

ADRIANO PEREIRA DA SILVA
(ORGANIZADOR)

Collection:

**APPLIED PRODUCTION
ENGINEERING
2**

ADRIANO PEREIRA DA SILVA
(ORGANIZADOR)

Collection:

**APPLIED PRODUCTION
ENGINEERING
2**

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Collection: applied production engineering 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Adriano Pereira da Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C697 Collection: applied production engineering 2 / Organizador Adriano Pereira da Silva. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0180-3

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.803222604>

1. Production engineering. I. Silva, Adriano Pereira da (Organizador). II. Título.

CDD 670

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

A coleção “Applied production Engineering 2” ascende consigo, além da pluralidade científica e acadêmica, permeando as singularidades das várias obras que compõem os seus capítulos, também os fundamentos necessários para o melhor desenvolvimento profissional. O volume apresentará trabalhos, pesquisas, relatos que promovem as diversas formas da aplicação da engenharia de produção, de modo interdisciplinar e contextualizada, em sua gama de conteúdo iterativo.

O objetivo principal é apresentar de forma clara e inequívoca a pesquisa realizada em diversas instituições de ensino e pesquisa nacionais e internacionais, cujo trabalho inclui trabalhar com análise do mapeamento de processos; aplicação regulatória no desenvolvimento de procedimentos; diagnóstico ambiental; gestão de estoque; produtividade; modelagem de ensino; World Class Manufacturing (WCM); e áreas correlatas.

Com isso, os temas discutidos na sociedade, nos negócios e na academia são trazidos para um âmbito crítico e estruturado, criando uma base de conhecimento para acadêmicos, professores e todos os interessados em engenharia de produção e/ou industrial. Por isso, destaca-se a importância dos temas abordados neste episódio a partir da evolução das diferentes ferramentas, métodos e processos que a Indústria 4.0 desenvolveu ao longo do tempo e sua capacidade de resolver problemas atuais e futuros.

Assim, este trabalho apresenta uma teoria baseada nos resultados práticos obtidos por diversos professores e estudiosos que investiram considerável esforço no desenvolvimento de seus trabalhos, e o apresentarão de forma concisa e pedagógica. Entendemos a importância da divulgação científica, por isso também destacamos a estrutura da Atena Editora para fornecer a esses entusiastas da pesquisa científica uma plataforma abrangente e confiável para exibir e divulgar seus resultados.

Adriano Pereira da Silva

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

PORQUE HAY BAJA PRODUCTIVIDAD EN MÉXICO

Víctor Manuel Piedra Mayorga
Rafael Granillo Macías
Miguel Ángel Vázquez Alamilla
Raúl Rodríguez Moreno
Miriam Leilani Piedra Guzmán

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8032226041>

CAPÍTULO 2..... 18

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL NO SETOR METALÚRGICO: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DAS PUBLICAÇÕES UTILIZANDO AS PLATAFORMAS *WEB OF SCIENCE* E *SCOPUS*

Alex Nakauti Kiyomoto
Sílvia Pierre Irazusta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8032226042>

CAPÍTULO 3..... 30

ANÁLISE DO MAPEAMENTO DE PROCESSOS EM UM CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO VAREJISTA: UM ESTUDO DE CASO SOBRE A UTILIZAÇÃO DO GERENCIAMENTO DE PROCESSOS DE NEGÓCIO – BPM

Edson Terra Azevedo Filho
Láís Sant'Anna Fonseca

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8032226043>

CAPÍTULO 4..... 46

GESTÃO DE ESTOQUES: UMA APLICAÇÃO DO MODELO DO LOTE ECONÔMICO DE COMPRA

Cainan Kobo Oliveira
Paulo Laerte Natti
Eliandro Rodrigues Cirilo
Neyva Maria Lopes Romeiro
Erica Regina Takano Natti

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8032226044>

CAPÍTULO 5..... 61

WORLD CLASS MANUFACTURING (WCM) COMO ESTRATÉGIA PARA REDUZIR FALHAS EM UM PROCESSO TÉCNICO DE FABRICAÇÃO DE TÊXTEIS

Esmeralda Hernandez Méndez
Miguel Ángel Rodríguez Lozada

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8032226045>

CAPÍTULO 6..... 74

MODELAGEM DE ENSINO REMOTO PARA AULAS DE PRÉ-CÁLCULO NA ENGENHARIA

Ubirajara Carnevale de Moraes

Vera Lucia Antonio Azevedo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8032226046>

CAPÍTULO 7..... 86

APLICACIÓN NORMATIVA EN EL DESARROLLO DE PROCEDIMIENTO DE TRABAJO SEGURO PARA TAREAS DE LIMPIEZA DE LADERA DE CERRO EN OBRA HIDRÁULICA

Francisco Santiago Ruiz

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8032226047>

CAPÍTULO 8..... 99

PASSAGEM DE FAUNA ELEVADA

Norival Agnelli

Pedro Henrique Jacomini Malinosqui

Fabiana Ferraz Munhoz

Aldo Theodoro Gaiotto Junior

Ricardo Ramos da Rocha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8032226048>

