicador denominado JCI, del cual se tiene disponibilidad de información para ser analizado.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

Mejorar el JCI para las FMUs A-7 y A-0 en la empresa CRISTAR S.A.S.

1.5.2 Objetivos Específicos.

- Definir las causas por las cuales se ve afectado el JCI en las máquinas A0 y A7.
- Medir cuales son los principales defectos que más influyen en el bajo JCI de la línea de producción (FMUs) A7.
- Medir cuales son los principales defectos que más influyen en el bajo JCI de la línea de producción (FMUs) A0.
- Analizar cuáles son las posibles soluciones para los puntos de mejoramiento encontrados.
- Redactar los planes de trabajo, de acuerdo al análisis de las oportunidades de mejora del proceso de cambio de referencia en A0 y A7 con un índice de cumplimiento de por lo menos el 70%.
- Plantear la estrategia para controlar que las mejoras logradas se mantengan en el tiempo con base en el plan que se entregue una vez terminado el proyecto.

1.6 JUSTIFICACIÓN

Toda entidad creada con fines económicos debe estar continuamente velando por tener unos procesos seguros, con calidad, productividad y bajos costos, para así mantenerse con los mejores estándares de producción y competitiva a nivel empresarial, para así también poder brindar los mejores servicios a sus clientes; por tanto es preciso que se tengan mecanismos adecuados para evaluar todos sus procesos productivos y también las demás dependencias que hacen parte de la entidad; es claro que en ningún momento se debe dejar pasar aspectos importantes que conduzcan a la conservación y por qué no al mejoramiento de su goodwill del ente productivo; esto hace que sea necesario ubicar los métodos de mayor eficiencia, para la evaluación permanente de las áreas que conforman la organización.

Los métodos de los cuales se hace mención para el caso de una empresa industrial que se dedica a la producción, son los denominados indicadores, los cuales muestran un panorama de lo que está ocurriendo al interior de la empresa; es así, que haciendo un buen uso de ellos se pueda medir o comparar algunos puntos importantes de estas áreas productivas; para que esto se pueda realizar es indispensable contar con la asesoría de personal que labora en cada una de las áreas de la empresa que se desee evaluar, pues ellos son los que conocen más a fondo el funcionamiento de dichas áreas, también se debe contar con el apoyo de los directivos, ya que serían ellos los que finalmente podrían tomar determinaciones importantes al respecto y así observar el grado de avance de la organización al momento de fijar las metas en cada año productivo.

A nivel de industria, se hace necesario fijar unas metas con respecto a los indicadores, los cuales al ser mejorados se representan en aumento de la productividad que podría traducirse en un mayor margen de utilidad para los inversionistas; por tal motivo es necesario realizar un análisis de todos los aspectos que pueden afectar dicho indicador y así tomar medidas correctivas con el fin de evitar desperdicios de todo tipo en el proceso de la empresa.

Al realizar el análisis detallado de cada una de las unidades de producción y observar cuales son las que presentan el indicador JCI más bajo, es viable tomar los indicadores de esos puntos JCI para la máquina AO y JCI para la máquina A7, establecer las causas por las cuales se presenta baja eficiencia en cada una de estas unidades de producción para finalmente llegar a realizar unas recomendaciones encaminadas al mejoramiento de dicho indicador.

1.7 ANTECEDENTES DE ESTUDIO

Según consultas realizadas se ha encontrado que existe un trabajo que guarda relación con el presente; este tiene por titulado “APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA SIX SIGMA PARA INCREMENTAR EL INDICE DE CAMBIOS DE REFERENCIA DE LA EMPRESA

CRISTAR S.A. DE LA CIUDAD DE BUGA” realizado por el Ing. Jorge Mario Mejía Maya actual FMU de la línea A-3 en la empresa CRISTAR S.A.S.

2.2 MARCO HISTÓRICO Y ESTADO ACTUAL

2.2.1 Historia

Si bien la historia del vidrio empieza en Egipto desde los años 1500 a 1400 a.c., su mayor auge tuvo lugar en los siglos VIII y IX en países orientales, donde ya se realizaban algunas piezas y se incluían colores para su decoración, el vidrio es un material tradicional que tiene como propiedad esencial la transparencia, este se obtiene por fusión de la arena (Sílice SiO_2). El vidrio es utilizado en la elaboración de muchos productos esenciales para la humanidad [1].

En Colombia se han establecido varias empresas dedicadas a la transformación del vidrio, entre las cuales se encuentra CRISTAR SAS, la cual ha desarrollado técnicas importantes para realizar una variedad de productos con altos estándares de calidad.

2.2.2 OI.Cristar.

Cristar es una compañía afiliada a OI de Estados Unidos, con una gran variedad de productos de cristalería, creando obras con los más altos parámetros de calidad. Como miembro de la familia OI, comparte su filosofía internacional de entregar al mercado productos de la mejor calidad y se beneficia de sus avances, aportes tecnológicos y nuevos desarrollos. Estas ventajas son desarrolladas en conjunto con su empresa asociada Cisper de Brasil.

Cristar investiga, diseña, desarrolla e innova. Los procesos de producción responden a la más alta tecnología y estándares de calidad mundial, reconocida internacionalmente. Así, los consumidores reciben un producto garantizado con la mejor calidad.

La planta cuenta con más de 300 moldes para la fabricación de obras de cristalería con diferentes diseños, vasos, copas de tallo corto y largo, productos que requieren asas y acabados facetados, licoreras, jarras entre otros. Estos artículos son empacados en diferentes formas, de acuerdo con las necesidades particulares de cada cliente y país. En el área de

decoración se dispone de máquinas para aplicar hasta 8 colores. Además se cuenta con una máquina para adicionar colores traslúcidos, planos, fluorescentes entre otros; en vasos, vajillas, cervecedores y demás artículos generando diferenciación y valor agregado.

La experiencia de muchos años y la calidad a todos los productos, sumado al contacto internacional, permiten ofrecer cristalería a la altura de las mejores del mundo. Prueba de ello es el reconocimiento del mercado y la presencia internacional en más de 40 países donde se exporta hace más de 20 años.

CRISTAR SAS como miembro de la familia O-I, comparte su filosofía internacional de cuidado minucioso por la calidad y se beneficia de sus avances, aportes tecnológicos y nuevos desarrollos, manifestando que la experiencia de muchos años y la calidad que le imprimen a todos sus productos, sumado al contacto internacional, les permite ofrecer cristalería a la altura de las mejores del mundo. Es así que han tenido el reconocimiento del mercado doméstico del que manifiestan ser líderes y la presencia internacional en más de 40 países donde exportan hace más de 20 años.

La empresa cuenta con certificados: ISO 9001 2008 and BASC; Premio Portafolio 2008; Premio proveedores Éxito categoría Hogar 2012; Premio Mejor Proveedor Table Top” La Barra 2014. [2]

2.3 MARCO TEORICO

2.3.1 Metodología lean six-sigma

a) Lean

Lean es una metodología de trabajo, simple y efectiva que tiene su origen en Japón, enfocada a incrementar la eficiencia productiva en todos los procesos a partir de que se implanta la filosofía de gestión *kaizen* de mejora continua en tiempo, espacio, desperdicios, inventario y defectos, involucrando al trabajador y generando en él un sentido de pertenencia al poder participar en el proceso de proponer sus ideas de cómo hacer las cosas mejor.

Eliminando el desperdicio, mejora la calidad y se reduce el tiempo de producción y el costo. Las herramientas *lean* incluyen procesos continuos de análisis, producción, y elementos y procesos a prueba de fallos.

Un aspecto crucial es que la mayoría de los costes se calculan en la etapa de diseño de un producto. Frecuentemente se especifica materiales y procesos conocidos y seguros a expensas de otros baratos y eficientes. Esto reduce los riesgos del proyecto, o lo que es lo mismo, el coste, pero a base de aumentar los riesgos financieros y disminuir los beneficios. Las buenas organizaciones desarrollan y repasan listas de verificación para validar el diseño del producto.
[3]

Los principios clave del lean manufacturing son:

- Calidad perfecta a la primera: búsqueda de cero defectos, detección y solución de los problemas en su origen.
- Minimización del despilfarro: eliminación de todas las actividades que no son de valor añadido y optimización del uso de los recursos escasos (capital, gente y espacio).
- Mejora continua: reducción de costes, mejora de la calidad, aumento de la productividad y compartir la información.

- Procesos "pull": los productos son solicitados por el cliente final, no ofrecidos por la producción.
- Flexibilidad: producir rápidamente diferentes mezclas de gran variedad de productos, sin sacrificar la eficiencia debido a volúmenes menores de producción.
- Construcción y mantenimiento de una relación a largo plazo con los proveedores tomando acuerdos para compartir el riesgo, los costes y la información.

b) Six Sigma

La elaboración de los productos en el área industrial involucra principalmente tres etapas: la entrada (personal, material, equipo, políticas, procedimientos, métodos y el medio ambiente), realización del producto o servicio (proceso) y la salida (brindar un servicio y/o elaboración de un producto). En dichas etapas se comenten errores que afectan la calidad del producto y/o servicio. Todos los días un defecto es creado durante un proceso (etapa), esto toma un tiempo adicional para la prueba, análisis y reparación. Estas actividades no adicionales requieren espacio, equipo, materiales y gente.

Existen metodologías que ayudan a la prevención de errores en los procesos industriales, siendo una de ellas la Six-Sigma [4], que es una metodología de calidad de clase mundial (iniciada por Motorola en 1986) [5], aplicada para ofrecer un mejor producto o servicio, más rápido y al costo más bajo. La Sigma [6], es una letra tomada del alfabeto griego utilizado en estadística como una medida de variación [7].

La metodología 6σ se basa en la curva de la distribución normal (para conocer el nivel de variación de cualquier actividad), que consiste en elaborar una serie de pasos para el control de calidad y optimización de procesos industriales. En los procesos industriales se presenta el costo de baja calidad, ocasionado por:

- a. **Fallas internas**, de los productos defectuosos; re-trabajo y problemas en el control de materiales.

- b. **Fallas externas**, de productos regresados; garantías y penalizaciones.
- c. **Evaluaciones del producto**, debido a inspección del proceso y producto; utilización, mantenimiento y calibración de equipos de medición de los procesos y productos; auditorías de calidad y soporte de laboratorios.
- d. **Prevención de fallas**, debido al diseño del producto, pruebas de campo, capacitación a trabajadores y mejora de la calidad.

Debido a esto, se decide aplicar la metodología 6σ en los procesos industriales para prevenir el costo de baja calidad y con ello tener procesos, productos y servicios eficientes [8]. Al aplicar la Six-Sigma en el análisis de procesos industriales se pueden detectar rápidamente problemas en producción como cuellos de botella, productos defectuosos, pérdidas de tiempo y etapas críticas, es por esto que es de gran importancia esta metodología. A nivel mundial, la mayoría de los países industrializados aplican la metodología Six-Sigma.

Un estudio elaborado en 1997 demostró que las mejores compañías en su clase tienen los niveles de calidad 6σ . Una compañía que no utiliza la metodología 6σ , gasta en promedio 10% de sus ganancias en reparaciones externas e internas, en cambio una compañía que aplica la metodología gasta en promedio 1% de sus ganancias en reparaciones externas e internas [9]. Para alcanzar Six-Sigma, se deben utilizar ciertos parámetros (control de calidad total, cero defectos, procedimientos de ISO-9000 (procedimientos a nivel mundial de calidad del producto, control estadístico de procesos y técnicas estadísticas)). La metodología del Six-Sigma permite hacer comparaciones entre negocios, productos, procesos y servicios similares o distintos. Proporciona herramientas para conocer el nivel de calidad de la empresa y al mismo tiempo provee dirección con respecto a los objetivos de crecimiento de la empresa.

