



FORMATO 1

PORTADA EXTERNA

Autor	José Antonio Camargo Flores
Nombre de la tesis	Manejo eficiente de información técnica para minimizar minizar los tiempos muertos en líneas de producción
Año	2022

Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Informática

Título del tema de tesis registrado

Manejo eficiente de información técnica para minimizar los
tiempos muertos en líneas de producción.

Que como parte de los requisitos para
obtener el Grado de

 Maestro en Sistemas de Información: Gestión y Tecnología

Presenta

 José Antonio Camargo Flores

Dirigido por:

 Dr. Alberto Lara Guevara

Querétaro, Qro. a 7 Abril de 2022

- escudo y letras doradas
- pastas duras color negro, tamaño carta



FORMATO 2

PORTADA INTERNA



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Informática
Maestría Sistemas de Información:
 Gestión y Tecnología

Título del tema de tesis registrado

Manejo eficiente de información técnica para minimizar tiempos
muertos en líneas de producción.

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de
Maestro en sistemas de información: Gestion y Tecnología

Presenta

 José Antonio Camargo Flores

Dirigido por:

 Dr. Alberto Lara Guevara

Dr. Alberto Lara Guevara

Presidente

Dr. Ubaldo Chávez Morales

Secretario

Dr. Joaquin Agustín Garcia Rodriguez

Vocal

Mtro. Juan Mauricio Méndez Montelongo

Suplente

Mtro. José Dolores Verde Hernández

Suplente

Centro Universitario, Querétaro, Qro.

Fecha de aprobación por el consejo Universitario (Abril 2022) México.

RESUMEN

Los tiempos muertos de los procesos productivos son de los desperdicios más frecuentes dentro de las organizaciones. El uso de la tecnología es una herramienta para documentar, organizar, estructurar, analizar y estandarizar los procesos para abatir los tiempos muertos. El proceso incluye la selección, adquisición, organización, interpretación, almacenamiento, recuperación y difusión de la información. La eficiencia global de los equipos como indicador muestra los parámetros de disponibilidad, desempeño y calidad. Este proyecto se llevó a cabo en una empresa manufacturera automotriz aplicando el programa Eagle 2012 para registrar la productividad de cada línea de producción y calcular automáticamente la eficiencia global de los equipos. Se identificaron las principales causas del tiempo muerto según registros de 2019. Mediante diagramas de causa-efecto se determinaron acciones orientadas a la mejora de cada proceso. Se aplicó la metodología de los siete pasos para la calidad de Kume recolectando la información como evidencia para cuantificar el problema en cuestión. Se minimizaron los tiempos de respuesta con planes de contingencia y se generó conocimiento para controlar y anticiparse a las fallas de equipo con el fin de minimizar el impacto en los procesos productivos. Se hizo un comparativo del desempeño del año 2019 respecto al 2020 ya con acciones de mejora implementadas. Se incrementó la disponibilidad de equipo en 2020, reflejándose en una mayor eficiencia global de los equipos.

(**Palabras clave:** diagrama de Ishikawa, eficiencia global de los equipos, metodología Kume, tiempos muertos)

SUMMARY

Downtime of production processes is one of the most frequent wastes within organizations. The use of technology is a tool to document, organize, structure, analyze and standardize processes to reduce downtime. The process includes the selection, acquisition, organization, interpretation, storage, retrieval and dissemination of information. The global efficiency of the equipment as an indicator shows the parameters of availability, performance and quality. This project was carried out in an automotive manufacturing company applying the Eagle 2012 program to record the productivity of each production line and automatically calculate the overall efficiency of the equipment. The main causes of downtime were identified according to 2019 records. Through cause-effect diagrams, actions aimed at improving each process were determined. The methodology of the seven steps for the quality of Kume was applied collecting the information as evidences to quantify the problem in question. Response times were minimized with contingency plans and knowledge was generated to control and anticipate equipment failures in order to minimize the impact on production processes. A comparison was made of the performance of 2019 compared to 2020, with improvement actions implemented. Equipment availability increased in 2020, reflecting greater overall equipment efficiency.

(Keywords: Ishikawa diagram, overall equipment efficiency, Kume methodology, downtime)

AGRADECIMIENTOS

A mis Padres, por apoyarme siempre y darme los mejores valores a lo largo de la vida, por darme la orientación para tomar las mejores decisiones y por generar en mí el hábito del estudio y un desarrollo cultural, esto es por ustedes y para ustedes.

Al Dr. Alberto Lara Guevara, por su excelente apoyo, dirección y orientación en el desarrollo de esta tesis, y sobre todo por su paciencia para lograr este objetivo.

A la empresa TRW Sistemas de Direcciones S.A. de C.V. por brindarme la confianza para desarrollar un análisis completo y la obtención de información sensible para la organización, sin duda de vital importancia para el desarrollo de esta investigación.

A la Universidad Autónoma de Querétaro por darme la oportunidad de ser parte de su comunidad, por brindarme las mejores herramientas para aportar en mi carrera profesional y por formarme como un ser humano integral, difusor del conocimiento en beneficio de la sociedad.

A todos, simplemente Gracias.

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	8
1.1 ANTECEDENTES	8
1.2 EMPRESA EN ESTUDIO	12
1.2.1 Eficiencia global de los equipos	15
1.2.2 Situación actual de la empresa en estudio	15
1.2.3 Distribución de las áreas de producción:.....	16
1.2.4 OEE como definición inicial:.....	16
1.2.5 Disponibilidad factor de enfoque:	18
1.2.6 Disponibilidad y clasificación	19
1.2.7 Falla de máquina (equipo):.....	21
1.2.8 Descripción general ante a una falla de equipo (tiempo muerto):.....	22
1.2.9 Caso de estudio Línea 2	23
1.2.10 Análisis estadístico falla de equipo L2 (tiempo muerto):	24
2. OBJETIVOS	28
2.1 OBJETIVO GENERAL:.....	28
2.2 OBJETIVOS PARTICULARES	28
3. METODOLOGÍA	29
3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	30
3.2 OBSERVACIÓN	30
3.3 ANÁLISIS	31
3.4 ACCIÓN	32
3.5 VERIFICACIÓN	33
3.6 ESTANDARIZACIÓN.....	33
3.7 CONCLUSIÓN	34
3.8 TIPOS DE DESPERDICIO GENERADOS EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN.....	35
3.8.1 Sobreproducción.....	35
3.8.2 Espera	36
3.8.3 Transporte	36
3.8.4 Procesos que no agregan valor:	37

3.8.5	<i>Inventarios:</i>	38
3.8.6	<i>Defectos:</i>	39
3.8.7	<i>Exceso de movimiento:</i>	39
3.8.8	<i>Personas subutilizadas:</i>	39
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
4.1	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	41
4.2	OBSERVACIÓN	42
4.3	ANÁLISIS	44
4.4	ACCIÓN	50
4.5	VERIFICACIÓN	52
4.6	ESTANDARIZACIÓN.....	53
4.7	CONCLUSIÓN	53
4.7.1	<i>Interpretaciones</i>	53
4.7.2	<i>Limitaciones</i>	55
5.	REFERENCIAS.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Celdas de producción en ZF TRW Sistemas de direcciones.	16
Tabla 1-2 OEE Por debajo 60% durante 2019.	18
Tabla 1-3 Clasificación disponibilidad 2019.	20
Tabla 1-4 Tiempos muertos registrados clasificados L2.	24
Tabla 1-5 Clasificación falla máquina nivel 2 L2.....	26
Tabla 4-1 OEE reportado durante 2019.	41
Tabla 4-2 Clasificación disponibilidad 2019 análisis.....	45
Tabla 4-3 Comparativo OEE 2019 vs 2020.....	52
Tabla 4-4 Comparativo tiempo muerto falla máquina 2019 vs 2020.	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Puntos de referencia estándar de OEE.....	11
Figura 1-2 OEE 2019 por celda producción.	17
Figura 1-3 Factores OEE.....	19
Figura 1-4 Clasificación disponibilidad 2019.	21
Figura 1-5 Dirección hidráulica VW.	23
Figura 1-6 Tiempos muertos 2019 L2 clasificados.	25
Figura 1-7 Falla máquina nivel 2 L2.	26
Figura 4-1 Clasificación disponibilidad 2019 análisis.	45
Figura 4-2 Clasificación falla máquina 2019.....	46
Figura 4-3 Diagrama causa-efecto falla eléctrica.	48
Figura 4-4 Diagrama causa-efecto falla mecánica.	49
Figura 4-5 Diagrama causa-efecto falla de software.	50
Figura 4-6 Clasificación falla máquina 2020.....	55

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Los tiempos muertos en los procesos productivos son de los desperdicios más frecuentes dentro de las organizaciones, y aunque existen herramientas para su reducción, las organizaciones generalmente no las usan por desconocimiento o por resistencia al cambio. Los tiempos muertos generan altos costos dentro de la operación y provocan que la productividad no sea la esperada; sin embargo, algunas veces estos costos son absorbidos por otras situaciones diferentes al proceso productivo. El desarrollo de tecnología y la inversión que cada organización puede realizar en este rubro a menudo se puede pensar que resolverá todos los problemas en los procesos productivos y que sustituye al análisis y la creatividad del factor humano. Pero se debe tener claro que la tecnología en las organizaciones mejora la competitividad en el mercado, pero debe ser un complemento de todos los procesos documentados, estructurados, analizados y estandarizados. (Rodríguez, 2011).