SOBRE O ORGANIZADOR..... 112

ÍNDICE REMISSIVO..... 113

CAPÍTULO 5

WORLD CLASS MANUFACTURING (WCM) COMO ESTRATÉGIA PARA REDUCIR FALHAS EM UM PROCESSO TÉCNICO DE FABRICAÇÃO DE TÊXTEIS

Data de aceite: 01/04/2022

Data de submissão: 03/02/2022

Esmeralda Hernandez Méndez

Tecnológico Nacional de México/ Instituto
Tecnológico de Apizaco
División de estudios de posgrado e
investigación
Tlaxcala, México

Miguel Ángel Rodríguez Lozada

Tecnológico Nacional de México/ Instituto
Tecnológico de Apizaco
División de estudios de posgrado e
investigación
Tlaxcala, México

RESUMEN: En la siguiente lectura se presenta el desarrollo de la ruta de reducción de averías del pilar de confiabilidad de la metodología de las empresas de clase mundial (WCM siglas en ingles de World Class Manufacturing). Para la alineación de los procesos que existen hoy en día con las nuevas tendencias se ha desarrollado una serie de principios, mejores prácticas y técnicas dentro de las organizaciones, la manufactura de clase mundial, conocida por sus siglas en ingles WCM (World Class Manufacturing), se enfoca principalmente en la gerencia mixta brindando los recursos necesarios para contar con una mejora continua y por consecuencia, desarrollar la excelencia operativa, donde se alcance una eliminación de pérdidas con la participación de todos para conseguir resultados de negocio de

excelencia.

PALABRAS CLAVE: Averías, pilar, confiabilidad, disponibilidad, mantenimiento.

WORLD CLASS MANUFACTURING (WCM) AS A STRATEGY FOR REDUCING BREAKDOWNS IN A TECHNICAL TEXTILE MANUFACTURING PROCESS

ABSTRACT The next reading presents the development of the breakdown reduction path of the reliability pillar of the methodology of world class companies (WCM). For the alignment of the processes that exist today with the new trends, a series of principles, best practices and techniques has been developed within the organizations. World Class Manufacturing, known by its acronym WCM (World Class Manufacturing), focuses mainly on mixed management providing the resources needed to count on continuous improvement and, consequently, to develop operational excellence, where an elimination of the losses with the participation of all to achieve business results of excellence.

KEYWORDS: Breakdowns, pillar, reliability, availability, maintenance.

INTRODUCCIÓN

Desarrollada por un conjunto de empresas, entre ellas Fiat en el 2005, donde se empezó a buscar la excelencia operativa. WCM es una metodología compuesta por pilares y fundamentos, ilustrados que tienen una finalidad y es como se menciona, alcanzar la excelencia operativa y la satisfacción del

cliente. Una de las características del concepto de WCM es que los cambios siempre inician con áreas modelos, están son áreas pilotos para el desarrollo de las rutas, los pilares y los fundamentos del templo, para este caso, se presenta el desarrollo de la ruta de averías del pilar de confiabilidad donde lo ideal es una vez establecida la ruta se debe seleccionar una maquina con el mayor número de fallas presentadas para el desarrollo de la misma ruta, esto a su vez introduce el concepto de cero desperdicios, cero defectos, cero averías y cero inventario. WCM motiva a las nuevas mejoras, siendo uno de los mejores argumentos para convencer a organizaciones incrédulas. Las pérdidas para WCM son aquellas actividades dentro de la empresa que añaden costos, pero no valor al producto, por lo que se les considera como oportunidades, siendo el principal objetivo el tener cero perdidas, cero accidentes, cero averías, cero enfermedades laborales, cero defectos. El resultado de lo anterior es un sistema para la gestión de las operaciones, donde 1) se comprenden las pérdidas a través de la búsqueda del potencial, de enlazar las mejoras con los beneficios y las pérdidas y con un claro plan de ataque, 2) se eliminan las perdidas con un enfoque practico paso a paso y 3) se previenen mediante la introducción de un sistema para conservar las ganancias y tener un cambio de cultura permanente.

DESARROLLO

El templo de WCM está compuesto de 3 fundamentos y 8 pilares, como soporte, tiene 3 fundamentos iniciando con la gestión basada en el tiempo y despliegues de costos (Time Based Management (VSM) & Cost Deployment), donde el VSM es el primer paso para la identificación de las pérdidas y los despliegues de costos las herramientas de gestión, que al complementarla con el VSM se definen las prioridades y se construye un plan general para la organización, el comprender las perdidas sirve de apoyo para los despliegues de los costos de cada uno de los pilares. Posteriormente la Mejora focalizada e Involucramiento del personal (Focus Imporvemente & people involvement) hará mención a los grupos de trabajo para que las mejoras se den de manera rápida y en puntos focalizados a través de los despliegues de costos o el VSM, se deben tomar en cuenta las sugerencias de las personas, por último, estandarización y gestión autónoma y visual. La estandarización (Standardisation, 5S, Autonomous & Visual management) es una de las herramientas clave para WCM ya que es restablecida y/o definida por los grupos de mejora, manteniéndola después de la fase de prevención de perdidas, se manejan 3 tipos de estándares: Estándares separados, Procedimiento Operativo Estándar (SOP) y Lección sobre un punto (OPL), para la gestión autónoma y visual, se indaga principalmente a simplificar la vida dentro de la organización.



Figura 1. Fundamentos del templo WCM.