La misión del 6σ es proporcionar la información adecuada para ayudar a la implementación de la máxima calidad del producto o servicio en cualquier actividad, así como crear la confianza y comunicación entre todos los participantes, debido a que la actividad del negocio parte de la

información, las ideas y la experiencia, y esto ayuda a elevar la calidad y el manejo administrativo.

El Six-Sigma es un programa que se define en dos niveles: *operacional* y *gerencial*. En el nivel operacional se utilizan herramientas estadísticas para elaborar la medición de variables de los procesos industriales con el fin de detectar los defectos (el 6σ tiene un rango de 3.4 defectos por cada millón). El nivel gerencial analiza los procesos utilizados por los empleados para aumentar la calidad de los productos, procesos y servicios.

2.3.2 Alistamiento o cambio de referencia.

El alistamiento o cambio de referencia, es el conjunto de operaciones que se desarrollan desde que se detiene la máquina o queda fuera de tiraje, para proceder al cambio de utillaje, desde la última pieza buena del producto anterior, hasta que la máquina empieza a fabricar la primera unidad o pieza buena del presente producto en las condiciones especificadas de tiempo y calidad, quedando la maquina en operación normal y a la velocidad promedio de tiraje. El intervalo de tiempo correspondiente es el Tiempo de Alistamiento o de Cambio de Referencia. Este tiempo se divide en tres sub-intervalos (T1, T2 y T3) en donde:

T1: Tiempo de parada de la máquina, desde la última obra.

T2: Tiempo entre la generación de la primera obra en la formadora y el momento en que entra la primera obra al archa de la referencia que entra.

T3: Tiempo de estabilización de la máquina en la producción de la primera obra.

La reducción del tiempo de alistamiento o de cambio de referencia, es un proceso sistemático para reducir continúa y consistentemente el tiempo de parada de máquina que se emplea para el cambio de una referencia a otra, permitiendo así la producción efectiva en lotes pequeños, acorde a la demanda del cliente.

2.3.3 Componentes básicos para el programa de calidad six-sigma.

El proceso de la mejora del programa Six-sigma, se elabora en base a una serie de pasos que se muestran a continuación:

1. Definir el producto y servicio.
2. Identificar los requisitos de los clientes.
3. Comparar los requisitos con los productos.
4. Describir el proceso.
5. Implementar el proceso.
6. Medir la calidad y producto.

Las medidas de calidad deben contener las siguientes características:

- a). Los procesos de producción pueden utilizar el error de tolerancia.
- b). Detectar los defectos por unidad (DPU).

2.3.4 Herramientas de mejora de calidad

La metodología 6σ , utiliza herramientas estadísticas para mejorar la calidad. Estas herramientas son para conocer los problemas en el área de producción y saber el porqué de los defectos. Las principales herramientas que se utilizan en el Six-Sigma son:

- a) Diagrama de Flujo de Procesos; se trata de una herramienta con el cual se conocen las etapas del proceso, se realiza por medio de una secuencia de pasos; de igual manera representa las etapas críticas; este diagrama se encuentra representado en la fig. 2 y se muestra a continuación.

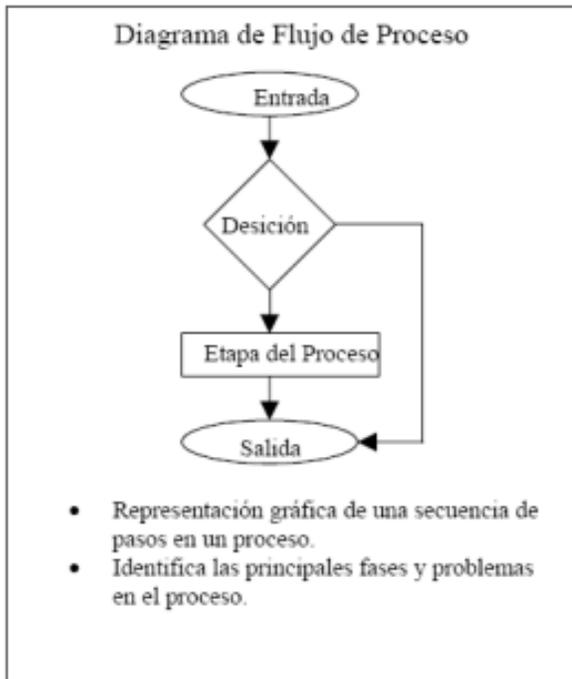


Fig. 2; diagrama de flujo de proceso

b) Diagrama de Causa-Efecto; este diagrama es utilizado comúnmente como una lluvia de ideas para detectar las causas y consecuencias de los problemas presentes en el proceso, ver (fig. 3).

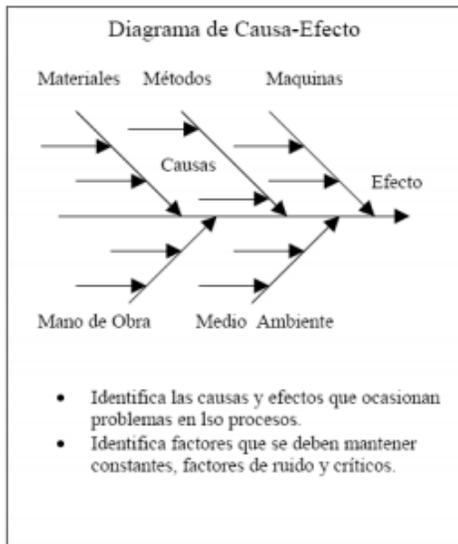


Fig. 3. Diagrama causa efecto

c) Diagrama de Pareto; es un diagrama de gran ayuda, es aplicado para identificar las causas principales de los problemas en proceso, esto tomándolos en orden de mayor a menor y así fácilmente identificarlos y con ello reducir o eliminar esta causa; para esto se hace de una en una (empezando con la mayor y después con las posteriores o con la que sea más accesible) (fig.4).

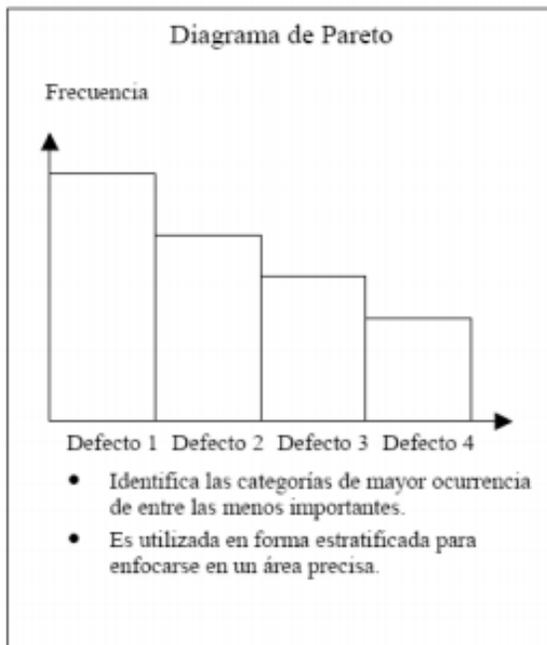


Fig 4. Diagrama de Pareto

d) Histograma; esta es una ayuda en la cual se observan los datos (defectos y fallas) y se agrupan en forma gaussiana, conteniendo los límites inferior y superior y una tendencia central (fig. 5).

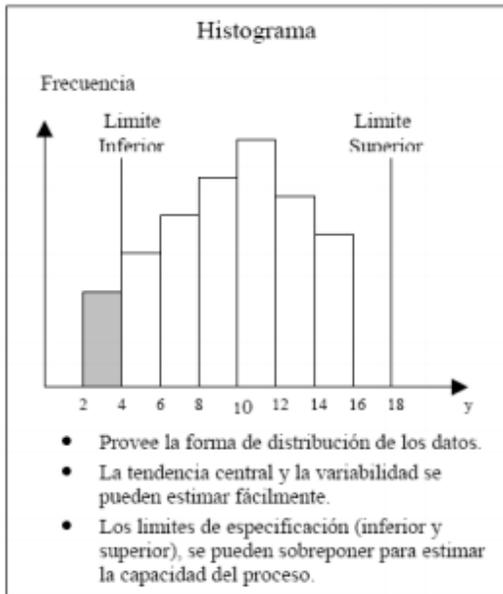


Fig. 5. Histograma

e) Gráfica de Corrida; es utilizada para representar datos gráficamente con respecto a un tiempo, y así detectar cambios significativos durante el proceso (fig. 6).

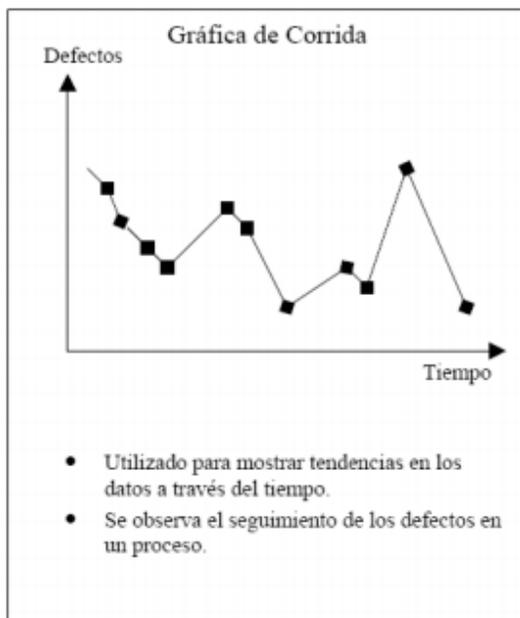


Fig. 6. Gráfica de corrida

- f) Gráfica de control; esta gráfica es aplicada para mantener el proceso de acuerdo a un valor medio y los límites superior e inferior (fig. 7).

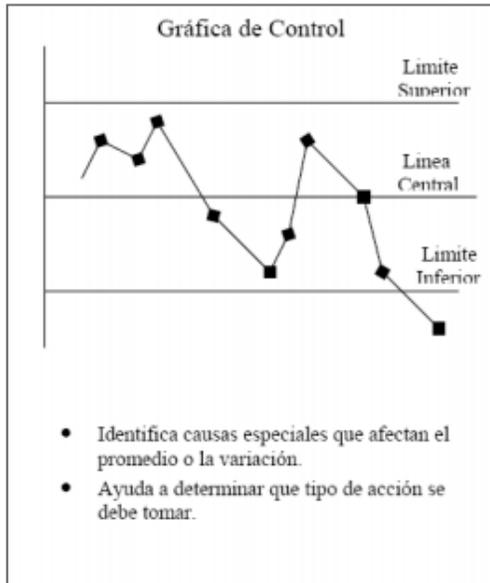


Fig 4. Gráfica de control

- g) Diagrama de Dispersión; con el cual se pueden relacionar dos variables y obtener un estimado usual del coeficiente de correlación (fig. 8).