Muchas empresas reportan que el tiempo muerto es el origen más grande de pérdida de ingreso y de oportunidad de ganancia. Se ha encontrado que muchas empresas operan por debajo de su potencial máximo de ganancia, a menudo debido a una disponibilidad del proceso inadecuada (Emerson Process Management, 2003). Cuando se logra mejorar la disponibilidad se mejora considerablemente el rendimiento financiero de la empresa, incluso las pequeñas mejoras en la disponibilidad pueden producir grandes mejoras en el margen de ganancia. Al mejorar la disponibilidad de una línea de producción, se puede obtener un menor costo general de operación. Esta combinación de margen mejorado y menores costos hace que la disponibilidad sea una poderosa herramienta para mejorar el rendimiento financiero de cada planta. La disponibilidad es un indicador muy popular interpretado como el porcentaje de tiempo de buen funcionamiento de la máquina,

calculado sobre la base de un periodo largo. Otra interpretación la define como la probabilidad para que, en un instante cualquiera, la máquina (reparable) esté en funcionamiento. Se considera que la disponibilidad mecánica debe ser mayor que 90 %. (Prieto Guijarro, 2014).

De acuerdo con Nogal (n.d.), en la actividad industrial, la productividad mejora sólo cuando disminuyen las causas de pérdidas, es decir, cuando se pierde menos tiempo o cuando se hace más producción de calidad (solo las aceptables por el cliente). Entonces, se parte de las premisas: “No se puede mejorar lo que no se puede medir” y “Las pérdidas están presentes en todos los procesos”. Según Nogal (n.d.), la eficiencia global de los equipos u *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) es un indicador porcentual que sirve para medir la eficiencia productiva de las máquinas o equipos. La ventaja del OEE frente a otros índices es que mide, con un único valor, todos los parámetros fundamentales en la producción industrial: la disponibilidad, el desempeño y la calidad, donde:

- Disponibilidad: Cuánto tiempo ha estado funcionando la máquina o equipo respecto al tiempo que quería que estuviera funcionando (quitando el tiempo no planificado)
- Desempeño: Durante el tiempo que ha estado funcionando, cuánto ha fabricado (bueno y malo) respecto de lo que tenía que haber fabricado a tiempo de ciclo ideal.
- Calidad: Es el indicador más conocido por todos. Cuánto se ha fabricado bueno a la primera, respecto del total de la producción realizada. El verdadero reto es entender de los minutos de tiempo muerto reportados por la falla de una máquina o equipo. ¿Cuántos de ellos pudieron haberse evitado? o lograr un menor impacto en el desempeño de la línea gracias a la adopción de una cultura de aplicación de metodologías para la solución de problemas, así como la documentación técnica bien estructurada y organizada para que sea utilizada como herramienta en el análisis de causa raíz y solución de problemas.

De acuerdo con Del Valle, (2006), la documentación es una actividad de comunicación humana, se ocupa de los procesos de transferencia de la información, desde su generación hasta su uso. Estos procesos incluyen la selección, adquisición, organización, interpretación, almacenamiento, recuperación y difusión de información contenida en cualquier tipo de soporte. Información, en este contexto, es todo elemento de conocimiento, cualquiera que sea su nivel o su dominio, susceptible de ser transmitido o hecho público. Se incluyen todos los aspectos de la producción cultural, literaria, científica, técnica, económica, jurídica, etc., cualquiera que sea el medio, el tema o el nivel de especificidad. Toda esta producción, materializada en diferentes soportes físicos y conservados a través del tiempo, constituye el objeto de la documentación que actúa sobre ella para explotarla y ponerla a disposición de cualquier individuo.

El trabajo de la persona que genera documentación, por tanto, es una función de comunicación en un contexto social: Es un intermediario entre el conocimiento registrado acumulado y el individuo, persona o grupo, que requiere información. En un universo saturado de información, el documentalista es el gestor capaz de extraer de ella su significado esencial con el objeto de erigirse como mediador entre los siempre crecientes bancos de información y sus múltiples usuarios.

Según Trout (2018), la OEE es un término utilizado para evaluar qué tan eficientemente se está utilizando la operación de un fabricante. En otras palabras, la OEE le ayuda a percatarse de un problema en sus operaciones, identificar qué porcentaje del tiempo de fabricación es realmente productivo y solucionarlo mientras le brinda una medición estandarizada para rastrear el progreso. El objetivo para medir su OEE es la mejora continua.

OEE proporciona mucha información en un solo número, por lo que hay varias formas en que se utiliza OEE para medir la productividad de fabricación. Cuando se calcula e interpreta correctamente, puede maximizar significativamente

su producción. El mismo Trout (2018) sostiene que la OEE se utiliza como punto de referencia para comparar cualquier producción dada con los estándares de la industria, Los puntos de referencia estándar de OEE son los mostrados en la Figura 1-1.

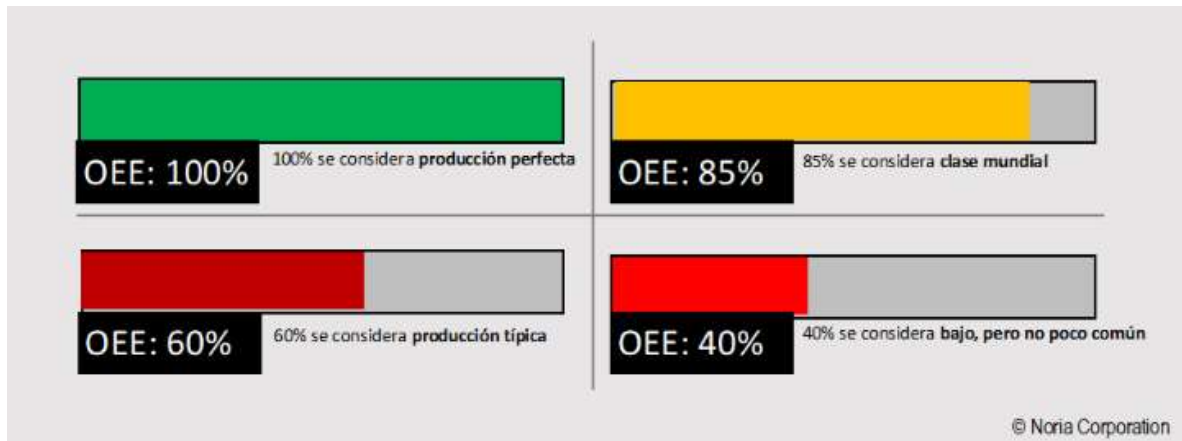


Figura 1-1 Puntos de referencia estándar de OEE.

Fuente: Trout (2018)

- Una puntuación OEE del 100% se considera producción perfecta, lo que significa que sólo se está fabricando piezas de calidad, lo más rápido posible sin tiempo de inactividad.
- Un puntaje OEE del 85% se considera de clase mundial para fabricantes discretos y es un objetivo a largo plazo muy solicitado.
- Un puntaje OEE del 60% es típico de los fabricantes discretos y muestra que hay un margen considerable para mejorar.
- Una puntuación OEE del 40% se considera baja, pero no es inusual para los fabricantes que recién comienzan a rastrear y mejorar el desempeño. En la mayoría de los casos, una puntuación baja se puede mejorar fácilmente a través de medidas simples de aplicar.

En la práctica, el valor de OEE es mucho más bajo de lo esperado. La diferencia entre lo ideal y la realidad es igual a la suma de las pérdidas, y en consecuencia, muestra exactamente dónde se encuentran las posibilidades de mejora, recordando que no se puede mejorar aquello que no se mide (Trout, 2018).

El éxito de la fabricación de clase mundial, es decir, se basa en medir de manera precisa y consistente el rendimiento de las máquinas y de los procesos productivos. Dado que el OEE es una herramienta muy potente para encontrar dónde se encuentran las pérdidas, el proceso de mejora empieza siempre con la medición del OEE.