Para los pilares de WCM es importante conocer la definición de pilar, estos son los soportes de un sistema de excelencia empresarial, dirigido por un grupo y un líder de pilar, como misión tienen la de dar soporte a la organización para que alcance sus objetivos utilizando talleres de mejora continua, enfocados a ciertas actividades e involucrando al personal de diferentes niveles y funciones, estos pilares son:

Salud y seguridad (Health & Safety) y Medio ambiente y prevención de riesgos (Environment & Risk prevention): Garantizar cero accidentes y cero enfermedades laborales a través de un sistema constante de prevención de los riesgos y Garantizar cero incidentes industriales y medioambientales.

Confiabilidad (Reliability): Garantizar la fiabilidad de los sistemas de producción a través de actividades planificadas con un mínimo costo.

Eficiencia Industrial (Industrial Efficiency): Garantizar la mejora continua de la mano de obra y de la productividad de la operación de las máquinas reduciendo las actividades de valor agregado.

Calidad y control de procesos (Quality & Process control): Apoyar un sistema de cero defectos mediante el control del proceso, minimizando los costos de no calidad y mejorar la satisfacción del cliente.

Atención y servicio al cliente (Customer Focus & Service): Brindar una constante asistencia al cliente con el mínimo costo logístico mediante una cultura ágil, es decir cero stocks y cero rastreos.

Desarrollo de personal (People Development): Mejorar el clima social y la eficiencia de la dirección de recursos humanos, manteniendo la evolución de la competencia del personal y el desarrollo de la organización orientada al enfoque de WCM, identificando competencias

Desarrollo e investigación (Innovation development & Growth): Garantizar un proceso de constante crecimiento del negocio a través de nuevos productos, nuevos equipos y/o tecnologías y desarrollando nuevos mercados.

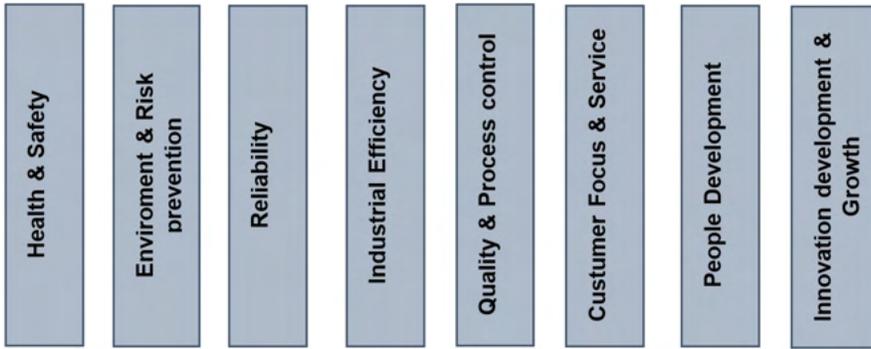


Figura 2. Pilares del templo de WCM.

Dentro de los pilares es necesario identificar las responsabilidades del mismo, así como las responsabilidades funcionales, se deberá partir de la dirección industrial, posteriormente contar con un coordinador de WCM y como líderes quedaran los responsables de cada una de las áreas como son producción, calidad, mantenimiento, desarrollo e investigación, seguridad e higiene y medio ambiente, cadena de semestre, entre otras. Con los fundamentos como base de los pilares y con los piars como soporte, se podrá llegar cúspide del templo, donde se encuentra la excelencia operativa (Operational Excellence) que se desea alcanzar.

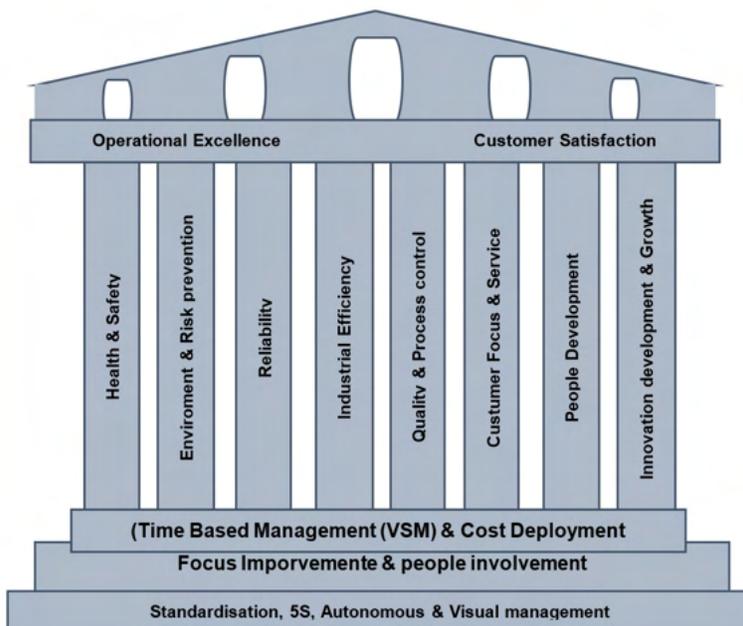


Figura 3. Templo de la metodología WCM, contemplando fundamentos y pilares.