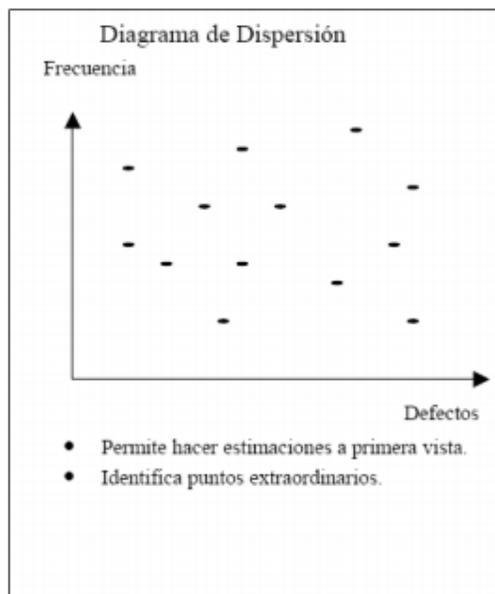


Fig. 8. Diagrama de dispersión

h) Modelo de Regresión; es utilizado para generar un modelo de relación entre una respuesta y una variable de entrada (fig. 9)

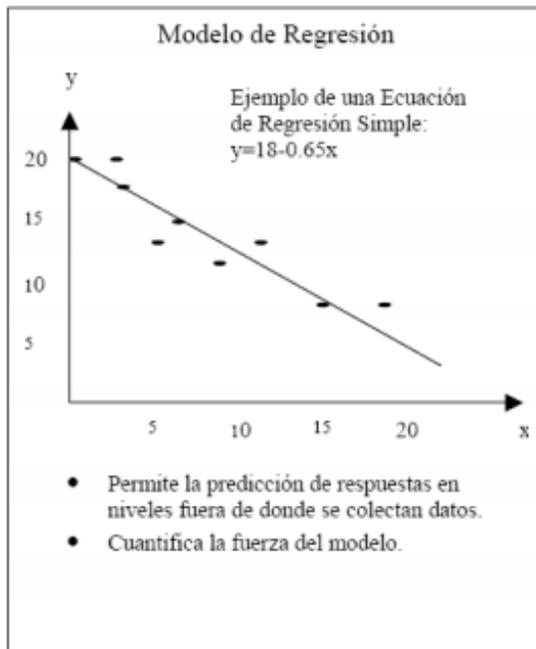


Fig 9. Modelo de regresión.

2.4 MARCO CONCEPTUAL

Metodología: Se refiere a los métodos de investigación que se siguen para alcanzar una gama de objetivos en una ciencia.

Lean six sigma: es una metodología de calidad de clase mundial aplicada para ofrecer un mejor producto o servicio, más rápido y al costo más bajo.

Mejora continua: Actividad recurrente para aumentar la capacidad para cumplir los requisitos.

Proceso: Conjunto de actividades mutuamente relacionados o que interactúan para transformar elementos de entrada en resultados.

Seguimiento: La capacidad de seguir la historia, aplicación, uso y localización de un artículo concreto o de sus características a través de números de identificación registrados.

3 MARCO LEGAL

LEY 29 DE 1990 (febrero 27), por la cual se dictan disposiciones para el fomento de la investigación científica y el desarrollo tecnológico y se otorgan facultades extraordinarias; emanada del Congreso de Colombia.

Teniendo en cuenta algunas disposiciones del Estado Colombiano en cuanto a educación y más específicamente en el campo de la investigación, que es la parte que compete en esta etapa de la educación superior, corresponde al Estado el promover y orientar para que se realicen proyectos encaminados al desarrollo científico y tecnológico, lo que obliga a éste a incorporar la ciencia y la tecnología a los planes y programas de desarrollo económico y social del país. Manifiesta el artículo 1° de la Ley 29 de 1990:

“El Estado debe formular planes de ciencia y tecnología tanto para el mediano como para el largo plazo. Así mismo, deberá establecer los mecanismos de relación entre sus actividades de desarrollo científico y tecnológico y las que, en los mismos campos, adelanten la universidad, la comunidad científica y el sector privado colombianos”.

En el Artículo 2 de la ley anteriormente citada, también manifiesta que la acción del Estado será crear las condiciones favorables para que se genere el conocimiento científico tecnológico en el país, a su vez propiciar los ambientes para que exista una capacidad innovadora para la producción. También debe indicar la forma para seleccionar tecnologías aplicables a la producción del país. Este artículo contempla también la organización de un sistema nacional de información científica y tecnológica e incentivar la creatividad aprovechando sus producciones en el mejoramiento de la vida y la cultura del pueblo. [10]

“ACUERDO No. 25 DE OCTUBRE 26 DE 2005: Este acuerdo es expedido por el Consejo Superior de la UTP, en la parte pertinente para los estudiantes del curso de trabajo de

grado tiene que ver con las condiciones que se piden para ser estudiante de la Universidad Tecnológica de Pereira y de los requisitos para el grado.”

4 METODOLOGIA

4.1 PARADIGMA DE LA INVESTIGACIÓN

Teniendo en cuenta que el presente trabajo busca encontrar las causas por las cuales se ve afectado un indicador de producción, el cual está expresado de forma porcentual, como paradigma de investigación se establece el de tipo cuantitativo, que es el que permite analizar la información de forma numérica, con lo que se pretende obtener unos resultados finales que muestren incremento en los rendimientos financieros de la empresa.

La metodología usada en el proceso de análisis de los factores que están afectando el indicador JCI en la empresa CRISTAR SAS, es explorar la información disponible en una plataforma denominada CRISTARSIP, que actualmente tiene implementada la empresa y de la cual se ha obtenido la suficiente información en tiempo real para ejecutar el presente trabajo, cuyo objetivo es Mejorar el indicador JCI para las FMUs A-7 y A-0 en la empresa CRISTAR S.A.S, siendo éstas las dos máquinas con el indicador más bajo, con esto proceder a establecer las causas de afectación de dicho indicador; para finalmente poder brindar unas recomendaciones de mejoramiento útil a la empresa.

La información que suministra la plataforma arriba mencionada, es analizada, seleccionada y procesada teniendo en cuenta los objetivos del presente trabajo y la importancia que tiene para la empresa los resultados que brinda el indicador JCI en relación a la producción.

Para el desarrollo del presente trabajo se han establecido seis etapas básicamente, así: de definición, medición, análisis, mejora, control y una final denominada de resultados y conclusiones.

4.2 ETAPA 1 DEFINICIÓN

Para definir el alcance de éste proyecto, inicialmente se determinó la importancia que tiene el indicador JCI en la empresa CRISTAR SAS, el cual presenta un valor que se puede interpretar como la estabilización de la máquina cuando se monta una determinada referencia. Para la Empresa, una rápida estabilización de las referencias es directamente reflejada en una mejor rentabilidad, esto debido a que se presenta una clara relación entre el valor del JCI y el comportamiento de toda la campaña realizada para determinada obra, es decir, si encontramos un bajo JCI se puede predecir que las eficiencias productivas no serán muy buenas, por otra parte, si tenemos un buen JCI y por tanto una buena estabilización, la referencia mostrará los mejores indicadores de eficiencia.

Todo esto, finalmente se representa en dinero al momento de hablar de producción y estados financieros, siendo de gran importancia la optimización de los recursos, para así poder obtener unos excelentes resultados para la campaña actual y además continuar siendo eficiente durante las sub-siguientes. Una vez realizadas las anteriores apreciaciones, se procede a analizar cuáles de las máquinas que presentan el indicador más bajo para el año 2014, para ser interpretados dichos resultados y así determinar las causas posibles de incidencia sobre este indicador.

4.2.1 Definición del alcance del proyecto para el indicador de JCI en la máquina A0:

Una de las observaciones preliminares realizada en la plataforma, fue establecer cuáles eran los dos indicadores JCI más bajos, siendo uno de ellos el correspondiente a la máquina AO, es decir las que estaban presentando más bajos rendimientos dentro de las ocho unidades de producción establecidas en la empresa. El indicador promedio JCI para esta máquina durante los años 2014 (todo el año) y 2015 (enero – agosto) fue de 68,94% y 78,40% respectivamente, gráficas No. 1 y 2.

4.2.2 Definir el alcance del proyecto para el indicador de JCI en la máquina A7.

Con el mismo criterio de observación realizado para la máquina A0, se determinó realizar el análisis correspondiente a la máquina A7, siendo esta la otra unidad que presenta un JCI por debajo de los promedios de las otras máquinas, como se indica en las gráficas No. 3 y 4, los promedios obtenidos son 63,45% para el año 2014 y 61,32% para el periodo enero – agosto del año 2015.

4.2.3 Definir los beneficios que se tendrán con la realización del proyecto en A0-A7.

Teniendo en cuenta que son dos máquinas, (A0 y A7) de un total de diez instaladas y haciendo la precisión de que se encontrasen en producción la totalidad de ellas, vemos que la incidencia de las máquinas intervenidas para el estudio, representan un 20% del total, cifra bastante representativa que se ve reflejada en la rentabilidad de la empresa al momento de producir cambios, como los que en este caso se espera sean positivos.

4.2.4 Definir que está dentro del marco del proyecto y que está por fuera del proyecto.

La realización del trabajo contempla el análisis de los indicadores JCI para dos de las diez máquinas instaladas en la actualidad en la Empresa CRISTAR SAS, para la planta de producción ubicada en el Municipio de Buga, Valle del Cauca. Dentro este trabajo a efectuar quedan establecidos los siguientes puntos:

- ✓ Realizar el análisis de la información para definir las causas por las cuales se ve afectado el JCI en las máquinas A0 y A7.
- ✓ Con base en la información obtenida, medir cuales son los principales defectos que más influyen en el bajo JCI de la línea de producción (FMUs) en A7 y A0.
- ✓ Con los resultados obtenidos se pretende analizar cuáles son las posibles soluciones para los puntos de mejoramiento encontrados.

- ✓ En la etapa de recomendaciones se ha establecido redactar unos planes de trabajo, de acuerdo al análisis de las oportunidades de mejora del proceso de cambio de referencia en A0 y A7.
- ✓ Finalmente plantear la estrategia para controlar que las mejoras logradas se mantengan en el tiempo con base en el plan que se entregue una vez terminado el proyecto

Para mencionar que quedaría por fuera del trabajo, se puede establecer que después de un espacio de tiempo de haber aplicado las recomendaciones de mejora formuladas a partir del presente trabajo, es posible realizar un análisis similar para las demás máquinas y analizar cuáles de ellas han producido mejores resultados, para así continuar aplicando los correctivos al resto de máquinas de esta empresa.

4.2.5 Definir el equipo de trabajo para el proyecto.

Hacen parte de la realización del presente trabajo las siguientes personas:

Doctor José Luis Tristancho Reyes, Director del trabajo, (Universidad Tecnológica de Pereira).

Ingeniero Julián López, Codirector del trabajo (Empresa CRISTAR SAS)

Ingeniero Alexander Correa (Líder FMU A7 CRISTAR SAS).

Ingeniero Hernán Plaza (Líder FMU A0 CRISTAR SAS).

Personal de apoyo Empresa CRISTAR SAS, Buga Valle.

Estudiante de pregrado Edison Fernando Ordoñez Ordoñez, responsable del Trabajo (Universidad Tecnológica de Pereira).