¿Cuántas empresas están preparadas para atender una falla en sus líneas de producción?, ¿Saben qué equipos o dispositivos críticos hay en estas líneas? ¿Tienen algunos planes de contingencia?, ¿Existe la documentación correcta?, ¿Tienen el control de algunos respaldos o cambios?, ¿Bitácoras? ¿Existe alguna persona con esta responsabilidad? Etc. Es aquí cuando aparece otro factor determinante, la administración de la documentación y la información que se tiene de cada línea de producción para poder reaccionar de manera correcta ante una falla y poder brindar un soporte de calidad, en un tiempo de respuesta adecuado y acorde a lo crítico de cada línea de producción

1.2 Empresa en estudio

Para entender, analizar y aportar elementos en esta investigación acerca de cómo se pueden reducir los tiempos muertos en líneas de producción mediante un eficiente manejo de información técnica, se analiza concretamente el caso de la empresa de manufactura del ramo automotriz ZF TRW Sistemas de Direcciones, empresa de capital americano con sede en el municipio de el Marqués en el Estado de Querétaro. Los reportes generados durante 2018 en el sistema interno de esta empresa utilizaron para medir el desempeño Eagle (2012). Se encontró que, en los procesos de producción actuales, cuando se analizan los tiempos muertos

generados durante el día productivo se encuentran diversos factores como problemas de calidad, falta de suministro de material, cambio de especificaciones, etc., factores que no se van a abordar en esta investigación. Los factores a los que se enfoca este estudio son los que están relacionados con fallas en máquina directamente, fallas que hasta cierto punto son entendibles cuando se trabaja con equipos, dispositivos, computadoras, circuitos, software, programas, etc. Siempre existe el riesgo de que algo no funcione como debería o se dañe por la naturaleza del proceso mismo, ocasionando un tiempo de paro no programado afectando el uso de diversos recursos que la empresa tiene destinados para otro fin.

Según Montes de Oca (2012), TRW es una empresa fundada en el año de 1901 por David Kurtz en la ciudad de Cleveland Ohio E.U.A dedicándose a la fabricación de tornillos para la industria en general. Su nombre originalmente era el de Cleveland Cap Inc. En 1903 Charles Thompson inventó la válvula soldada. Es aquí donde comienza la fabricación de válvulas para la industria automotriz y de la aviación. En el año de 1915, durante la primera guerra mundial, TRW se convirtió en el mayor proveedor de válvulas para la aviación, tanto de los Estados Unidos de Norte América, como de Francia. En 1953 Simon Ramo y Dean Woodridge, dos graduados de ingeniería de la Universidad de California, unieron sus esfuerzos y fundaron The Ramo Woodridge Co. y en 1958 se fusionaron con Thompson y comenzaron un proyecto gigantesco con la fuerza aérea de los E.U.A. en el área de los misiles balísticos intercontinentales, conformando lo que hasta hoy es conocido como TRW Automotive (ZF, n.d.).

De acuerdo con Silva-Méndez (2014), en el año 2014 TRW Automotive firmó un acuerdo definitivo con ZF Friedrichshafen AG por medio del cual, ZF adquirió todas las acciones en circulación de TRW por 105.60 dólares por acción en una transacción en efectivo valorada en aproximadamente 13.5 mil millones de dólares y mediante la cual, TRW se operaría como una división de negocio independiente dentro de ZF. Con esta transacción, nació un gigante mundial enfocado a la proveeduría de autopartes con ventas combinadas de

aproximadamente 30 mil millones de euros (41 mil millones de dólares) y 138,000 empleados. La compañía combinada estaría bien posicionada para capitalizar tendencias favorables en la industria automotriz al ofrecer productos complementarios para atender áreas como la eficiencia del combustible, el aumento de los requisitos de seguridad y la conducción autónoma.

ZF TRW Sistemas de Direcciones es una empresa que llegó al Estado de Querétaro dentro del parque industrial Bernardo Quintana, con dirección en Avenida de las fuentes No.29 en el municipio de el Marqués por medio de un proyecto encabezado por el Ing. Octavio García el día 17 de mayo de 1993 y ha estado operando por más de 20 años en el sector automotriz, dedicándose a los sistemas de direcciones hidráulicas y eléctricamente asistidas para diferentes modelos de autos y camiones, teniendo más de 280 empleados directos en sólo esta planta (Dun & BradStreet, 2011). Cuenta con 10 líneas de producción en serie que representa una fuerte presencia frente a los principales clientes ensambladores de autos como GM, FCA, Ford, VW, Mercedes, Daimler, nacional e internacional.

Las 10 líneas de producción cubren el total del área de manufactura de la empresa ZF TRW Sistemas de Direcciones. Cada línea debe cumplir con un programa de producción basado en la cantidad de recursos que tiene disponible para poder satisfacer la demanda de cada cliente en tiempo y forma. En la industria automotriz es de vital importancia cumplir con los programas de requerimiento de los clientes. Hay una serie de restricciones para poder exigir a cada proveedor la manera y cantidad en que debe hacer llegar cada producto a sus instalaciones. Para fines de esta investigación se debe tener claro que todo el volumen de un producto lo determina la cantidad que se tiene que entregar en el tiempo pactado con el cliente. Ésta es la razón de ser de toda empresa, en grandes conceptos y de manera general (Secretaría de Economía, 2012). Se definen proyectos de inversión basados en un contrato de volumen anual (venta) pactado para poder justificar la inversión y definir recursos como tiempo, dinero, máquinas, mano de obra, materiales, etc. Con el objetivo de fabricar los productos en base a los diseños (dibujos técnicos) de cada

cliente con la mayor calidad y poder cumplir con el margen de venta proyectado. Una vez que se logra realizar la venta es cuando se genera la utilidad para la planta ensambladora. Así, se realiza el pago a cada proveedor que estuvo involucrado en la fabricación de algún componente del vehículo que se está colocando en el mercado.

1.2.1 Eficiencia global de los equipos

Durante los años de operación que lleva ZF TRW Sistemas de Direcciones se han experimentado muchos problemas, por los cuales una línea de producción ve afectada su productividad y deja de trabajar bajo un horario programado, afectando planes de producción, ventas, mano de obra, tiempos ciclo, horas hombre, en fin, un efecto en cadena que termina muchas veces en un problema tan serio que podría ocasionar pérdidas millonarias.

Actualmente en la empresa ZF TRW cuando se presenta una falla en línea de producción el supervisor de línea está capacitado para agotar todos sus recursos de manera local para poder resolver la falla. Si el supervisor no es capaz de resolver el problema y continuar la producción, debe reportar la situación al superintendente de producción y éste debe asignar el caso al departamento de soporte adecuado, dependiendo del origen del problema. Cuando el origen de la falla es completamente máquina, equipo, aplicación, herramienta, dispositivo, etc., cae en los departamentos que por naturaleza son áreas de soporte.

1.2.2 Situación actual de la empresa en estudio

Actualmente en la empresa ZF TRW se cuenta con un programa de computadora Eagle (2012) que registra la productividad de cada línea y calcula de forma automática la OEE. Para efectos de esta investigación no se definen los detalles acerca de estos cálculos, basta con entender que el programa está diseñado y programado para que, en base a cierta información de entrada referente a los tiempos de operación como tiempos muertos, paros programados, horas productivas, días feriados, horarios de descanso, comidas, etc. se pueda cuantificar los minutos que una línea deja de producir y las causas por las cuales sucede.

1.2.3 Distribución de las áreas de producción:

Actualmente en la empresa ZF TRW se tiene definida el área productiva en diez celdas de manufactura que se muestran en la Tabla 1-1.

Tabla 1-1 Celdas de producción en ZF TRW Sistemas de direcciones.

Fuente: Elaboración propia.

No.	Área Producción	Identificador	Producto	Categoría	Principal Cliente
1	Válvulas	Celda de Válvulas	Barras Torsión	Sistema Hidráulico	VW, NISSAN, FIAT
2	Columnas	ColumnDrive	Columnas Dirección	Sistema Electrico	FIAT
3	Celda Servicio	CS	Refacciones	Sistema Hidráulico	NISSAN
4	Camiones	FIG	Direcciones Camiones	Sistema Hidráulico	NAVISTAR
5	Columnas Globales	GC	Direcciones Camiones	Sistema Hidráulico	MERCEDES
6	Línea 2	L2	Direcciones Autos	Sistema Hidráulico	VW
7	Línea 3	L3	Direcciones Autos	Sistema Hidráulico	FIAT
8	Línea 4	L4	Direcciones Autos	Sistema Hidráulico	NISSAN
9	EPS	L-EPS	Direcciones Autos	Sistema Electrico	FORD
10	Remanufactura	Remanufactura	Direcciones Autos	Sistema Hidráulico	FORD

1.2.4 OEE como definición inicial:

De acuerdo al sistema OEE Analyzer (Eagle, 2012), se encontró que en el año 2019 (enero-diciembre) en ZF TRW Sistemas de Direcciones celdas de producción que reportaron un OEE entre el 40% y el 60% que según Trout (2018) significa:

- Un puntaje OEE del 60% es típico de los fabricantes discretos y muestra que hay un margen considerable para mejorar.
- Una puntuación OEE del 40% se considera baja, pero no es inusual para los fabricantes que recién comienzan a rastrear y mejorar el desempeño. En la mayoría de los casos, una puntuación baja se puede mejorar fácilmente a través de medidas simples de aplicar.
- Un puntaje OEE del 85% se considera de clase mundial para fabricantes discretos y es un objetivo a largo plazo muy solicitado.