Cada pilar concentra diversos conocimientos que le dan soporte a una organización divididos en 3 niveles: el primero es sustentar la gestión del sistema a través del desglose de costos, VSM y/o estrategias, el segundo es sustentar los grupos de mejora llevando a cabo talleres de mejora continua y enfocada, con apoyo del desarrollo del personal y el tercer nivel es sustentar el mantenimiento de las ganancias mediante el control y prevención de las pérdidas, los pilares deben desplegar los Key Performance Indicators (KPI) para poder identificar las áreas donde se puedan realizar mejoras atacando las pérdidas, estas pueden ser reducidas con metodologías y herramientas que forman parte de WCM. La eliminación de pérdidas ligadas a las averías provoca defectos, además de que requieren trabajos de mantenimiento, generan desperdicios, reducen el valor del OEE y la productividad de la mano de obra, provocan retrasos en las entregas e impiden el respeto de los planes de producción. El análisis de las pérdidas debe sustentar y llevar a cabo un desglose pertinente, donde se observe un análisis de diferencias y los grupos de mejora gestionando las actividades a través de un plan maestro y una agenda integrada, es fundamental que se brinde soporte para los grupos de mejora (donde se deberán realizar formaciones, entrenamientos y auditorías, dentro de las posibles causas de las pérdidas se encuentran: 1) Por material, ya sea por defectos al ingresar, problemas con materiales que se agotan (ej. Lubricantes) y problemas relacionados con cada una de las fases del proceso, 2) Por máquina, ya sea debido a debilidades estructurales, por rupturas/ colapsos (fatigas, sobrecargas), por corto circuito, 3) Por método, donde están involucrados el estándar laboral no claro/ no definido, estándar de inspección no claro/ no definido, estándar no claro/ no definido y 4) Por mano de obra, presentándose la falta de habilidades/ competencias, la falta de habilidades individuales, temas de disciplina, entre otros factores. El área de mantenimiento cuenta con diferentes áreas, iniciando por los conceptos básicos como lo son el Overall Equipment Efficiency (OEE), la confiabilidad, la disponibilidad y la fiabilidad, una vez identificados estos, el siguiente punto es el de mantenimiento planificado donde se encuentran las normas de mantenimiento, el cómo se va a crear un sistema de mantenimiento planificado, la definición de un plan de mantenimiento y su gestión y al final y la definición de roles en las áreas de producción y mantenimiento, posteriormente se llega al mantenimiento autónomo donde la finalidad es capacitar a los operadores para comprender el funcionamiento de las máquinas. Como se menciona anteriormente, lo que WCM busca es tener cero averías, paradas en menor tiempo y evitar las pérdidas de velocidad, esto se consigue a partir de tres pasos los cuales son: restablecer, resolver pérdidas repetitivas y resolver pérdidas crónicas, para el desarrollo de estos pasos es importante contar con diferentes herramientas, estas últimas son proporcionadas por la metodología WCM como lo son los históricos, los análisis de modos y efectos de fallas (AMEF), la técnica de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) y el análisis PM, ya que se hayan desarrollado los puntos anteriores.

Para la reducción de averías es importante saber que es posible reducir estas sin

llevar a cabo modificaciones en los equipos o maquinas que sean complejos, ya que la mayoría de los fallos se derivan a causas sencillas siendo anomalías ocultas como polvo, suciedad, adhesión de materias primas, abrasión, retorno, aflojamiento, pérdidas, corrosión, deformación, defectos, grietas, temperatura, vibraciones, ruido y otros problemas que deben ser eliminados. Pero, ¿Qué es una avería?, una avería no es más que un paro no programado en un equipo de forma repentina, como son las roturas de componente, malos ajustes de los equipos, que se deben en la mayor parte de las ocasiones a problemas de los mismos equipos, problemas que tienen que ver con la calidad, como materias primas atascadas, etc., se dan también por el personal de mantenimiento, teniendo una frecuencia alrededor de 5 a 10 veces por mes, de forma practica la avería se considera como una parada repentina de la maquina con una duración superior a x minutos, donde $10\text{min} \leq x \leq 15\text{min}$. Entre las causas típicas de las fallas están las debilidades de los proyectos, la falta de piezas cuando se realiza un mantenimiento programado y la calidad de las mismas, una incorrecta operación tanto del equipo como de la pieza, precedentes de reparaciones o tareas de mantenimiento realizadas bruscamente y la falta de mantenimientos preventivos, el recorrido con base WCM inicia analizando los datos de forma cronológica para poder darle una resolución, este paso corresponderá a la fase 1, posteriormente se deberá llevar a cabo una investigación de las averías frecuentes y las aisladas para realizar la revisión del sistema de mantenimiento planificado actual, actividades que corresponden a la fase 2 y finalizando con un análisis y eliminación de las averías crónicas, actividades correspondientes a la fase 3.

Paso 0 Introducción al lanzamiento de la ruta Reducción de averías

Este paso es el inicio para la preparación del lanzamiento de la ruta dentro del pilar de confiabilidad, el cual consta de 11 actividades para establecer la visión y las principales herramientas para gestionar adecuadamente la ruta y el pilar.

Actividad 1 Lanzar la misión de la ruta dentro del pilar: La misión es la razón para que la ruta exista dentro del pilar, el equipo que conforme al pilar deberá ser un equipo multidisciplinario, integrado por diferentes áreas de la organización, quienes deberá de definir y compartir tanto la misión y visión de la ruta y del pilar.