4.3 ETAPA 2 MEDICIÓN

Para llevar a cabo la recolección de información correspondiente al indicador JCI de las máquinas A0 y A7 se contó con el apoyo de la plataforma de CRISTARSIP, en la cual se puede obtener la información de las líneas de producción en tiempo real en cualquier momento

espacio de tiempo; esta información es dada para los instrumentos y técnicas que hacen parte de esta investigación, los cuales se mencionan a continuación:

Para el proceso de obtención de datos, se tuvo en cuenta la importancia del indicador JCI a nivel de la empresa, ya que dicho indicador, como ya se ha mencionado da un valor cuantitativo del proceso de estabilización después de un cambio de referencia; esto teniendo en cuenta que dicho indicador guarda una relación con el comportamiento de la máquina para el resto de la campaña. Es así que se decide tomar medidas con el indicador y realizar las observaciones y el análisis el año 2014, información que es presentada en la tabla No. 1

Tabla No.1 Indicadores JCI Año 2014

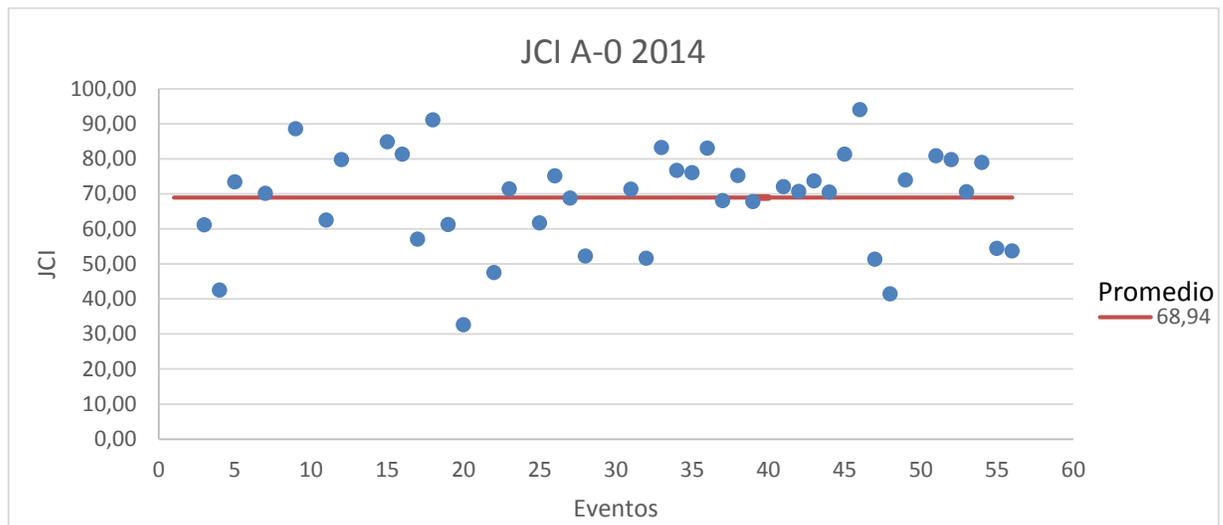
Máquina	JCI
A0	70,06
A1	77,34
A2	76,95
A3	75,24
A4	85,97
A5	76,20
A6	75,01
A7	62,01

Fuente: esta investigación

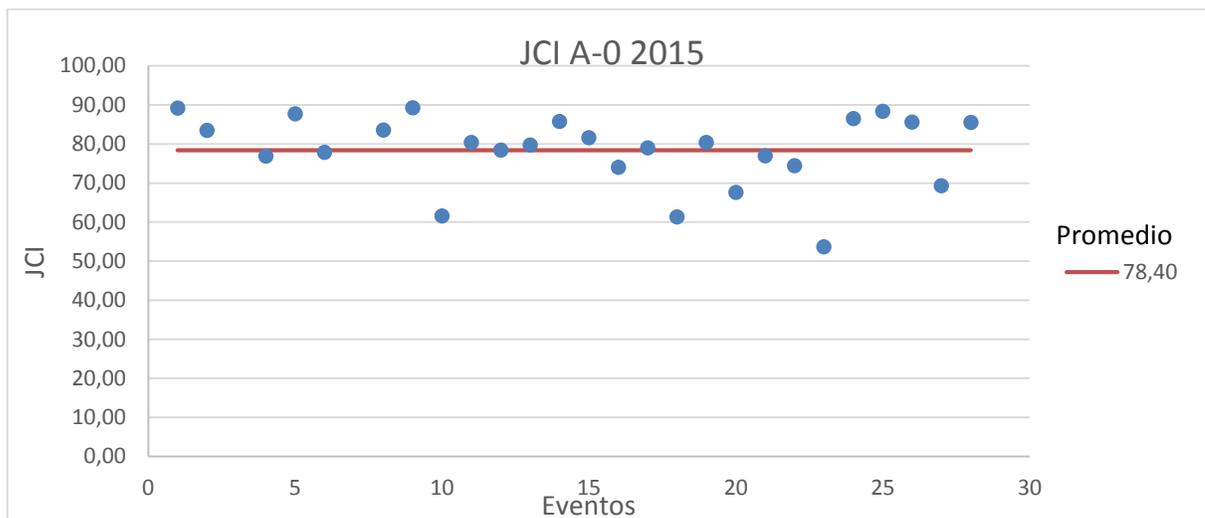
Como se observa en la tabla No.1, los indicadores más bajos corresponden a los de las máquinas A0 y A7 por tal motivo se interviene en dichas líneas de producción presentándolas como las más críticas y considerando que la máquina A7 es la más grande, se analiza el JCI para cada una de las referencias montadas buscando aquellas que presentan un indicador bajo,

esto para la información obtenida durante todo el año 2014 y parte del año 2015 (datos enero - agosto). En el anexo 1 se muestra las referencias montadas en las máquinas A0 yA7 para el año 2014 y el periodo tomado del año 2015 con su valor del indicador JCI.

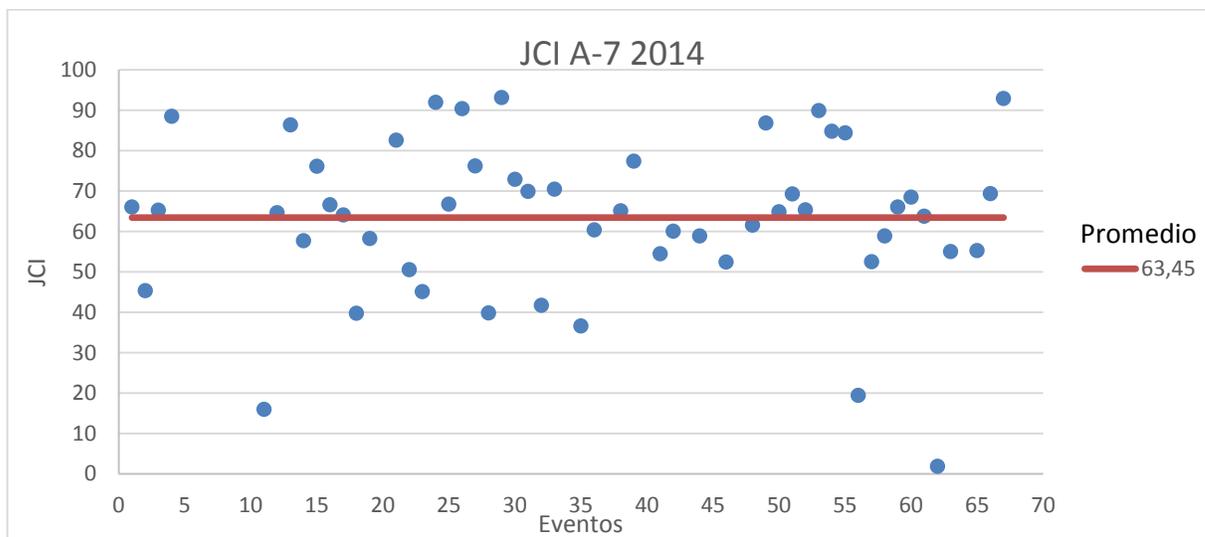
Continuando con esta etapa de medición, con los valores anteriormente mencionados se realizaron las gráficas 1, 2, 3 y 4, en las que se muestra los valores de JCI para cada uno de los eventos de cambios de referencia; tanto para el año 2014 como para el periodo enero – agosto del año 2015 y un valor promedio de los indicadores, el cual nos refleja el JCI general del año 2014 para las dos máquinas y además se ha tomado un periodo del año 2015 para tener una idea del comportamiento de estos indicadores en lo corrido del presente año 2015.



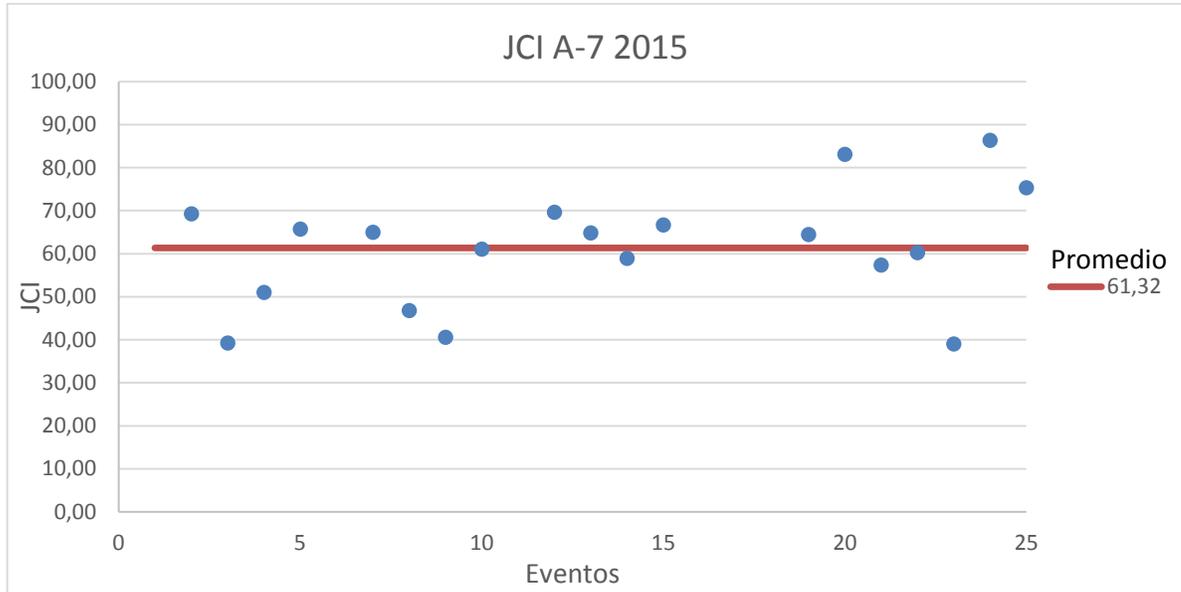
Gráfica 1. Indicador JCI para AO año 2014



Gráfica 2. Indicador JCI para AO año 2015



Gráfica 3. Indicador JCI para A7 año 2014



Gráfica 4. Indicador JCI para A7 año 2015

4.4 ETAPA 3 ANÁLISIS

El criterio que se tuvo en cuenta para realizar el análisis del presente trabajo fue tomar la información preliminar, con la que se realizaron los gráficos anteriores y desde ahí determinar cuáles de estas las referencias son las que reportan un JCI que se encuentra con un 10% por debajo del promedio obteniendo en las otras instaladas en la empresa; información consignada para las referencias representadas en las tablas 2, 3, 4 y 5.

Tabla 2. Referencias con bajo JCI A0. 2014

	Ref. Entra	Ref. Sale	JCI 12Hr
3	H-0506	H-0045	61,14
4	H-0512	H-0506	42,56
11	H-0509	H-0500	62,59
17	H-0505	H-0024	57,13
19	H-0506	H-0500	61,24
20	H-0485	H-0506	32,69
22	H-0506	H-0485	47,52
25	H-0712	H-2867	61,73
28	H-0506	H-0022	52,28
32	H-0488	H-0014	51,64
47	H-0723	H-0505	51,35
48	H-0466	H-0723	41,5
55	H-0723	H-0486	54,46
56	H-0498	H-0723	53,7

Fuente: esta investigación

Tabla 3. Referencias con bajo JCI A0. 2015

	Ref. Entra	Ref. Sale	JCI 12Hr
10	H-0411	H-0716	61,59
18	H-0505	H-0044	61,32
20	H-0512	H-0500	67,62
23	H-0122	H-0519	53,71
27	H-0714	H-0338	69,31

Fuente: esta investigación

Tabla 4. Referencias con bajo JCI A7. 2014

	Ref. Entra	Ref. Sale	JCI 12Hr
2	S-5414	S-5416	45,32
11	H-0464	H-0465	16
14	H-0469	H-0496	57,69
18	S-5412	H-0046	39,76
19	H-5435	S-5412	58,24
22	H-0045	H-5434	50,52
23	H-0469	H-0045	45,09
28	H-0453AC	H-0453AC	39,8
32	H-0506CF	H-5416CF	41,7
38	H-0506CF	H-5416CF	65,13
35	H-0506CF	H-0411AC	36,6
41	S-5457	H-0411	54,47
44	H-0454AC	H-5416AC	58,91
46	H-5416AC	H-0454AC	52,41
56	H-0465	S-5436	19,39
57	H-0506	H-0465	52,53
58	H-0022	H-0506	58,9
62	H-0464	H-0045	1,89
63	H-0465	H-0464	55,01
65	H-0506	H-0022	55,28

Fuente: esta investigación

Tabla 5. Referencias con bajo JCI A7. 2015

	Ref. Entra	Ref. Sale	JCI 12Hr
3	H-0506CF	H-5457CF	39,27
4	H-0381AC	H-0506CF	51,02
8	H-0506CF	H-5457CF	46,79
9	H-0380AC	H-0506CF	40,62
23	S-5457	H-0381	39,06

Fuente: esta investigación

Realizando un análisis por parte del Ingeniero Alexander Correa (Líder FMU A7 CRISTAR SAS), Ing. Hernán Plaza (Líder FMU A0 CRISTAR SAS) y Edison Fernando Ordoñez O (Estudiante de pregrado Universidad Tecnológica de Pereira), en las tablas anteriormente mostradas, se observó que hay unas referencias que tienen una mayor frecuencia, lo cual indica, que si colocamos especial cuidado principalmente dichas referencias, si es posible mejorar considerablemente el indicador JCI para cada una de las máquinas.