En la Figura 1-2 se observa que las barras en color verde indican el porcentaje de OEE que fue calculado por el sistema de manera automática en base a la información capturada durante el año 2019.

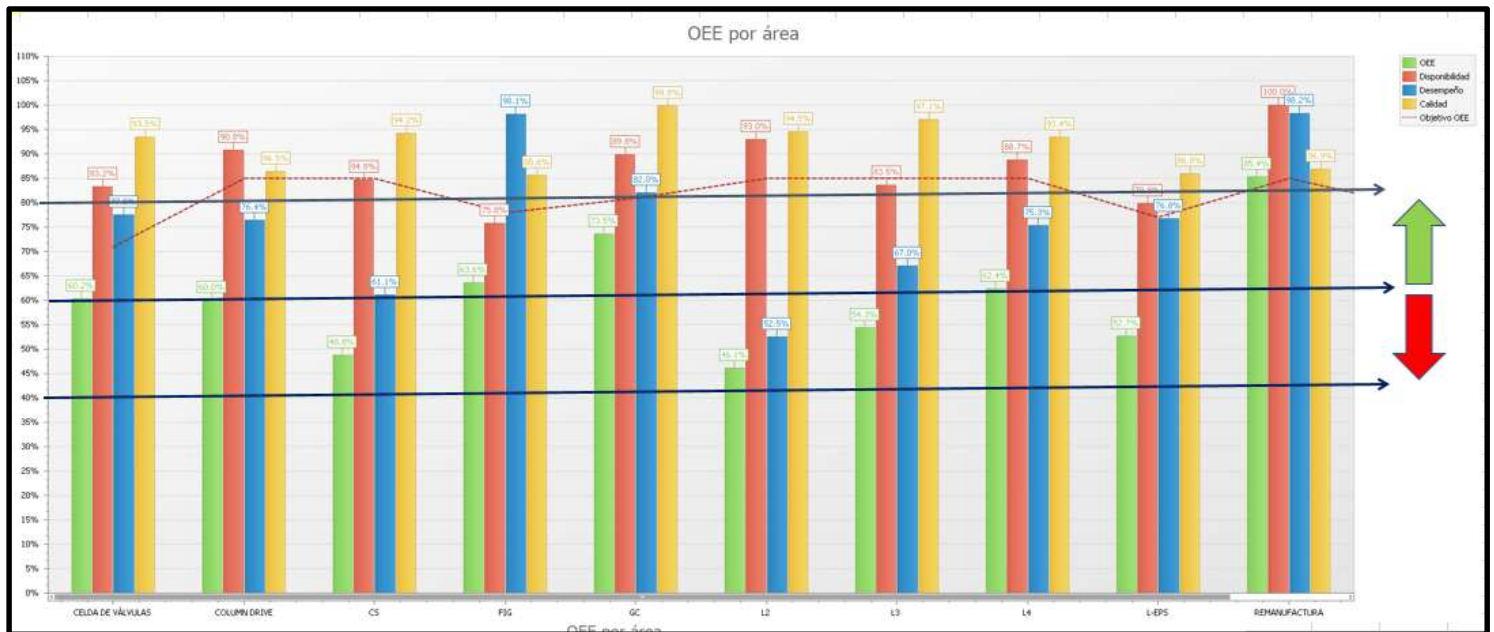


Figura 1-2 OEE 2019 por celda producción.

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 1-2 muestra que las celdas de producción con el porcentaje más bajo de OEE se registró para las celdas: CS, L2, L3, L-EPS y sólo la celda remanufactura en un nivel aceptable.

Tabla 1-2 OEE Por debajo 60% durante 2019.

Fuente: Elaboración propia

No.	Área Producción	Identificador	OEE 2019
1	Válvulas	Celda de Válvulas	60.20%
2	Columnas	ColumnDrive	60.00%
3	Celda Servicio	CS	48.80%
4	Camiones	FIG	63.06%
5	Columnas Globales	GC	73.50%
6	Línea 2	L2	46.10%
7	Línea 3	L3	54.30%
8	Línea 4	L4	62.40%
9	EPS	L-EPS	52.70%
10	Remanufactura	Remanufactura	85.40%

Por definición, el valor OEE es el único que se obtiene de la multiplicación de tres factores disponibilidad, desempeño y calidad (Sistemas OEE, 2019) que son las barras adicionales que aparecieron en el Figura 1.2.

1.2.5 Disponibilidad factor de enfoque:

La disponibilidad es uno de los factores que componen la OEE mostrados en la Figura 1-3. Los factores rendimiento (desempeño) y calidad están fuera del alcance de esta investigación. La disponibilidad, de acuerdo con Sistemas OEE (2019), se define como el cociente del tiempo productivo, entre el tiempo disponible, para un periodo de producción determinado. Se ve afectada por las paradas (tiempo muerto) que se producen en el proceso de fabricación, por ejemplo: arranques de máquinas, cambios, averías y esperas.

En la Figura 1-3 se muestran en un círculo rojo los factores que se reflejan en tiempo muerto (paradas) haciendo deficiente un proceso y consumiendo tiempo disponible que ocasiona una OEE baja.

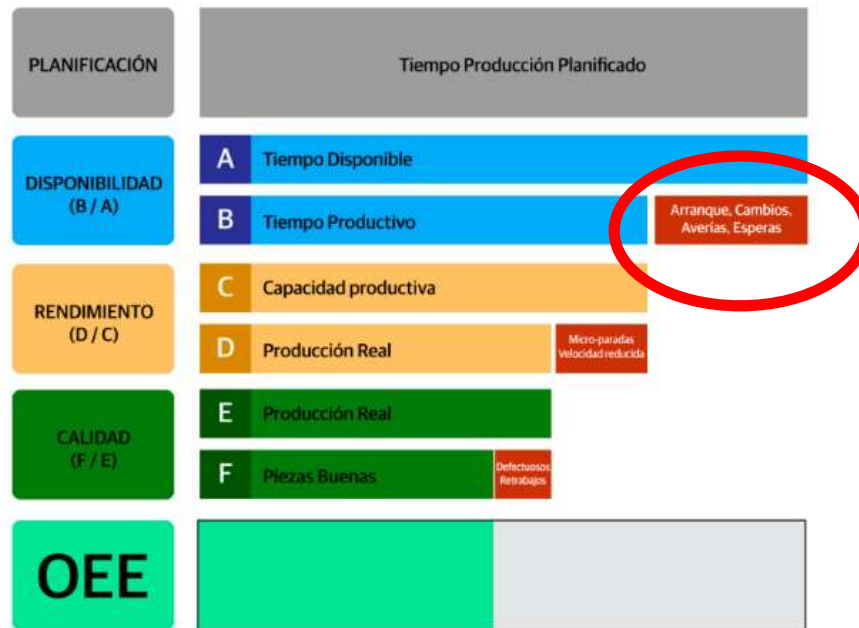


Figura 1-3 Factores OEE.

Fuente: elaboración propia en base a Sistemas OEE (2019)

1.2.6 Disponibilidad y clasificación

Definido el factor de disponibilidad en el análisis del valor OEE para la empresa ZF TRW Sistemas de direcciones se enfocó el estudio en definir las principales causas del tiempo muerto en la Tabla 1-3. Según registros durante el 2019, con la clasificación del sistema (software) interno OEE Analyzer Eagle (2012) se obtuvo

Tabla 1-3 Clasificación disponibilidad 2019.

Fuente: Elaboración propia en base a Eagle (2012)

No.	Clasificación	Disponibilidad	%
1	Falla Máquina	91.86%	
2	Mantenimiento	97.50%	
3	Falta Material	98.59%	
4	Cambio Modelo	98.78%	
5	Ajustes-Verificación	99.00%	
6	Paros de Contrato	99.03%	
7	Ingeniería	99.17%	
8	Calidad	99.41%	
9	Falla Herramental	99.44%	
10	Producción	99.54%	
11	Material Planeación	99.54%	
12	Problema Flujo Operación	99.72%	
13	Falta de Personal	99.73%	
14	Producto No Conforme	99.78%	
15	Arranque	99.84%	
16	Sistemas (IT)	99.89%	
17	Días Feriados	99.91%	
18	Falta Herramienta	99.92%	
19	Compras	99.94%	
20	Paros Aleatorios	99.95%	
20	Mejoras	99.96%	

En la Figura 1-4 se observa claramente que el factor con menos disponibilidad es falla de máquina. Se consideró un máximo de 100% en la disponibilidad de cada clasificación y este rubro apenas superó el 90% de disponibilidad en el tiempo total productivo. Parecería un factor no tan crítico tener un 90% de disponibilidad, pero perder el 10% del tiempo productivo en fallas se traduce en pérdidas millonarias.