Actividad 2 Definir los KPI's de la ruta: El pilar tiene que definir un tablero físico donde estén plasmados los KPI'S para la ruta, de forma que en ellos se vea reflejada la misión y la visión, con objetivos claros, validado por el comité de seguimiento dentro de la organización, estos indicadores deberán contar con un glosario, la unidad de medida, el método de cálculo, valor de partida de referencia, los objetivos y el sistema de seguimiento que tendrán.

Actividad 3 Compartir la ruta: El líder del pilar, debe comprobar estar formado en los fundamentos de la ruta para entender las actividades que se desarrollarán, así mismo, los miembros del equipo tendrán que compartir las perspectivas de la ruta y saber explicar

los pasos con secuencia lógica.

Actividad 4 Preparar un Plan maestro de la ruta: El plan maestro o master plan debe mostrar el tiempo que se requiere para introducir cada una de las actividades y cuales necesitan una replicación continua, por lo que es una ayuda para la correcta implementación de cada actividad.

Actividad 5 Establecer la propiedad del análisis de las pérdidas y un plan de desarrollo: Uno de los puntos más importantes a contemplar es la pérdida del pilar (Loss intelligence) ya que los miembros del pilar deben identificar y definir las propiedades con base al soporte de la organización para el desglose de los costos y llevar a cabo su plan de mejora.

Actividad 6 Definir el soporte para la ruta: Entrenamiento (Train & coach): Para la ruta que se va a desarrollar, el pilar debe definir el proceso de soporte para los líderes y los miembros, siguiendo la regla de oro que marca WCM la cual menciona que se deberá llevar a cabo una reunión por semana de 4 horas, donde se deberá seguir la rutina de entrenamiento (auditar, formar, entrenar, planificar) que marca WCM.

Actividad 7 Introducción del tablero de la ruta

Se utilizará para la gestión de las actividades de la misma y para comunicar a la organización, los miembros que conforman al pilar y a la ruta son los responsables de definir los estándares y las actualizaciones del mismo, es importante mencionar que el tablero de mejora continua y gestión visual, ya estandarizado y también en su forma electrónica está listo para ser llenado con los datos del cliente e impreso hoja por hoja.

Actividad 8 Definir el formato y agenda de las reuniones de pilar: La consistencia de las actividades del pilar es relacionados y bien organizados con el sistema de reuniones de los miembros del pilar.

Actividad 9 Establecer los roles y responsabilidades de cada miembro de la ruta y del pilar: El equipo que conforme al pilar y la ruta a desarrollar deberá ser un equipo multidisciplinario, es decir, deberá ser formado por diferentes integrantes de la organización que pertenezcan a las diferentes áreas de la misma siempre y cuando estas tengan que ver con el pilar de confiabilidad.

Actividad 10 Compartir el sistema de evaluación de la ruta y del pilar: El sistema para evaluar la ruta y el pilar deberá guiar en las revisiones, soportando las implementaciones y el proceso de aprendizaje con puntuaciones definidas. La actividad de auditoría para la ruta y el pilar es necesaria para evaluar el estado del arte y dar soporte a los miembros para mantener una correcta consistencia.

Actividad 11 Introducir el sistema de desarrollo de competencias: Una herramienta de formación para verificar las competencias requeridas por cada uno de los miembros de la ruta y del pilar.

Paso 1 Identificar los tipos de averías

Para realizar esta tarea, se debe iniciar con la definición para cada avería, el punto de partida y el objetivo, posteriormente identificar las zonas más críticas de la máquina, realizado lo anterior se debe: 1) Establecer un sistema de recolección de datos, 2) Analizar los datos cronológicos y establecer los indicadores de actuación y 3) Efectuar el desarrollo de las averías y realizar un diagrama de Pareto.

Paso 2 Restablecer las condiciones básicas en las zonas críticas y formular los estándares

Actividad 1 Identificar las zonas críticas: En este paso es importante tomar dos aspectos: la maquinaria porque se deben restablecer las condiciones originales, eliminando perdidas debidas a la escasez de la limpieza y las personas, ya que los operadores deben: Aprender a localizar los problemas, a diferenciar que la limpieza significa inspección y desarrollar una sensibilidad para encontrar problemas de pequeña escala, deben también de profundizar sus conocimientos sobre el equipo y a identificar las fuentes de contaminación.

Actividad 2 Efectuar la limpieza inicial y colocar hojas de identificación: El objetivo de este paso es la eliminación de las anomalías debidas al aceleramiento en el deterioro del equipo, es decir, la disminución de su vida útil, el restablecimiento de las condiciones básicas en las zonas más críticas del equipo y lograr definir un sistema para la mantención de las condiciones básicas, las actividades de este paso inician con: 1) Identificar las zonas críticas, tomando en cuenta el número de anomalías y el estado de las máquinas y 2) efectuar la limpieza inicial y colorar hojas de identificación, estas son instrumentos para poner en evidencia las anomalías, deben ser llenadas por completo y colocadas en la maquina donde se ha encontrado la falla, si la avería hace referencia a un componente móvil la hoja de identificación debe estar cerca de este.