Las referencias que se procede a analizar son:

Máquina A0

Para la máquina A0, inicialmente se analiza las referencias H-0411, H-0122, H-0505 y H-0512, las cuales registran un indicador JCI por debajo del 10% establecido.

Máquina A7:

Como se había mencionado anteriormente, se trata de la máquina más grande y la que ha presentado diversos ítems de criticidad; por tanto se procede a analizar la referencia H506.

4.4.1 Análisis de los procesos de la FMU A-0.

Una vez identificadas las referencias que ocasionan un bajo indicador JCI en la Línea A-0, se procede a realizar un análisis a cada una de ellas, empezando por la H-0411, la cual se identifica por medio de las historias, donde se puede establecer que el problema principal tiene origen en la falta de alistamiento del equipo variable; además existe una dificultad en la alineación de la cuchara, la cual es la encargada de guiar la gota antes de caer al deflector, ésta imprecisión genera problemas al momento de poner la gota en el pre molde de una manera adecuada, lo que ocasiona arrugas y marcas en la obra final; defectos que son registrados, contabilizados y representados en la gráfica No. 5.

Posteriormente se procede a analizar el cambio para la referencia H-0122, observando la historia del proceso mencionado, se puede establecer que el problema encontrado tiene origen desde que se intenta arrancar la campaña; esto debido a que se hace con un equipo de prensado diferente al que se venía usando tradicionalmente, decisión que se toma en busca de conseguir mejores resultados; sin embargo, esto genera dificultad en el prensado y una demora en el arranque, llegando a establecer que ésta fue una decisión que causó el problema.

En análisis realizado a otra referencia que presenta un JCI bajo para la máquina A-0, denominada H-0505, con la que se hizo el seguimiento de las historias pertinentes, se logró establecer que el cambio de referencian tuvo problema alguno; quedando claro que valor del indicador bajo, se debió a los trabajos de mantenimiento realizados durante el cambio de referencia.

Finalmente se observa en la máquina A0, que la referencia H-0512, se repite y además presenta uno de los indicadores más bajos registrados; al momento de analizar las historias de cambios anteriores, se encuentra que presenta problemas de manejo, los cuales se han identificado de la siguiente manera: dificultad en la calibración del sacador de la formadora y problemas en el plato descargador de la requemadora, esto estaría generando los faltantes de las obras; que es una de las principales causas del bajo indicador JCI para esta máquina; dichos faltantes, al igual que los defectos de las obras, también son consignados en los registros diarios para posteriormente realizar las evaluaciones pertinentes, su valor también se encuentra representado en la gráfica No. 5.(Peores defectos 2014 Línea A0).

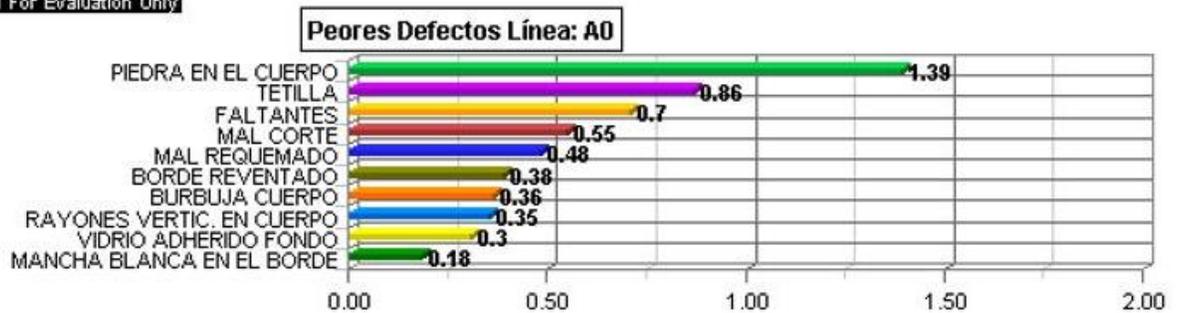
Gráfica No. 5. Peores defectos 2014 Línea A0

Planta	Línea	Molde	Corrida	Inicio(d/m/aaaa)	Fin(d/m/aaaa)	Turno	
BUGA	A0		🔍	1/2/2014	31/12/2014	Todos	Consultar

Planta: **Buga** Línea: **A0** Turno: **Todos** Fecha: **1/2/2014 - 31/12/2014**

Unidades empacadas en la línea A0: **18,809,366**

Licensed For Evaluation Only



Fuente: CristarSip

4.4.2 Análisis de los procesos de la FMU A-7 a través de un Mapa de Flujo de Valor

Con el propósito de realizar un análisis adecuado, para éste caso y por decisión del ingeniero Alexander Correa líder FMU A7 CRISTAR SAS, se procede a analizar en particular la referencia H-0506, esto debido a que es la que tiene los más bajos valores del indicador, además, como se puede observar en las tablas 4 y 5, es una de las referencias que más se repite; estableciendo que es esta la referencia que viene incidiendo con una mayor participación en el valor del JCI para la máquina A7.

Para ello se han seleccionado para el análisis las variables que tienen más representación ante la referencia mencionada; esto teniendo en cuenta que con la información suministrada por la plataforma CRISTAR SIP, es posible realizar diferentes análisis, para nombrar algunos de

ellos, están: Medición de porcentaje de peores defectos, tiempos perdidos o improductivos, índice de retención en el cambio, medición del JCI por tipo cambio, definición de las métricas primarias a utilizar, de las métricas secundarias a utilizar, entre otras variables.

Una vez identificada la referencia crítica, se procede a realizar una reunión con las personas que hacen parte de éste proceso, con el propósito de identificar y/o definir cada una de las áreas que de alguna u otra manera tienen participación activa del proceso. Para ello se contó con la presencia de un representante del área de cambios de referencia, uno del área de formación, uno del área de reparación de máquinas, el ingeniero Alexander Correa y el estudiante a cargo de éste proyecto; reunión en la cual se definieron los principales problemas que presenta en particular la referencia H506 en la máquina A7. Una de las herramientas de análisis de las que se dispuso, fue un mapa de flujo de valor (ver anexo 2), el cual ayuda a determinar en qué zona de la máquina se encuentra un determinado problema, esto llevando la secuencia que tiene la obra a lo largo de la línea de producción en el denominado “mapa de flujo de valor” (Ver anexo 2).

Continuando con el análisis, posteriormente se tabularon los datos con el fin de identificar en qué zona de la máquina se encontraba la mayor incidencia; para ello se caracterizó cada uno de los problemas como variables definidas, información consignada como se presenta en el anexo 3; con éste formato, se procede a dar una puntuación a cada una de las variables que interfieren en el bajo indicador de la máquina; producto de esto, se procede a entregar así dicho formato con las variables de los aspectos críticos en el proceso, esto con el fin de que cada una de las personas que estuvieron presentes en la reunión inicial, realicen la correspondiente medición y valoración de cada uno de los aspectos mencionados y contemplados en dicho formato.

En el registro de la tabla del anexo 3 anteriormente mencionada, se observan tres columnas, en una de ellas se muestra la severidad del problema identificado; a esta se le asigna un valor del 2 al 9, donde se establece que el valor 2, es considerado como poco severo y 9 muy severo; otra de las columnas le da un valor de frecuencia a la variable, siendo 2 poco frecuente y 9 muy frecuente; la tercera y última columna define el valor a la detección para cada una de las

variables encontradas, de dónde 2 se considera muy fácil de detectar y 9 muy difícil. A la puntuación recolectada en los formatos se le sacó el promedio, esto entre los valores de todos los registros realizados por el personal y a éstos datos se establece realizarles un análisis de Pareto, adicionándole tres columnas al formato nombrado como anexo 3; esto con el propósito de identificar las variables que necesitan más atención en el proceso de la referencia H-506. Este análisis se presenta en la tabla que se presenta a continuación (No. 5).

Tabla # 5, Análisis de Pareto Máquina A7

Opciones de mejora	Severidad 1-3-7-9	Frecuencia 1-3-7-9	Detección 1-3-7-9	RPN	%	% acum
Posición guías inferiores, espaciador	8,7	5,7	7,0	343,8	0,0887	0,0887
Altura conveyor, conv. adicional	8,7	5,3	5,3	246,5	0,0636	0,1524
Curvatura del equipo de entrega	9,0	5,0	5,0	225,0	0,0581	0,2104
presión de vacío, requemadora	9,0	4,7	5,3	224,0	0,0578	0,2683
Altura de plancha de transferencia, espaciador	8,7	4,7	5,3	215,7	0,0557	0,3239
Dimensión de las bases, requemadora	7,7	4,3	6,3	210,4	0,0543	0,3783
Posición requemadora, requemadora	7,3	5,7	5,0	207,8	0,0536	0,4319
Posición cargador, cargador req.	8,3	3,3	6,7	185,2	0,0478	0,4797
Posición conveyor, conv. adicional	9,0	4,3	4,3	169,0	0,0436	0,5233
Presión de soplado, formadora	9,0	2,0	9,0	162,0	0,0418	0,5651
Posición de las guías, espaciador	8,7	3,3	5,3	154,1	0,0398	0,6049
Altura de agarre de la obra, cargador req.	7,7	4,3	4,3	144,0	0,0372	0,6421
Estado mecanismos, cargador req.	7,3	3,7	4,3	116,5	0,0301	0,6721
Longitud de los dedos, espaciador	6,5	2,5	7,0	113,8	0,0294	0,7015
Estado de las válvulas, cargador req.	9,0	2,3	5,3	112,0	0,0289	0,7304
Posición espaciador, sacador	5,5	3,5	5,5	105,9	0,0273	0,7577
Posición planchas muertas, sacador	7,3	2,5	5,5	100,8	0,026	0,7838
Cantidad de aire en planchas muertas, sacador	4,0	5,3	4,3	92,4	0,0239	0,8076
Temperatura del pre-molde, formadora	9,0	5,0	2,0	90,0	0,0232	0,8309
Diferentes criterios para la operación de copas, formadora	9,0	5,0	2,0	90,0	0,0232	0,8541

Posición plancha de transferencia, Pasador estrella	5,3	2,3	6,7	83,0	0,0214	0,8755
Altura plato descargador	6,3	2,3	5,3	78,8	0,0203	0,8958
Posición paletas, espaciador	6,0	2,3	5,3	74,7	0,0193	0,9151
Numero de paletas de repuesto, espaciador	6,7	2,0	4,3	57,8	0,0149	0,93
Estado de las pinzas, sacador	5,7	2,3	4,3	57,3	0,0148	0,9448
Posición pasador, Pasador estrella	4,0	2,3	5,3	49,8	0,0128	0,9577
Forma de la gota	9,0	2,0	2,0	36,0	0,0093	0,967
Tiempo de ajuste de tijeras	9,0	2,0	2,0	36,0	0,0093	0,9763
Numero de tuercas porta arandela equipo de entrega	9,0	2,0	2,0	36,0	0,0093	0,9855
Temperatura de la gota	5,0	2,0	2,0	20,0	0,0052	0,9907
Tiempo de contacto, formadora	2,0	5,0	2,0	20,0	0,0052	0,9959
Estado del diferencial	2,0	2,0	2,0	8,0	0,0021	0,9979
Velocidad de prensado, formadora	2,0	2,0	2,0	8,0	0,0021	1

Fuente: esta investigación

Como se puede observar en la tabla anterior No.5, aquí se muestran los ítems que presentaron mayor puntuación negativa, esto teniendo en cuenta la valoración hecha por parte de cada una de las personas que estuvieron directamente en contacto con el proceso y quienes disponían del formato dispuesto para ello (ver anexo No.3); si se observa la parte que se ha resaltado con color azul, en lo correspondiente a la columna del acumulado del porcentaje, se puede apreciar que la participación de estos ítems corresponde al 80.76% de la puntuación obtenida en toda la tabla, donde se puede evidenciar que las causas principales son las que se nombrará continuación; en algunas de ellas se presentará una descripción con el propósito de brindar mayor claridad sobre el tema, las que se presentan con más frecuencia e inciden en los indicadores finales son:

- ▲ Posición de las guías inferiores del espaciador.
- ▲ Altura de conveyor adicional.