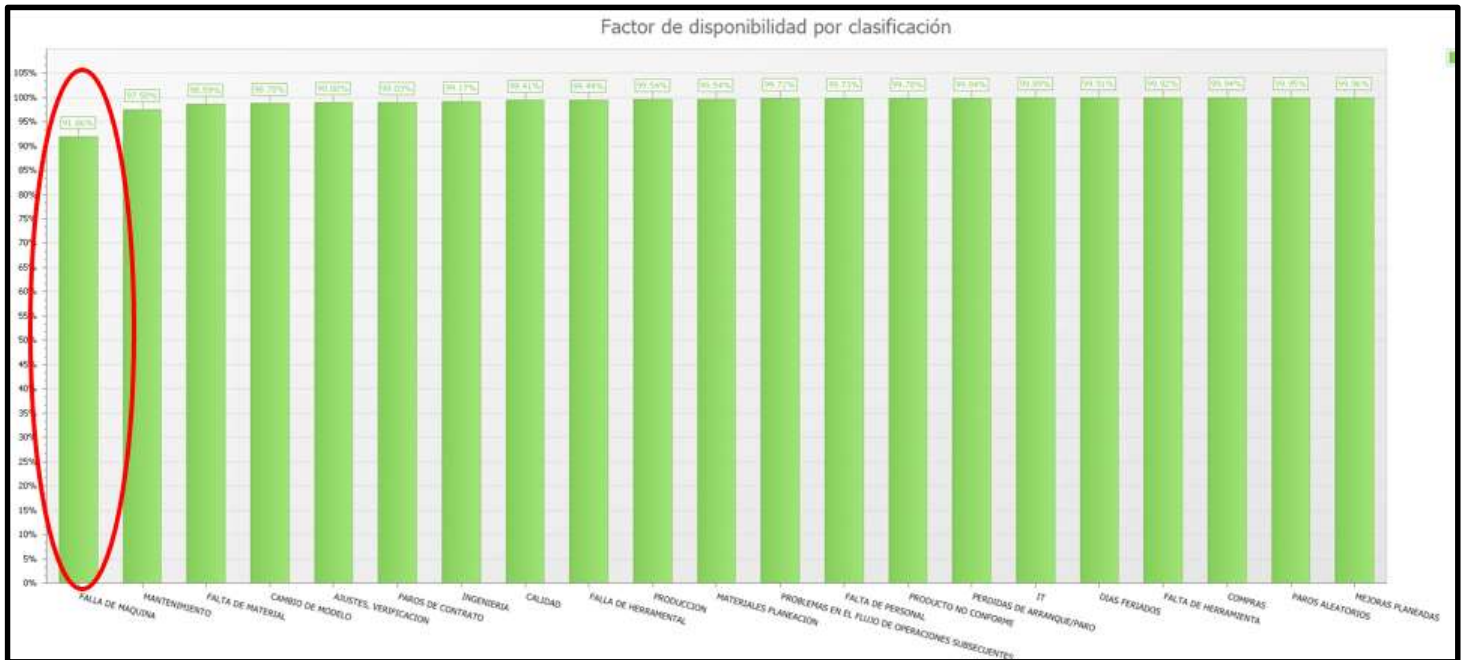


Figura 1-4 Clasificación disponibilidad 2019.

Fuente: Elaboración propia en base a Eagle (2012)

Una falla es la causa u evento que lleva a la falta de disponibilidad de la capacidad de un equipo (maquinaria) para realizar su función adecuadamente o para dejar de realizarla en su totalidad. Un elemento sujeto a una falla muestra propiedades que cambian gradualmente de un valor inicial a un límite fatal (Sánchez, 2005).

1.2.7 Falla de máquina (equipo):

Para la empresa ZF TRW Sistemas de direcciones es de vital importancia empezar a analizar y entender las fallas de equipo recurrentes en sus procesos productivos. Es evidente que los datos proporcionados por Eagle (2012) revelan que una área de oportunidad está en incrementar la disponibilidad y empezar a plantear estrategias para poder disminuir estas fallas recurrentes.

El resto de las clasificaciones de los factores que afectan la disponibilidad son importantes, pero muchos de ellos suelen ser más complejos y dependientes de factores externos, incluso muchos dependen de condiciones o fenómenos naturales que son impredecibles, el factor de riesgo siempre estará presente en ellos.

Enfocarse a las fallas de equipo recurrente, minimizar tiempos de respuesta, optimizar planes de contingencia, generar conocimiento en base a la experiencia, desarrollar metodologías y documentación con ayuda de tecnología muchas veces no implica necesariamente gran inversión, permite controlar y anticipar fallas de equipo que minimicen el impacto en los procesos productivos y se logre un incremento de disponibilidad de equipo que se vea reflejado en un porcentaje mayor de OEE junto con la calidad y el desempeño haciendo procesos eficientes y rentables para lograr el propósito de toda organización, generar utilidad y capital financiero.

1.2.8 Descripción general ante a una falla de equipo (tiempo muerto):

En ZF TRW Sistemas de Direcciones, cuando una falla se presenta en una línea de producción el supervisor de línea está capacitado para agotar todos sus recursos de manera local para poder resolverla. Si el supervisor no es capaz de continuar la producción, debe reportar esta falla al superintendente de producción y éste debe asignar el caso al departamento de soporte adecuado dependiendo del origen de la falla. Cuando el origen de la falla es máquina, equipo, aplicación, herramienta, dispositivo, etc. corresponde al departamento de mantenimiento o sistemas, que es normalmente donde la mayoría de las fallas por equipo (máquina) terminan.

Hasta el día de hoy en ZF TRW Sistemas de Direcciones no hay un control acerca de esta documentación, no hay un lugar donde se concentre toda esta información y mucho menos alguna metodología para organizarla. Cuando llegan los proyectos cada ingeniero responsable de la implementación está preocupado por sacar el proyecto adelante pero nunca hay tiempo para analizar y entender los

riesgos que se están generando por no tener una correcta documentación, tampoco se evalúan los riesgos potenciales al no tener un plan de contingencia ante una futura falla, tampoco se identifican equipos críticos y mucho menos se preocupan por generar respaldos o planes de recuperación que seguramente se necesitarán durante la vida del proyecto.

1.2.9 Caso de estudio Línea 2

En base a la Tabla 1-3, se determinó seleccionar la línea 2 de manufactura de la empresa TRW Sistemas de direcciones como un caso de estudio, ya que dicha línea muestra un valor OEE de 46.10% que está muy por debajo de un nivel aceptable de acuerdo a Trout (2018).

La línea 2, es una línea de producción en serie que consta de casi 20 estaciones de trabajo, en la cual se ensambla el producto denominado dirección hidráulica para autos de la marca Volkswagen (VW) para algunas plataformas en el mercado, la cual se muestra en la Figura 1-5.



Figura 1-5 Dirección hidráulica VW.

Fuente: Grupo Fuentes Automotriz (2018)

1.2.10 Análisis estadístico falla de equipo L2 (tiempo muerto):

Para lograr entender el análisis propuesto, se ha determinado utilizar el sistema (software) interno OEE Analyzer Eagle (2012) de la empresa TRW Sistemas de Direcciones para obtener una primera clasificación de tiempos muertos registrados durante el 2019 para el caso de estudio L2 que se muestra en la Tabla 1-4 y que se ilustra en la Figura 1-6.

Tabla 1-4 Tiempos muertos registrados clasificados L2.