Actividad 3 Utilizar las hojas de identificación: Como se menciona en el párrafo anterior, el procedimiento para usar las hojas de identificación para las averías deberá iniciar con la detección de la anomalía, posteriormente se debe colocar esta hoja de identificación y hacer su planificación, es decir, establecer el equipo de trabajo que se encargara de la falla tomando en cuenta los mantenimientos que se tienen que realizar así como los proveedores subsidiarios, realizado lo anterior se procede a retirar la hoja de identificación y llevar a cabo su análisis, concluida esta actividad debe ser eliminada la hoja de identificación definitivamente.

Actividad 4 Definir y aplicar los estándares LILA: Dentro de esta actividad se deben definir las operaciones que se deben llevar cabo en los equipos y en zonas cercanas a ellos, haciendo referencia al listado de actividades desarrolladas durante el ajuste. Se deben establecer las frecuencias para cada operación a realizar con base a la experiencia o a los manuales técnicos e historiales, los estándares provisionales tienen que suministrar a los operadores los instrumentos y herramientas para realizar los controles de

modo correcto para llevar a cabo cada una de las actividades mencionadas. Con respecto a los tres temas principales que son limpieza, lubricación e inspección se tienen que definir: 1) Como se van a evaluar los estándares y 2) como se mantendrán controladas las prestaciones. Para el punto uno se debe elaborar una lista de control la cual tiene que presentar la subdivisión del equipo en zonas, la definición del estado que se desea de cada componente de la misma, así como un estándar visual para criterios de evaluación, en el momento que se lleve a cabo lo anterior se asignara a las diferentes zonas una puntuación máxima o bien, cero ya que para estas actividades no existe el término medio, con respecto al punto 2 se debe desarrollar un sistema de revisión donde se debe fijar una puntuación mínima para la revisión y para el peligro para la misma, realizar una recolección semanal de los resultados de las revisiones realizadas y representar gráficamente los resultados, es importante comprobar la existencia de SOP.

Paso 3 Atajar las averías frecuentes

Para las averías frecuentes se tendrán que establecer los diferentes tipos de averías encontradas durante el paso dos, desarrollar el análisis de los 5 porqués sobre cada una de las fallas identificadas y realizar la definición de las medidas a tomar, así como su aplicación, estableciendo un sistema de control para la repetitividad de las mismas.

Paso 4 Evidenciar las causas de averías esporádicas

Para este paso es importante conocer y aprender sobre las averías encontradas para identificar las causas y las posibles soluciones para la misma, las actividades que se deben desarrollar en este paso son:

Actividad 1 Introducir una nueva definición de avería: Una vez que se hayan reducido drásticamente el número de averías, es importante empezar a medir el tiempo medio entre averías (MTBF, del inglés Mean Time Between Failures) el cual es uno de los principales indicadores de mantenimiento, ya que mide la disponibilidad y confiabilidad de un equipo, representando el promedio del tiempo que pasa entre dos averías en un mismo equipo, entre más alto sea el valor del indicador, más fiable es el equipo, de forma que el MTBF será la capacidad del sistema para funcionar sin que se produzcan averías, la fórmula para el cálculo del MTBF es la siguiente.

$$\text{MTBF} = \text{Tiempo disponible} - \text{tiempo muerto/No. de fallas}$$

Donde el tiempo disponible es aquel en el que el equipo estará operando, sin tomar en cuenta el tiempo de mantenimiento programado y el tiempo muerto será aquel donde el equipo no funcione con fines de producción, por operaciones de mantenimiento, por paros no programados. Dentro de este indicador también se encuentra el MTBM es el tiempo medio entre las intervenciones de mantenimiento, sumando los tiempos de las averías y de los mantenimientos preventivos) y el MDT, el cual corresponde al tiempo medio de falta de disponibilidad, mejor conocido como Mean Down Time. Para El tiempo medio de reparación

(MTTR, de las ingles Mean Time To Repair), es un indicador de mantenimiento aplicable a los equipos, componentes o sistemas. Considera el tiempo medio que tarda el técnico en resolver o intervenir una avería después de haber ocurrido, de forma que el MTTR ser la capacidad del sistema para poner de nuevo en condiciones de funcionar y mantener dichas condiciones, la fórmula para calcular es la siguiente: $MTTR = \text{Tiempo muerto} / \text{No. de fallas}$.

Se realiza una comparación entre el tiempo necesario para una intervención en caso de presentarse una avería y en una intervención del mantenimiento planificado. A través de estos pasos, se busca aumentar la disponibilidad de los equipos, esta es la disposición de un sistema o equipo más la organización de soporte a suministrar, todo esto durante el tiempo en el que se va a requerir su uso. La disponibilidad va ligada a la fiabilidad intrínseca de la máquina, a la posibilidad de mantenimiento de la maquina y a la eficacia y eficiencia del sistema logístico de soporte (siendo el sistema informativo como los planes de mantenimiento, herramientas, estructura, etc.) y las habilidades del personal, dentro de esta encontraremos la disponibilidad intrínseca (A_i), disponibilidad conseguida (A_a) y disponibilidad operativa (A_o). Las fórmulas para calcular cada una se muestran a continuación.

Disponibilidad intrínseca (A_i)	$(A_i) = MTBF / (MTBF + MTTR)$
Disponibilidad conseguida (A_a)	$(A_a) = MTBM / (MTBM + MTTR)$
Disponibilidad operativa (A_o)	$(A_o) = MTBM / (MTBM + MDT)$

Tabla 1. Fórmulas para el cálculo de los diferentes tipos de disponibilidad.