En este caso, el principal problema que se presenta está relacionado con el momento en que se ubica el conveyor adicional para el proceso de copas, el cual presenta una pérdida del ajuste durante el funcionamiento, esto se manifiesta en una disminución de la altura pre-ajustada

durante el cambio de referencia, lo cual hace que el espaciador empuje la obra hacia el conveyor a una altura incorrecta, e incidiendo directamente en los denominados faltantes de la campaña para la referencia en proceso; dichos faltantes son contabilizados y consignados en el sistema de registro que para ello tiene dispuesto la empresa; de estos registros se obtuvo información, así mismo como de los defectos que se presentan en las obras, como se muestran más adelante en la gráfica No. 6.

▲ Curvatura del equipo de entrega:

La variación de la curvatura en el equipo de entrega, es una falla que causa que la gota no caiga de la misma forma con todos los deflectores, esto ocasiona problemas en el momento que se carga la gota en la máquina formadora, generando defectos en las obras, estos defectos son caracterizados y consignados en un registro de control para posteriormente ser visualizados en una gráfica junto con los faltantes presentados en determinado periodo (ver gráfica No. 6).

▲ Presión de vacío de la requemadora:

Cuando se presenta una falta de vacío en las cocas de la requemadora, dificulta el agarre de las obras en el proceso de requemado, esto se produce debido a que las cocas presentan una holgura entre las paredes de la obra y las paredes de la coca, también se manifiesta un desgaste lo que genera pérdida de vacío entre la base de la coca y los tubos de la requemadora; siendo el resultado de esto que las obras caigan en la bandeja de la requemadora y se presenten los faltantes, que como se puede apreciar en la gráfica No. 6, es situación de mayor participación.

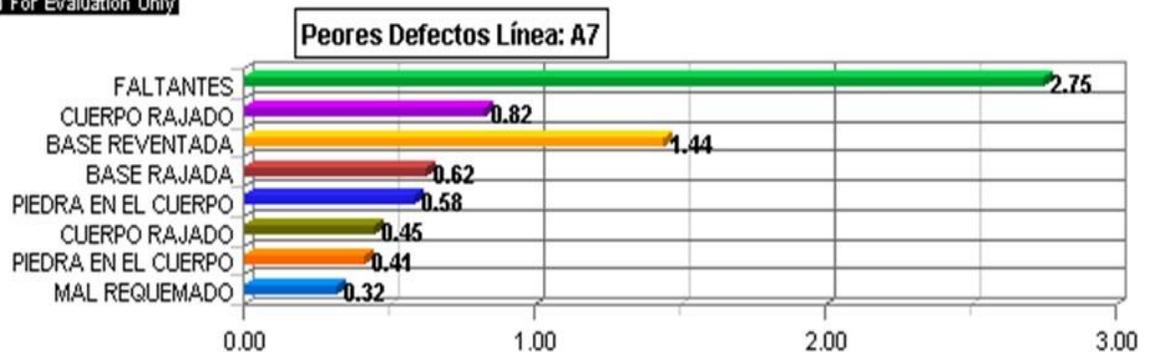
Grafica No. 6. Registro mensual de peores defectos línea A7.

Planta	Línea	Molde	Corrida	Inicio(d/m/aaaa)	Fin(d/m/aaaa)	Turno	
BUGA	A7		☺	1/1/2014	31/1/2014	Todos	Consultar

Planta: **Buga** Línea: **A7** Turno: **Todos** Fecha: **1/1/2014 - 31/1/2014**

Unidades empacadas en la línea A7: **2,297,282**

Licensed For Evaluation Only



Fuente: CRISTAR SIP

▲ Altura de plancha de transferencia, espaciador:

Otro problema derivado de la altura de conveyor es la diferencia de alturas que se genera entre el conveyor adicional y la plancha de transferencia del espaciador, esto se ve reflejado en la obstrucción y posterior atascamiento del conveyor que finalmente se refleja en la caída de las obras.

▲ Dimensión de las bases, requemadora:

Esta es una de las causas para que se presente el problema de falta de vacío, tiene que ver con la holgura que presentan las bases de las cocas de la requemadora, cuando existe una pérdida de presión, genera que las obras caigan de las cocas hacia la bandeja de la requemadora.

- ▲ Posición requemadora.
- ▲ Posición cargador requemadora.

Estos dos problemas se relacionan con una falta de sincronización entre al cargador y la requemadora, de aquí se deriva que el cargador suelte la obra antes de que la requemadora pueda tomarla, causando así, que los vasos caigan al piso, esto se suma finalmente también a los denominados faltantes.

Existen otras situaciones que afectan directamente el proceso, lo cual al igual que los problemas mencionados anteriormente se ven reflejados finalmente en los indicadores de producción, ellas son:

- ▲ Presión de soplado de la formadora

Este es otro factor que está relacionado con los defectos en las obras, esto debido a que de la variación en la presión de soplado de la formadora dependa en parte los diferentes espesores en las obras, causando una producción no uniforme y en ocasiones una mala formación de los vasos.

- ▲ Altura de agarre de la obra, cargador requemadora

Esto causa una variación en el punto de agarre de la obra con respecto a los mecanismos lo que causa que se suelte y en ocasiones hasta rajaduras en el vaso

- ▲ Estado de los mecanismos del cargador requemadora.

Así como otros tantos mecanismos están compuestos por diferentes componentes, lo propio corresponde al cargador y la requemadora cualquier parte de estos que se encuentre con un mínimo de falla, va a incidir en determinado proceso, esto conduce a que el mal estado de los mecanismos del cargador pueda ocasionar un mal agarre de las obras.

- ▲ Longitud de los dedos del espaciador.

La longitud de los dedos del espaciador puede ocasionar que las obras no tengan la separación adecuada entre ellas y provocar atascamientos al final del conveyor, con los mismos agravantes que ya antes se había mencionado (caída de la obra).

- ▲ Estado de las válvulas del cargador de la requemadora.

La producción final, tanto en cantidad, como en su calidad depende de cada uno de los mecanismos apropiados para tal fin, por tanto su funcionamiento debe estar en una coordinación precisa, esto indica que el mal estado de las válvulas de amortiguación del cargador cause también un mal funcionamiento de otras partes del mecanismo.

- ▲ Posición espaciador del sacador
- ▲ Posición planchas muertas del sacador

Este es un mecanismo que para su desempeño debe generar vibración del conveyor adicional, siendo este movimiento el que haga que se pierda el ajuste del espaciador, lo que genera un desplazamiento de dicho elemento; también un desajuste de las planchas muertas, causando problemas en el descargue de las obras de la máquina formadora.

- ▲ Cantidad de aire en planchas muertas del sacador

El aire en éste sector es muy importante ya que ayuda a enfriar la base de las obras, el aire tiene la finalidad de que no sufran una deformación al momento de pasar al conveyor, por cuanto éstas salen de la máquina formadora con altas temperaturas; la deficiencia de aire hace que las obras aun conserven el calor quedando expuestas a que el conveyor deje marcas en ellas; en algunos casos debido a la deformación la obra pierde estabilidad y termina desplomándose.

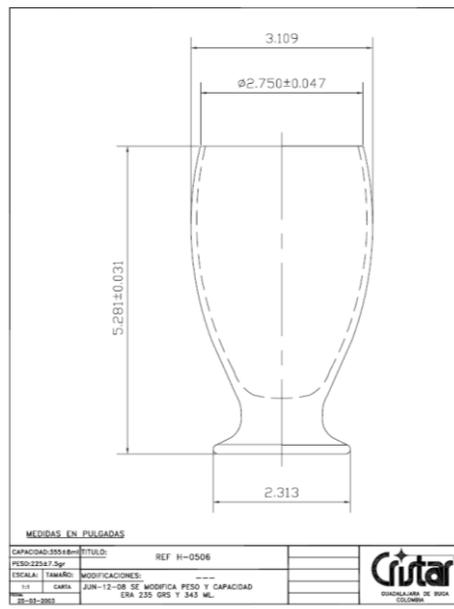
4.5 ETAPA 4 MEJORA

4.5.1 Justificación

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos del análisis del trabajo realizado en la empresa CRISTAR SAS, se procede a presentar unas alternativas de mejoramiento para los principales puntos críticos, lo que conducirá a su vez a tener progresos significativos del indicador JCI.

Se debe anotar que la empresa cuenta con las herramientas necesarias para optimizar los diferentes procesos de producción, tanto materiales, de infraestructura y el talento humano, por tal razón son sus directivos los primeros interesados en adelantar las acciones conducentes al mejoramiento con el objetivo de mantener o mejorar sus estándares de calidad de su empresa. A cada una de las obras que se fabrican en CRISTAR SAS, se les ha otorgado unas características importantes mediante un diseño previamente estudiado, analizado y establecido en planos, los cuales es preciso que se conserven cuidadosamente como producto final. Un ejemplo de dichas características es el que se presenta en las figuras No. 11 y 12 que se detallan a continuación.

Fig. No. 11 plano Ref. H0512 para A0.