Fuente: Elaboración propia en base a Eagle (2012)

No.	Área Producción	Minutos	2019
1	Falla Máquina	3684	37.00%
2	Cambio Modelo	2036	20.50%
3	Ingeniería	1668	16.80%
4	Falta Material	1210	12.20%
5	Ajustes, Verificación	465	4.70%
6	Falla Herramental	358	3.60%
7	Pérdidas Arranque	225	2.30%
8	Falta Herramienta	211	2.10%
9	Producto No Conform	55	0.50%
10	Problemas Flujo	42	0.30%
	Total	9954	100.00%

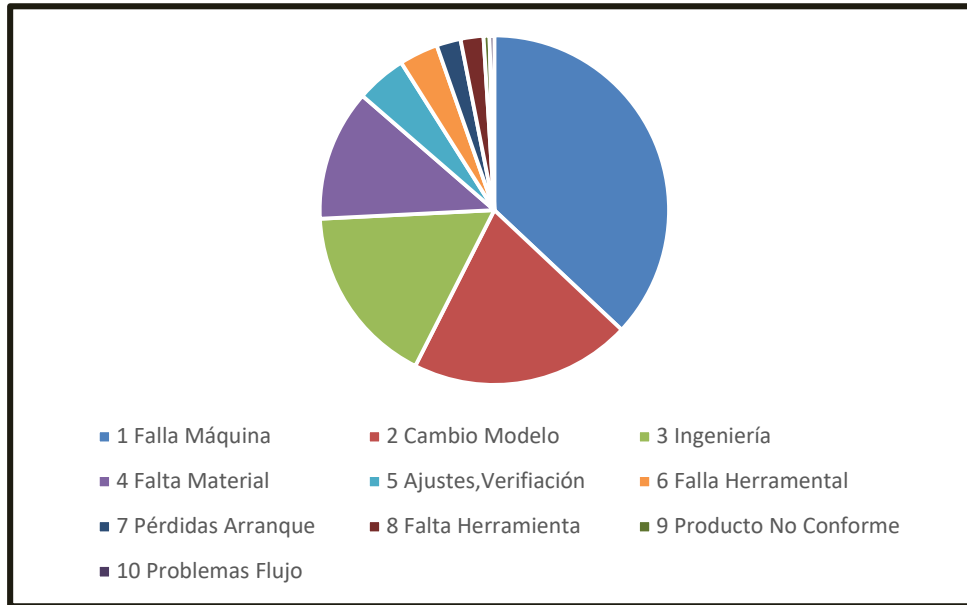


Figura 1-6 Tiempos muertos 2019 L2 clasificados.

Fuente: Elaboración propia en base a Eagle (2012)

En esta primera clasificación se observa que el mayor contribuidor con la cantidad de 3684 minutos de tiempo muerto para la línea de manufactura L2 es el concepto falla máquina representando un 37% del total del tiempo muerto registrado.

Sin perder el enfoque de esta investigación, el concepto falla máquina afecta directamente el valor OEE en su concepto de disponibilidad donde el tiempo productivo del equipo se reduce por las fallas del equipo en el tiempo total disponible (Belohlavek, 2018). Sin embargo, en una clasificación a segundo nivel, las fallas de máquina se deben clasificar para entender de estos 3684 minutos de tiempo muerto cuáles han sido las fallas de máquina de mayor impacto y poder tomar medidas de acción, como se muestra en la Tabla 1.5 y en la Figura 1.7.

Tabla 1-5 Clasificación falla máquina nivel 2 L2.

Fuente: Elaboración propia en base a Eagle (2012)

No.	Falla Máquina	Minutos	2019
1	Falla Eléctrica	1336	36.26
2	Falla Mecánica	743	20.17
3	Falla Escáner	462	12.54
4	Sensor	336	9.12
5	Cable Dañado	200	5.43
6	Ajustes Rechazos	178	4.83
7	Celda Carga	137	3.72
8	Falla Flujo Aceite	111	3.01
9	Falla Neumática	95	2.58
10	Falla Hidráulica	60	1.63
11	Otros	26	0.71
	Total	3684	100.00

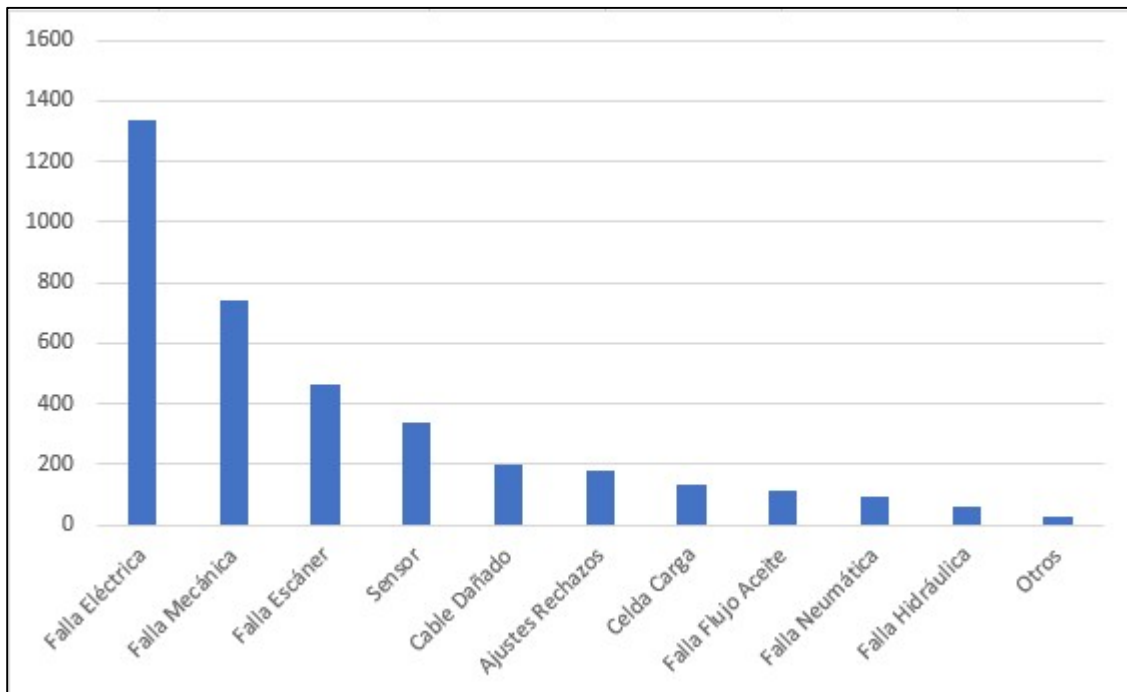


Figura 1-7 Falla máquina nivel 2 L2.

Fuente: Elaboración propia en base a Eagle (2012)

Para este análisis de segundo nivel por falla de máquina, en el caso de estudio propuesto para la línea 2 de manufactura de la empresa TRW Sistemas de direcciones, se observa claramente que en el tiempo total registrado como falla máquina durante el periodo 2019 falla eléctrica, falla mecánica y falla escáner son los principales contribuidores con un 36.26%, 20.17% y 12.54% respectivamente (Eagle, 2012).

Falla eléctrica con un 36.26% de esta clasificación representa un total de 1336 minutos de tiempo no productivo respecto al tiempo planeado que debió realmente ser tiempo productivo para la línea 2 de manufactura, ¿Realmente se podrá considerar un contribuidor importante para efectos de este caso de estudio?, ¿Es aquí realmente donde se deben enfocar los esfuerzos y el análisis por mejorar algo al respecto?

Resultaron 1336 minutos de pérdida que podrían no significar algo tangible para la organización TRW Sistemas de Direcciones, pero esos 1336 minutos equivalen a 22.26 horas. Si cada turno de producción para esta línea es de 7.5 horas (efectivo), significa que 2.9 turnos (casi 3) durante el 2019 se tuvo todos los recursos disponibles y la inversión lista para generar piezas vendibles para el cliente y por fallas eléctrica reportadas (acumuladas) no se pudo producir y se dejó de generar utilidad tangible para la organización.

Definir las causas que originaron estos 1336 minutos es una tarea realmente importante pero mucho más importante documentarlas, planear la forma de reaccionar, generar experiencia y conocimiento para simplemente no repetir las, pequeñas acciones, mejoras, inversiones al proceso pueden representar una reducción de tiempo muerto y un mayor margen de utilidad.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general:

Administrar eficazmente la documentación técnica de una línea de producción en la empresa ZF TRW Sistemas de Direcciones, minimizando tiempos de paro por una mala ejecución de procedimientos alternos ante una contingencia.

2.2 Objetivos particulares

Listar las causas por las cuales se han registrado los mayores tiempos de paro en líneas de producción en la empresa ZF TRW Sistemas de Direcciones durante el año 2019.

Revisar e identificar las causas de los problemas más graves (mayor tiempo) y las acciones que se implementaron para resolver la contingencia, así como lo que se hizo bien y qué se puede mejorar durante los siguientes años.

Reportar qué representan estos tiempos muertos en el 2019 para la empresa ZF TRW Sistemas de Direcciones, ante un paro de línea prolongado en términos generales y financieros.

3. METODOLOGÍA

La metodología de los siete pasos para la calidad, de acuerdo con Kume (1992) permite recolectar la información que sirve de evidencia para cuantificar el problema en cuestión.

La representación gráfica de la distribución de un conjunto de datos, así mismo, proporciona pistas sobre la distribución de probabilidad del proceso de donde se tomó la muestra y es una herramienta muy útil de comunicación visual (López, 2009).

Según Rodríguez (2011), el creador de esta metodología es Hitoshi Kume y consta de siete pasos cuyas denominaciones son propias de dicha metodología, los cuales son:

1. Definición del problema
2. Observación
3. Análisis
4. Acción
5. Verificación
6. Estandarización
7. Conclusión

3.1 Definición del problema

Se está rodeado de innumerables problemas, grandes, pequeños. Disponiendo de poco personal, tiempo y dinero, hay que fijar prioridades para seleccionar problemas. Hay que utilizar la mayor cantidad posible de datos para identificar el problema. Cuando se seleccione un problema entre varios como tema, se debe estar seguro de las razones que avalan la elección (Sampieri, 2001).