Es importante considerar los parámetros estadísticos (comprendidos entre 0 y 1) para indicar la probabilidad de que un componente del equipo funcione correctamente, sin presentar averías durante un periodo de tiempo determinado. El cálculo de la fiabilidad de un componente debe efectuarse con base a datos referentes a un volumen de referencia, por ejemplo, de 100 componentes. En la mayor parte de los casos para valorar la fiabilidad de un equipo se usan los indicadores donde se vea cuanto tiempo el sistema no presento averías o bien de la frecuencia de las mismas (MTBF), el recorrido para calcular la fiabilidad es el siguiente: 1) Calcular la probabilidad de la avería, en otros términos, la densidad, en un intervalo de tiempo t_1 y t_2 . La fórmula para el cálculo es la siguiente: $f(t) = \frac{Nf(t)}{N_o}$ = densidad de avería, donde: Nf = número de averías y N_o = grupo de referencia (inicial). Para tal caso, la probabilidad de que el componente o sistema sufra una vería en un momento dado (hora, día, etc.) a partir del momento que empieza el servicio. 2) Calcular la probabilidad acumulada de una avería hasta el momento T , la fórmula para el cálculo es: $F(T) = \sum_{t=0}^T f(t)$ La probabilidad de que el componente o sistema sufra una avería hasta un momento dado, es decir no tenga un funcionamiento correcto hasta aquel. 3) El

cálculo de la fiabilidad será aplicando la siguiente fórmula: $R(T)=1-F(T)$. La probabilidad de que el componente o sistema funcione correctamente sin sufrir averías durante un periodo de tiempo determinado (T) en condiciones ambientales predeterminadas, siendo el complemento 1 de la probabilidad acumulada de la avería. Se debe considerar la posibilidad del mantenimiento, donde se analiza la capacidad de un sistema para ser reparado fácil y rápidamente, repercutiendo de modo decisivo en el MTTR, contemplado la posibilidad de diagnóstico, la accesibilidad o ergonomía, la rapidez de fijación y conexión y la posibilidad de intercambio y estandarización.

Actividad 2 Introducir la ficha de análisis de la avería: Para realizar esta actividad, es importante conocer la definición de una ficha de análisis de avería, esta es un instrumento muy sencillo de utilizar como apoyo para analizar cada una de las averías donde se deberá plasmar la máquina o equipo, la fecha, hora de la avería, hora de la intervención, hora en la que se realiza la reparación, hora en la que se pone en marcha, cuando estos datos hayan sido identificados, se deberá redactar en un párrafo lo que paso y en que sección del equipo, las señales de advertencia antes de las fallas, una descripción de la intervención de reparación especificando los componentes con los que se trabajó y en donde más las refacciones utilizadas, es importante mencionar el tipo de avería y un diagrama dibujado en la parte trasera de la hoja donde deberá estar plasmado el análisis 5 porqués de la avería identificada.

Actividad 3 Definir los sistemas de apoyo: Dentro de esta actividad se deberá desarrollar un sistema de apoyo a través de un procedimiento, donde tendrán que estar citados los pasos con orden número para el análisis de las averías, también deberá incluir el responsable de realizar la actividad y cuando la llevará a cabo.

Actividad 4 Capacitar a los operadores y al personal de mantenimiento: Antes de la capacitación tanto los operadores como empleados deberán mostrar involucramiento en los diferentes equipos de trabajo, el objetivo de estas capacitaciones es que las personas puedan hacer la descripción de las averías, llevar a cabo una intervención de para realizar a la reparación, hacer un análisis de los 5 porqués, planificar las medidas a aplicar y realizar el seguimiento de las mismas.

Actividad 5 Aplicar el sistema y efectuar un seguimiento de resultados: En este punto se debe tener cuidado en llevar un correcto control de la frecuencia con la que suceden las averías, la recolección de los datos, la calidad de los análisis que se llevan a cabo y la eficacia de cada una de las acciones aplicadas y desarrolladas.

Paso 5 Definir el plan de mantenimiento preventivo: Dentro de este paso la finalidad es llevar a cabo la aplicación de un sistema que permita el mantener los resultados obtenidos mediante la eliminación de averías que identificaron como frecuentes y esporádicas.

Actividad 1 Resumir las causas: Se deberá realizar un despliegue de las averías encontradas, partiendo del total de equipos que se encuentran en el área, identificado lo

anterior, se deberán clasificar los tipos de falla identificando si son mecánicas, de limpieza, de instrumentación, referentes al medio ambiente, eléctricas o por operación incorrecta donde en cada barra se presentara el número de veces que se reporta dicha falla.

Actividad 2 Aplicar acciones y medidas tomadas: Para cada tipo de causas originadas, se debe plasmar la medida correspondiente a seguir e implementar. De igual manera, se tiene que lanzar un plan de acción obtenido con el análisis de averías como el que se muestra a continuación.

Actividad 3 Mejorar el sistema de mantenimiento planificado: Dentro de esta actividad, se observa que el desarrollo y la mejora del sistema de mantenimiento planeado es económico, de fácil acceso, tiene la facilidad de modificar y mejorar, es visible y está relacionado con la prestación y la vida útil de las refacciones, consolidando el proyecto.