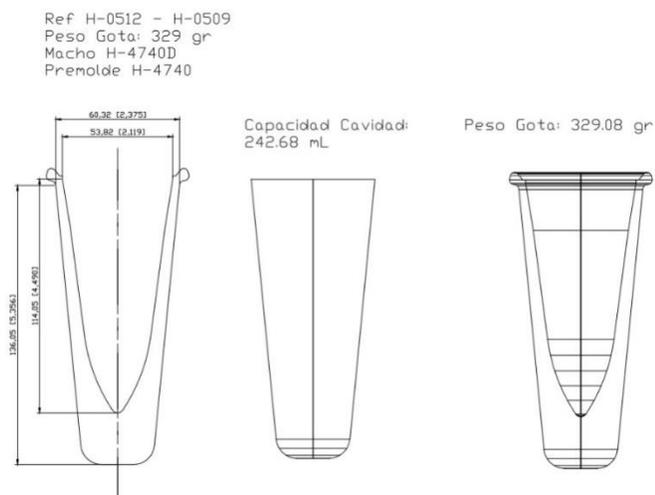
Fuente: CRISTAR SAS

Ref. 0-512

Teniendo en cuenta que esta es una de las referencias que más problemas presenta en la máquina A-0, se procede a diseñar un plan de mejora que consiste básicamente en lo siguiente:

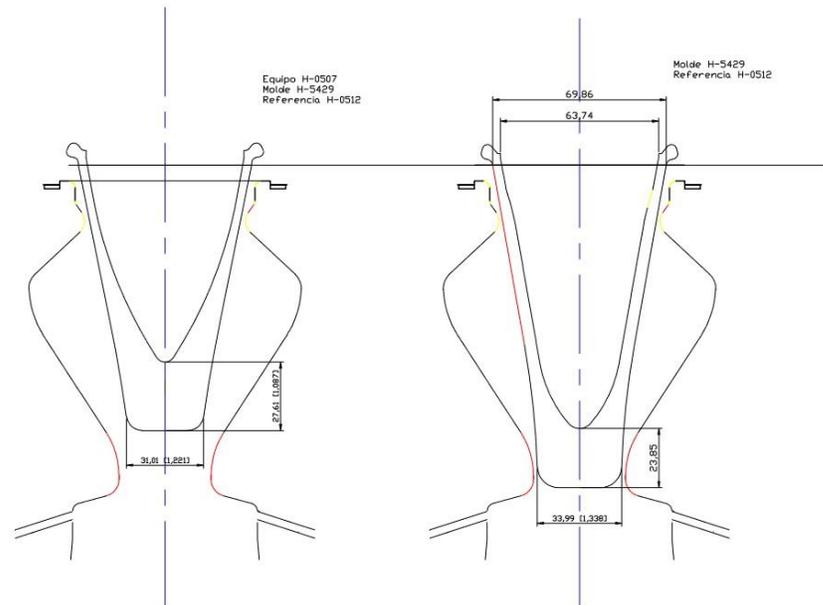
- Diseño de equipo de prensado: Se diseña un nuevo equipo de prensado que consiste en realizar una modificación en las dimensiones de los machos, consiste en aumentar la longitud para reducir problemas de formación, esto debido al exceso de vidrio que se acumula en el fondo de uno de los lados, causando imperfecciones, además de reducir la cantidad de vidrio utilizado en ésta obra; a continuación se presenta en la figura No. 13 el plano para la modificación de los machos (plano)

Figura No.13. Machos modificados



Fuente: Marco Gaitán (Director reparación moldes)

Figura No. 14, Moldes modificados



Fuente: Marco Gaitán (Director reparación moldes)

- Modificación de los moldes: Se realiza una modificación a las dimensiones de los moldes como se muestra en la figura No. 14, que consiste en una disminución del diámetro en la zona superior, con el fin de aumentar el espesor del cuello y así evitar que se rompa la obra en ésta zona, con esto reducir problemas de manejo.
- Cavity de desplazamiento del levanta-fondos: Revisar la cavity del molde en donde tiene lugar la formación del fondo de la obra, así como el correcto funcionamiento (carrera y velocidad) de los pistones levanta-fondos, que es el dispositivo encargado de dar forma a la base de la obra, es un actuador de simple efecto de retorno por muelle que desplaza una parte móvil del molde denominada “fondo”.

- Calibración del sacador: Debido a la reforma antes planteada para modificación de los machos, se debe realizar una calibración del sacador, ya que las dimensiones cambiarán, además se debe realizar una continua revisión del buen estado y funcionamiento de éste mecanismo.

Máquina A-7

Mejoramiento del indicador JCI para la máquina A7; En este caso se ha determinado que atacando los principales puntos observados en el Pareto, es posible obtener un mejoramiento significativo; para ello se detallan las siguientes:

- Posición conveyor adicional: Se reforzó la estructura del conveyor para evitar que se mueva debido al cambio de temperatura por efecto de dilatación durante la campaña.
- Curvatura del equipo de entrega: Para estandarizar de la curvatura del equipo de entrega, se recomienda un dispositivo diseñado para el mejoramiento de este punto, este tiene como referencia varios puntos en la trayectoria de un deflector el cual tiene las medidas correctas, con éste dispositivo se comparan los diferentes deflectores y se descarta los que no cumplan con las medidas establecidas; el dispositivo antes mencionado se presenta en la figura No. 10.

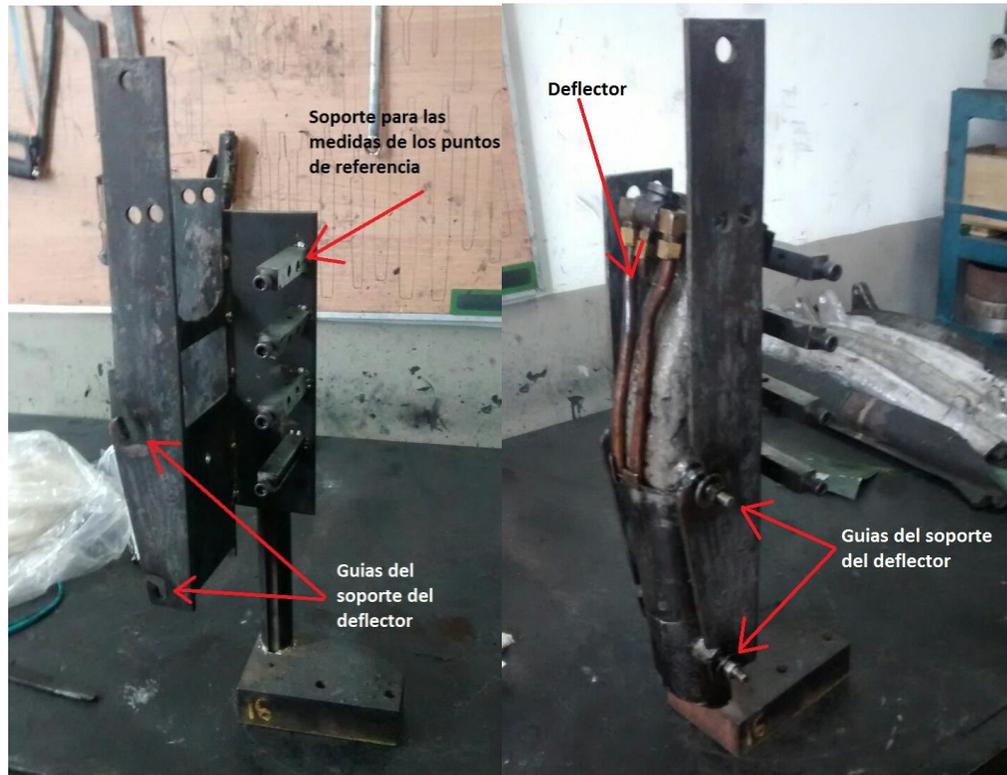


Figura No. 10. Dispositivo para medir la curvatura del deflector

- Presión de vacío en requemadora

El problema de presión de vacío en la requemadora se soluciona cumpliendo puntualmente las siguientes tareas: llevar el control del estado del empaque de la caña de vacío; también realizando la limpieza de los accesorios del Manifold de vacío en cada cambio de proceso; otra acción a tomar es utilizar las cocas que no tengan holgura al ubicarlas en las cañas de vacío y reparar o reemplazar las que se encuentren en mal estado, teniendo las cocas completas para toda la máquina siempre con el ajuste necesario.

- Dimensión de las bases de las obras.

Para estas dos situaciones, con la aplicación de un procedimiento estándar (SOP) que se presenta más adelante, se puede evitar la variación de las bases ya que con esto se pretende

evitarla variación de las bases, dependiendo de la estación de la formadora para que todas las obras tengan las mismas dimensiones.

- Posición de la requemadora con respecto al transferidor

Una correcta calibración de la posición de la sincronía del transferidor y la requemadora al momento de realizar el cambio de referencia, garantiza que la posición de la requemadora sea la adecuada respecto al transferidor, lo que corregiría esta situación.

- Presión de soplado, formadora

Para mejorar la presión de soplado se propone realizar una limpieza y revisión constante de los exostos de las sopladoras, teniendo en cuenta que dicha acción, se la debe realizar antes de empezar la campaña.

- Estado de los mecanismos del cargador de la requemadora.

En este caso se debe comprobar en el cambio de referencia el buen estado de los mecanismos del cargador y tener disponibilidad del repuesto si se considera necesario realizar el cambio.

- Longitud de los dedos del espaciador.

Para lograr una longitud correcta de los dedos del espaciador, se debe estandarizar con una medida concreta dicha longitud, también se debe verificar en cada cambio el estado del aplon y tener el respectivo repuesto de ser necesario el cambio.

- Cantidad de aire en planchas muertas del sacador

Mejorar la cantidad de aire en las planchas muertas del sacador proporcionando más caudal.

4.6 ETAPA 5 CONTROL

4.6.1 Estandarización de las mejoras aplicadas.

El control de lo concerniente a la mejora de procesos se realiza por medio de los SOP (Standard Operating Procedure o Procedimiento Estándar de Operación) que son los encargados de estandarizar los procedimientos para la formación de copas de pie para las referencias analizadas en las líneas A0 y A7, (ver SOP Formación Copas de Pie) el cual se presenta a continuación.

SOP FORMACIÓN COPAS DE PIE:

1. Montar molde en máquina
2. Parar giro de boquillera
3. Cerrar agua de duchas estación para quemar empaste durante tres vueltas
4. Bajar molde, limpiar y lijar cara y fondo hasta que quede liso y de buena apariencia.
5. Montar de nuevo molde en maquinaria.
6. Abrir agua de ducha
7. Quitar segundo soplado
8. Formar con primer soplado hasta el 100% de la obra
9. Abrir segundo soplado hasta que la salida de aire sea un “poco mayor” al primero
10. Quitar aire de presión del levantafondo hasta que la base esté redondeada
11. Poner a girar la boquillera
12. Comenzar a incrementar la presión al levantafondo hasta que la base esté formada
13. Ajustar estiramiento para ajustar el espesor de la base

Nota: Si al incrementar la presión se reduce el palezón se debe incrementar levemente el primer soplado

Una opción adicional es regular la velocidad de subida del levantafondos para que sea suave y así aumentar el tamaño de base sin quitar tiempo de prensado que ayuda el retorcido.

Este procedimiento se debe tener muy presente al momento de realizar el cambio, por tal motivo se propone socializarlo dentro de la empresa y establecer unos acuerdos en la reunión que se realiza pre cambio y de esta manera coordinar cada uno de los puntos del SOP y así ejecutar un trabajo sincronizado con todo el personal que interviene en la operación.

Se debe anotar, que éste es un proceso que tarda un espacio de tiempo bastante amplio, además se requiere mucho compromiso laboral por parte de todas las personas involucradas en la producción, esto hace que éste proyecto continúe en aplicación, con los problemas identificados y realizando una observación constante a cada una de las variables; se pretende mejorar en aras de generar un mayor margen de utilidad para los inversionistas.

4.7 ETAPA 6 RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

- Con base en los resultados obtenidos, se puede observar que los indicadores JCI se vieron afectados positivamente obteniendo como resultado un aumento en la Línea A0, pasando dicho indicador de **70,06** en el 2014 a **77,64** al 7 de diciembre del 2015 y en la línea A7 de **62,14** en el 2014 a **66,91** al 7 de diciembre del 2015; lo que permite evidenciar que la aplicación de la metodología funcionó de manera correcta, ayudando a mejorar las partes más críticas del proceso.
- La metodología Lean Six Sigma es una herramienta muy útil al momento de analizar un proceso, lo que indica que por medio de ésta, se pueden establecer protocolos estándares y parámetros a seguir para la evaluación y optimización de un proceso determinado.
- Para realizar un plan de mejoramiento en cualquier proceso y obtener buenos resultados, es de vital importancia el manejo adecuado de una base de datos como la que opera en la empresa CRISTAR SAS, denominada CRISTAR SIP.