Algunos problemas se seleccionan de acuerdo con sus antecedentes o por la trayectoria que han tenido en el presente. En estos casos, se debe identificar claramente cuál es el más importante. Aquí también hay que usar la mayor cantidad de datos posible.

Para lograr entender el análisis propuesto, se ha determinado utilizar el sistema (software) interno OEE Analyzer Eagle (2012) de la empresa TRW Sistemas de Direcciones para obtener una primera clasificación de tiempos muertos registrados durante el 2019 para el caso de estudio L2

3.2 Observación

El objetivo de la observación es descubrir los factores que son las causas del problema. La misma información puede utilizarse a veces para dos pasos distintos, pero se le utiliza para diferentes propósitos. Los investigadores policiales y los detectives privados experimentados siempre usan la misma técnica: antes de hacer cualquier cosa, investigan a fondo el lugar del crimen. Obtienen pistas sobre cuales basar su persecución del criminal y gradualmente, estrechan el lazo alrededor del sospechoso. Si el investigador no evalúa fehacientemente el lugar donde se cometió el crimen antes de empezar la búsqueda, no solamente dejará de hallar al culpable, sino que puede terminar arresando a una persona totalmente inocente. Esto también es válido para la solución de problemas (Kano, 1991)

Independientemente de cuál sea el problema, la investigación debe realizarse, según sus características, desde varios puntos de vista. Cuanto mayor sea la variación de resultados descubiertos, mejor. En términos generales, la solución del problema debería ser con base en datos. Toda la información que no se base en éstos, es decir, que provenga de la memoria o imaginación, puede usarse únicamente como referencia. Sin embargo, la información que no se puede obtener de los datos, desempeña en ocasiones, un papel importante en la solución de los problemas. Si fuera posible, quienes trabajan en la investigación deberían estar en el lugar del problema. Así pueden observar y obtener información, que no puede ser puesta en forma de datos. Este tipo de información que hace las funciones de un catalizador en una reacción química, proporciona nuevas pistas durante el proceso de ponderación del problema (Fukui et al., 2003).

3.3 Análisis

Este paso se divide en dos partes, la primera es establecer la hipótesis y la segunda es verificar la misma. El fundamento de estos pasos es que, en la historia del control de calidad, las causas se deben determinar científicamente. En muchos casos la causa de un problema se define, ya sea mediante discusiones entre los involucrados en su solución, o por la decisión arbitraria de una persona (Akao, 2001)

Para establecer las hipótesis, el diagrama causa efecto es útil. Todos los elementos en él son causas hipotéticas del problema y debe contener elementos que, en definitiva, serán identificados como causas principales (Waller, 2011).

3.4 Acción

Hay dos tipos de medidas. Una es la destinada a solucionar fenómeno (resultado), mientras que la otra acción conduce a evitar la causa que provoca la repetición del resultado. Si se elabora un producto defectuoso, se repara, pero aún teniendo éxito en esto último, dicha reparación no evitará que el defecto reaparezca. La manera ideal de solucionar un problema, es evitar que éste se reitere, y esto se logrará adoptando acciones correctivas para eliminar tal problema. No se deben confundir estos dos tipos de acción. Siempre hay que adoptar procedimientos para eliminar las causas (Steiner, 2009).

Las medidas a menudo provocan otros problemas. Se asemejan a un tratamiento médico que cura una enfermedad, pero produce efectos colaterales que le provocan una dolencia. Para evitar estos efectos secundarios, la acción a adoptarse debe ser analizada y evaluada a fondo desde todos los ángulos.

Un punto importante a tener en cuenta en la selección de las medidas es si se logrará la cooperación de todos aquellos involucrados. Una medida para despejar un factor causal, significará cambios en la rutina laboral. Debe ser una medida con la que todos estén de acuerdo. Si existen muchas posibles acciones correctivas, se deben analizar las ventajas y desventajas de cada una, desde el punto de vista de las personas involucradas. Si hubiera varias soluciones factibles que satisfagan igualmente las condiciones técnicas y económicas, la decisión final debería adoptarse sobre una base democrática (Kume, 1992).

3.5 Verificación

En el paso de verificación se presentó la cuestión ¿Hasta qué punto se ha prevenido la repetición? Los datos que se usan para controlar la eficiencia de las medidas son datos tomados antes y después de que las mismas hayan sido implementadas. En este mismo paso se ha llevado a cabo una comparación para determinar hasta qué grado se han reducido los defectos indeseables. El formato usado en la misma (tablas, gráficos, diagramas) debe ser el mismo para antes y después de haber adoptado las medidas de acción (Dean, 2011).

3.6 Estandarización

Las acciones correctivas se deben estandarizar para evitar que el problema se repita permanentemente. Hay dos razones principales para ello: La primera es que, sin estos estándares, las medidas tomadas para solucionar un problema se revertirán gradualmente a los antiguos patrones y esto conducirá a una reiteración del problema. La segunda es que, sin normas claras, el problema seguramente se repetirá cuando el trabajo sea efectuado por personal inexperto (empleados nuevos, recién transferidos o temporarios). La normalización no se logrará por simples documentos; debe convertirse en parte integral de los pensamientos y hábitos de todo el equipo de trabajo. Se necesita educación y entrenamiento para adquirir los conocimientos y la tecnología necesaria para implementar dichos estándares.

La estandarización es otra forma de expresar las seis preguntas (quién, cuándo, dónde, qué, porqué, cómo) para procedimientos de trabajo. En algunas ocasiones con sólo mostrar el cómo se obtiene un estándar y también puede ser considerado satisfactorio si se han obtenido las respuestas a cinco de las preguntas excepto a "cómo". El método para ejecutar un trabajo se comprende bien sin el "por qué" pero éste es indispensable para quién debe efectuar el trabajo. Aparte de los estándares, hay muchos otros métodos para hacer un trabajo y obtener buenos resultados. Por consiguiente, es muy probable que el operario vaya a usar un método no estandarizado si no entiende el "por qué" de utilizar uno estándar. Es por

eso que se debe incluir un “por qué” es un estándar. Una vez que el personal ha entendido el “por qué”, aplicará los estándares. (Zurita, 2019)

La falta de adecuada preparación y comunicación es una de las razones principales de confusión cuando se implementan estándares. Su puesta en práctica provoca cambios en la forma de trabajar y da lugar a confusión originando errores triviales y, algunas veces, se presentan problemas, especialmente en aquellos lugares en donde se ha establecido una división de trabajo, si un sector está trabajando de acuerdo al nuevo método y otra área sigue usando el antiguo.

Para lograr una adhesión a los estándares, a menudo es necesario desarrollar educación y entrenamiento. Si una empresa descuida estos detalles, independientemente de cuán eficientes sean las normas, éstas no se cumplirán en forma debida y no se podrá evitar que los problemas se reiteren. (Imai, 2016).

A veces se soluciona un problema y éste reaparece más adelante. Ello se debe principalmente a que, al principio, se observaron las normas, pero después cayeron en el olvido. Se debe designar a una persona para que se responsabilice de controlar la estricta adhesión a los estándares, evitando así la repetición de los problemas.

3.7 Conclusión

Prácticamente nunca se soluciona un problema a la perfección y la situación ideal casi nunca existe. No es bueno pretender alcanzar la perfección o continuar sobre el mismo tema mucho tiempo. Cuando se llegó al límite de tiempo originalmente fijado, es importante delimitar las actividades. Aunque no se haya logrado el objetivo, se debe hacer una lista de cuánto se ha progresado y qué es lo que no se ha logrado (Charrier & Ritter, 2005).

Por último, se debe reflexionar sobre las actividades de solución de problemas en sí mismas. Esto será una ayuda para elevar la calidad de las próximas actividades de mejoramiento. Siempre hay una diferencia entre la actividad

realmente llevada a cabo y lo que intelectualmente se piensa que se logró y esas brechas tienen que ser cubiertas una por una. Esta revisión se debe hacer aun cuando el problema haya sido satisfactoriamente resuelto, pero este “análisis mental” debe efectuarse con esmero si el plazo ya está vencido y el problema todavía no está solucionado.

3.8 Tipos de desperdicio generados en línea de producción

Por otro lado, es importante considerar las situaciones y actividades que generan desperdicios dentro un proceso de manufactura y que son factores importantes para el aumento o disminución de la productividad de la organización.