CONCLUSIÓN

La metodología WCM es una filosofía de para ser el mejor, el más rápido y económico productor de un servicio o material, donde se ve implicada la mejora constante de los productos, de los procesos y servicios para seguir siendo un líder en cualquier industria, proporcionado la mejor opción para los clientes muy independiente de donde se encuentre el proceso. Las organizaciones como se menciona, apuntan al desarrollo de la excelencia operativa, la eliminación de las perdidas con la participación de todos para conseguir resultados dentro del negocio con excelencia, conocer los pasos de la ruta a seguir es importante ya que ahí se puede iniciar con la definición de los tipos de fallas presentadas de los equipos y con apoyo de los análisis como lo son el 5 porques establecer medidas a tomar. Dentro del área de mantenimiento, se busca mantener las mejoras así como aumenta los tiempo en los que equipo se está utilizando productivamente, a través de las diferentes rutas de WCM se puede conseguir mejorar el rendimiento, aumentar las eficiencias y su uso como se menciona anteriormente, actualmente WCM es una de las metodologías menos empleadas pero que tiene el potencial para mejorar la efectividad total de la planta de producción dentro de una organización, con esta solución las compañías pueden implementar fácilmente y desarrollar un sistema de mantenimiento eliminando emergencias y periodos de tiempo de inactividad no previstos.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi gratitud al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo brindado, al Instituto Tecnológico de Apizaco por darme la oportunidad de formar parte de este posgrado, así como los docentes involucrados. Al Dr. Miguel Ángel Rodríguez Lozada por el apoyo brindado durante esta travesía, por compartir conmigo su sabiduría y paciencia para explicar diferentes conceptos que se emplean en las industrias, asegurándole que el esfuerzo y conocimiento que ha compartido conmigo serán bien aprovechados en mi vida

profesional.

REFERENCIAS

Cárcel, F. **Características de los sistemas TPM y RCM en la ingeniería del mantenimiento.** Valencia, España, 2016.

Flynn, B. B., Schroeder, R. G., Flynn, E. J., Sakakibara, S., & Bates, K. A. **World-class manufacturing project: overview and selected results.** *International Journal of Operations & Production Management*, 1997.

Flynn, B. B., Schroeder, R. G., & Flynn, E. J. **World class manufacturing: an investigation of Hayes and Wheelwright's foundation.** *Journal of operations management*, 17(3), 249-269, 1999.

Harrison, A. **Manufacturing strategy and the concept of world class manufacturing.** *International Journal of Operations & Production Management*, 1998.

Jazayeri, M., & Hopper, T. **Management accounting within world class manufacturing: a case study.** *Management Accounting Research*, 10(3), 263-30, 1999.

Lau, R. S. M. **Strategic flexibility: a new reality for world-class manufacturing.** *SAM Advanced Management Journal*, 61(2), 11, 1996.

New, C. **World-class manufacturing versus strategic trade-offs.** *International Journal of Operations & Production Management*, 1992.

Schonberger, R. J. **World class manufacturing.** Simon and Schuster, 2008.

ÍNDICE REMISSIVO

SÍMBOLOS

5S 62

A

Acidentes 99, 101, 104, 105, 106, 107

Análise bibliométrica 18, 29

Análise comparativa 27

Autonomous 62

Averías 61, 62, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 72

C

Ciclo de produção 19, 21, 27

Confiabilidad 10, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 69

Cost deployment 62

Curvas ABC 46, 47, 48, 49, 60

Custos de estocagem 46, 47

D

Diagnóstico ambiental 18, 19, 21, 27, 28

Disponibilidad 7, 8, 61, 65, 69, 70

E

Educação Matemática 74

Ensino nas Engenharias 74

Ensino remoto 74, 76, 77, 79, 83

Estocagem 31, 36, 37, 41, 44, 46, 47, 51, 53, 59

Expedição 31, 36, 37, 44

F

Focus improvemente 62

G

Gestão de estoques 46

Gestão dos materiais 47

Gestão por processos 31, 32, 43, 44, 45

I

Indústria metalúrgica 18

M

Mantenimiento 61, 64, 65, 66, 69, 70, 71, 72, 73, 91

Mapeamento de processos 30, 32, 33, 34, 43

Meio ambiente 21, 23, 28, 99, 101, 105, 110, 112

Modelo de lote econômico de compra 46

Movimentação 31, 36, 37, 41, 44, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59

Movimentação de itens do estoque 53

N

Normalización 86, 95

O

Organización del trabajo 86

Otimização 33, 46, 47, 59

P

Passagem de fauna elevada 99, 101, 105, 106, 108, 109, 110

People involvement 62

Pilar 61, 62, 63, 65, 66, 67, 90

Prevención de riesgos laborales 86

Procedimientos de trabajo 86

Processo de fundição 19

Productividad 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 63, 65

Producto interno bruto 1, 4

Protecciones individuales 86

R

Recebimento 31, 32, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43

Rodovia 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 108, 110

S

Standardisation 62

T

Taxa de consumo dos itens do estoque 56

Time based management 62

Trabajadores 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16

V

Visual management 62

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Collection:

APPLIED PRODUCTION ENGINEERING 2

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Collection:

APPLIED PRODUCTION ENGINEERING 2