- Otro aspecto importante que se debe tener en cuenta al momento de realizar un trabajo como este, es contar con la colaboración precisa del personal idóneo en cada una de las áreas de la empresa como lo fue CRISTAR SAS, sede Buga Valle del Cauca.
- Se recomienda realizar un próximo trabajo, donde se continúe analizando otras máquinas, identificando aquellas referencias que presenten bajos rendimientos productivos.

5 BIBLIOGRAFIA

[1] Gran Enciclopedia Integral, Ed. LAROUSSE, noviembre de 2004. Fracc. Agro Industrial La Cruz México.

[2] <http://www.cristar.com.co>

[3] MAYA, Héctor, RODRIGUEZ, Salazar Jesús, ROJAS, Julieta Y ZAZUETA Guillermo; Estrategias de Manufactura aplicando la metodología Six-Sigma; Editorial Oceánica; 1996.

[4] MIKEL, Schoeder, RICHARD, Strategy; Six Sigma. Thebreaktrough Management; Harry Mc Graw Hill Editorial; 2000.

[5] BROWN, Steve, MORRISON, George; TheIntroduction to Six-Sigma Methodology; Editorial Trillas; 1991.

[6] Six-Sigma Methodologyapplied to industrial process; Robertson David & Smith Hannel; (Sitio en internet) Disponible en: <http://www.industrialprocess.service.usa.com>; 2001.

[7] Quality Management for industrial process; Andrew Charles, Jackson Steve, &Kittman Lawrence; (Sitio en internet), Disponible en: <http://www.qualitymanagement.usa.edu>; 2001.

[8] CHASE, Richard B, AQUILANO, Nicholas J. Y JACOBS, F. Robert. ADMINISTRACION DE PRODUCCION Y OPERACIONES: Manufactura y servicios. Mc GRAW-HILL INTERAMERICANA. S.A. 2000.

[9] MANOTAS DUQUE, DIEGO FERNANDO and RIVERA CADAVID, LEONARDO. LEAN MANUFACTURING MEASUREMENT: THE RELATIONSHIP BETWEEN LEAN ACTIVITIES AND LEAN METRICS. *estud.gerenc.* [online]. 2007, vol.23, n.105 [cited 2015-06-30], pp. 69- 83.

[10] <http://www.alcaldiabogota.gov.co>.

Bernal, A. (2006). Metodología de la investigación. México: PERSON Educación.

ANEXOS

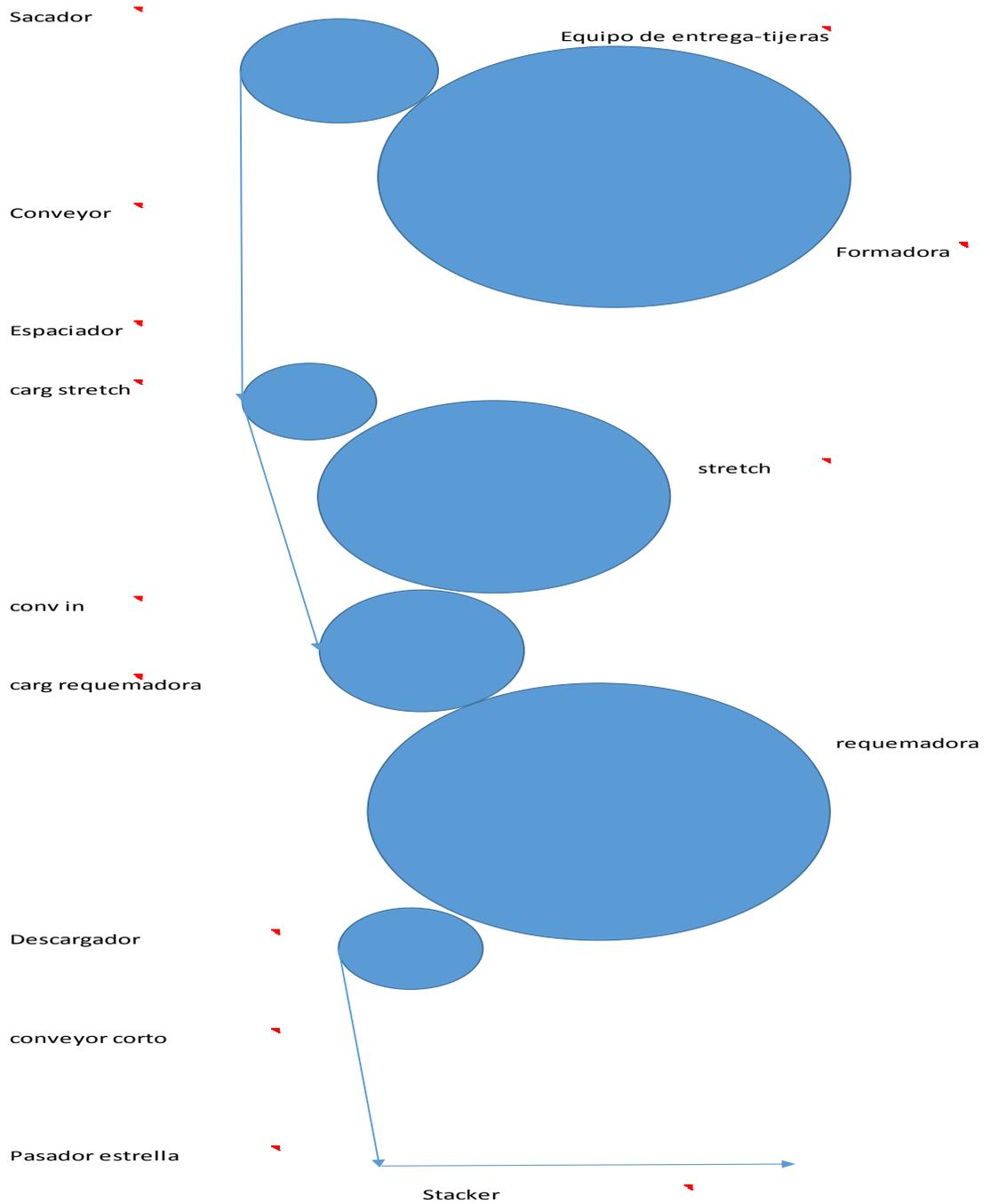
Anexo 1. Indicador JCI Maquina A7 2014

	Línea	Ref. Entra	Ref. Sale	Fecha	JCI 6Hr	JCI 12Hr
Enero	A7	S-5416	S-5436	01/09 7:17AM	44,45	66,06
	A7	S-5414	S-5416	01/15 11:20AM	21,02	45,32
	A7	S-5457	S-5414	01/20 7:29AM	44,66	65,29
	A7	H-5434	S-5457	01/27 9:35AM	83,37	88,49
Febrero	A7	H-0464	H-0465	02/13 7:10AM	1,4	16
	A7	H-0022	H-0464	02/15 7:50AM	38,13	64,65
	A7	H-0496	H-0022	02/27 7:05AM	84,86	86,4
Marzo	A7	H-0469	H-0496	03/04 7:21AM	26,31	57,69
	A7	H-0487	H-0469	03/10 9:16AM	58,45	76,14
	A7	H-0469	H-0487	03/12 6:56AM	56,34	66,66
	A7	H-0046	H-0469	03/15 7:12AM	38,63	64,11
	A7	S-5412	H-0046	03/25 7:16AM	2,59	39,76
	A7	H-5435	S-5412	03/27 10:17AM	42,5	58,24
Abril	A7	H-5434	S-5457	04/08 8:56AM	81,25	82,6
	A7	H-0045	H-5434	04/15 7:30AM	25,03	50,52
	A7	H-0469	H-0045	04/23 7:25AM	23,14	45,09
May.	A7	H-0454AC	H-0453AC	05/24 6:40AM	46,53	66,76
	A7	H-0453AC	H-0454AC	05/29 7:17AM	58,69	76,24
Junio	A7	H-0453AC	H-0453AC	06/01 12:05AM	0,27	39,8
	A7	H-0453AC	H-0453AC	06/03 6:00AM	92,85	93,21
	A7	H-0454AC	H-0453AC	06/06 7:11AM	58,58	72,96
	A7	H-0506CF	H-5416CF	06/13 7:12AM	21,96	41,7
	A7	H-0411AC	H-0506CF	06/16 9:27AM	51,1	70,49
	A7	H-0506CF	H-0411AC	06/24 7:19AM	0	36,6
	A7	H-5416CF	H-0506CF	06/26 9:42AM	36,22	60,41
Julio	A7	H-0506CF	H-5416CF	07/04 6:13AM	46,14	65,13
	A7	H-0411AC	H-0506CF	07/08 7:08AM	61,73	77,39
	A7	S-5457	H-0411	07/14 7:00AM	26,15	54,47
	A7	S-5414	S-5457	07/23 7:13AM	35,32	60,1
Agosto	A7	H-0454AC	H-5416AC	08/01 7:12AM	29,76	58,91
	A7	H-5416AC	H-0454AC	08/07 6:15AM	24,5	52,41
	A7	S-4640	S-5416	08/15 7:02AM	34,89	61,55

	A7	S-5436	S-4640	08/20 6:37AM	81,14	86,85
	A7	S-5458	S-5436	08/26 7:53AM	44,36	64,87
Sep.	A7	S-5416	S-5458	09/01 9:13AM	48,96	69,28
	A7	S-4640	S-5416	09/18 7:11AM	46,87	65,4
	A7	S-5436	S-4640	09/22 7:11AM	84,52	89,98
Octubre	A7	S-4640	S-5436	10/01 7:15AM	77,43	84,86
	A7	S-5436	S-4640	10/15 6:48AM	75,65	84,42
	A7	H-0465	S-5436	10/20 6:05AM	0	19,39
	A7	H-0506	H-0465	10/22 6:35AM	28,73	52,53
Noviembre	A7	H-0022	H-0506	11/05 9:53AM	30,88	58,9
	A7	H-0381	H-0022	11/10 7:10AM	44,14	66,04
	A7	H-0380	H-0381	11/13 7:10AM	58,78	68,48
	A7	H-0045	H-0380	11/18 8:26AM	37,77	63,79
	A7	H-0464	H-0045	11/24 6:50AM	0	1,89
	A7	H-0465	H-0464	11/27 9:30AM	23,76	55,01
Dic.	A7	H-0506	H-0022	12/11 7:02AM	30,36	55,28
	A7	H-0045	H-0506	12/22 9:10AM	46,82	69,38
	A7	H-0725	H-0045	12/30 12:20PM	90,26	92,92

Anexo 2, Mapa de flujo de valor

VALUE STREAM MAP A7



Anexo 3. Formato de puntuación para la línea A-7 para la referencia P-506

Encargado:	Fecha:			
Área:				
Opciones de mejora	Severidad 2-5-9	Frecuencia 2-5-9	Deteccion 2-5-9	
Alimentador				
Temperatura de la gota				
Estado del diferencial				
Forma de la gota				
Tiempo de ajuste de tijeras				
Equipo de entrega				
Curvatura del equipo de entrega				
Numero de tuercas porta arandela				
Formadora				
Presión de soplado				
Velocidad de prensado				
Tiempo de contacto				
Temperatura del premolde				
diferentes criterios para la operación de copas				
Sacador				
Cantidad de aire en planchas muertas				
Estado de las pinzas				
Posición planchas muertas				
Posición espaciador				
Espaciador				
Altura de plancha de transferencia				
posición guias inferiores				
posición paletas				
Numero de paletas de repuesto				
Longitud de los dedos				
Posición de las guias				
Conv. Adicional				
Posición conveyor				
altura conveyor				
Cargador Req.				
estado mecanismos				
Posición cargador				
estado de las válvulas				
altura de agarre de la obra				
Requemadora				
presión de vacío				
Posición requemadora				
Dimensión de las bases				
Descargador				
altura plato descargador				
Pasador estrella				
Posición plancha de transferencia				
Posicion pasador				