A continuación se explicaran brevemente algunas de las situaciones consideradas probables desperdicios en las líneas de producción de acuerdo con Marmolejo (2020):

3.8.1 Sobreproducción

Cuando se tiene la capacidad, se tiende a producir más de lo que los clientes demandan. Esto hace que grandes cantidades de materias primas y mano de obra sean transformadas en algo que no se vende en una cantidad conveniente de tiempo, mientras que se reduce o retrasa el retorno de inversión, por ejemplo:

- Cuando en una línea de producción se genera un volumen mayor a lo solicitado por el cliente porque el inventario señalado en el sistema parece insuficiente. No se sabe exactamente si el material se encuentra físicamente, así que se pide más para tener un margen de seguridad por si es confiable o no lo indicado en el sistema.
- Cuando los planeadores generan un pedido con un volumen de producción mayor con respecto al solicitado por el cliente por la “suposición” de que el cliente pedirá más en los próximos periodos, pero no siempre ocurre así.
- Cuando un producto que se está ensamblando no consume el total de los materiales disponibles, así que se decide producir más para “aprovechar” y

tener producto por si el cliente necesita más producto. Muchas veces la producción de este número de parte sólo tiene una corrida de existencia.

3.8.2 Espera

Esperar nunca es un buen uso del tiempo, puede ser tiempo-máquina por alguna falla recurrente o tiempo- labor. Esto normalmente se causa por cargas de trabajo, o capacidades de la estación, desequilibrados, etc.

- Cuando el área de almacén de producto terminado no puede surtir hasta que el área de servicio a clientes empieza a bajar las facturas al almacén para surtirlos, mientras el almacén está totalmente pasivo, en espera de instrucciones.
- Cuando existe una falla recurrente en el proceso y no se busca la causa raíz del problema, solo soluciones temporales que desencadenan tiempos muertos cortos que en conjunto hacen tiempo de espera prolongado afectando el tiempo disponible productivo de toda la línea de producción.
- Cuando no se lleva el material o se lleva un material incorrecto para poder empezar la producción, cuando no están bien definidos los programas de producción por modelo, demanda, disponibilidad de material, se generan tiempos de espera en lo que se analiza qué se tiene disponible para correr en el día.

3.8.3 Transporte

Las distancias entre las operaciones subsecuentes pueden ser muy costosas, las distancias normalmente son el resultado de cambios en los procesos o pueden ser errores originales del plano de distribución de la planta. También se refiere al movimiento de materiales, de partes o productos terminados en un almacén o entre los procesos *work in process* (WIP).

- Cuando el almacenista de materia prima tiene que recorrer toda la planta para dejar material a las estaciones que utilizan más materia prima de lo normal debido a su velocidad, pero el montacargas tiene que dar varias

vueltas debido a que no puede dejar todo el material a utilizar por falta de espacio para maniobrar, así que tiene que hacer más recorridos para surtir lo requerido.

- Cuando no se cuenta con un flujo correcto de operación, el proceso se vuelve complejo y con exceso de movimientos en ir de una estación a otra, haciendo un transporte de producto innecesario y que no agrega valor a lo que se está manufacturando.
- Cuando el producto terminado pasa de un almacén a otro solo para ser fletado, empacado, etiquetado, facturado, etc. Entre más directo sea el proceso en línea se reduce el transporte y los recursos que implica el colocar el producto con el cliente, para generar el retorno de inversión.

3.8.4 Procesos que no agregan valor:

Se refiere a todas aquellas actividades que no son necesarias para cumplir con los requerimientos que espera el cliente, que quizá si se omiten no tenga una consecuencia en el producto final.

- Cuando el producto se empaca en cajas de doble corrugado solo para al final ponerlo en su empaque final.
- Caso contrario, cuando son materiales delicados empacados en cajas de un corrugado y serán servicio de paquetería y que el material pasará por varias estaciones.
- Generar una rutina de limpieza en proceso cuando al final lleva una inspección final y se revisa que el producto vaya con toda la calidad.
- Hacer o marcar puntos de inspección durante el proceso de manufactura debido a un doble aseguramiento de calidad, sólo para evitar errores en estaciones posteriores.

3.8.5 Inventarios:

Tener más materia prima, productos semi procesados, o productos terminados que lo necesario para cubrir la demanda, el WIP es especialmente inconveniente, crea distancias que no se necesitan, bloquea materiales que probablemente se podrían usar en algo que si se requiere.

- Cuando el área de compras pide un material que no se va a utilizar, pero que lo compró porqué le hizo un “buen descuento” y lo convenció de comprarlo con el argumento de quizá después iba a ser más caro conseguirlo y se almacena para su uso futuro.
- Cuando se almacena material que ya es obsoleto y que durante un cambio de modelo y debido a una mala planeación no se utilizó en tiempo y forma. Este material se queda almacenado sin saber que podrá utilizarse en un futuro.
- Cuando no se respeta el sistema de logística de primeras entradas, primeras salidas *first in, first out* (FIFO). Se deja material que ingresa al almacén por más tiempo del que debería estar.
- No se define un correcto análisis para el control de mínimos y máximos para cada número de parte. Se debe tener solo lo que se requiere y de acuerdo a las demandas de cada cliente.

3.8.6 Defectos:

Se necesita evaluar los costos de los defectos, ya que crean pérdidas que pueden ser ignoradas. Regularmente son causados por falta de entrenamiento o conocimiento, se internan en el ciclo de la producción y frecuentemente se descubren cuando es demasiado tarde.

- Cuando el producto es rechazado por el cliente debido a una medida fuera de especificación.
- Cuando el cliente reporta una falla en el producto o algún error durante sus pruebas.
- Cuando el producto lleva algún material equivocado u obsoleto de acuerdo a los últimos requerimientos del cliente.

3.8.7 Exceso de movimiento:

Cuando las personas en el proceso necesitan recorrer distancias y desperdician tiempo para conseguir lo que necesitan para hacer su trabajo. Puede ser un almacenaje centralizado y no se consideran condiciones ergonómicas.

- Cuando el área de calidad tiene que hacer medidas dimensionales, teniendo que ir al área de mantenimiento por los instrumentos y regresar al área de calidad para realizar la medición.

3.8.8 Personas subutilizadas:

Quizás el más común de los desperdicios ya que no se evalúa a las personas y sus recursos mentales y se niegan las oportunidades para aprovecharlos. La creatividad e inteligencia deben aprovecharse al máximo.

- No se tiene una matriz de habilidades bien desarrollada y se pone a operadores no capacitados en estaciones o partes del proceso críticas.

- Si se tiene una emergencia por lograr el cumplimiento en la entrega al cliente se llega a utilizar personal que no está desempeñando las funciones para las que fue contratado.
- No foros o espacios para promover la mejora en procesos, es decir siempre se ha hecho de una manera y no hay forma de mejorar. Siempre debe existir un espacio para analizar y proponer mejoras al proceso.

En conclusión, los procesos de manufactura en ZF TRW Sistemas de Direcciones, como en muchas empresas, se tienen muchas áreas de oportunidad para poder mejorar los procesos y generar mayor productividad.

La documentación de los procesos agiliza a estructurar mejor cualquier problema, pero no siempre se tiene una cultura del registro de las actividades dentro de los procesos de la organización.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base al análisis realizado por la metodología aplicada de los siete pasos de calidad de Kume (1992), se determinaron acciones contundentes para la mejora del proceso y la reducción de tiempos muertos a causa de alguna falla de equipo, dispositivo crítico o falta de documentación técnica.

4.1 Definición del problema

Para la empresa TRW Sistemas de direcciones se reportó que durante el año 2019 sólo una línea de producción estuvo por arriba del 80% del indicador de OEE, como lo muestra la Tabla 4-1, de acuerdo a Eagle (2012). El resto está por debajo del nivel aceptable para una organización de clase mundial.

Tabla 4-1 OEE reportado durante 2019.

Fuente: Elaboración propia en base a Eagle (2012)

No.	Área Producción	Identificador	OEE 2019
1	Válvulas	Celda de Válvulas	60.20%
2	Columnas	ColumnDrive	60.00%
3	Celda Servicio	CS	48.80%
4	Camiones	FIG	63.06%
5	Columnas Globales	GC	73.50%
6	Línea 2	L2	46.10%
7	Línea 3	L3	54.30%
8	Línea 4	L4	62.40%
9	EPS	L-EPS	52.70%
10	Remanufactura	Remanufactura	85.40%

Las diez líneas de producción de la empresa TRW Sistemas de Direcciones están programadas para seguir un plan de operación durante todo el año y poder cumplir con los requerimientos de todos los clientes en tiempo y forma. Cuando una falla se presenta, afecta el rendimiento de la línea y no es posible cumplir con el requerimiento programado. La falla debe ser identificada y catalogada de acuerdo

al origen y la criticidad de la misma, así como la solución y la causa raíz en cada caso para poder evitarlas a futuro y minimizar el tiempo de respuesta cuando se presenten de manera repetitiva. Se debe encontrar una manera práctica de poder reducir los tiempos muertos y evitar paros prolongados por fallas técnicas derivadas de una mala documentación que muchas veces es inexistente.

No se tiene ningún antecedente del manejo de la información técnica acerca de cada línea de producción. Cada línea tiene sus propios equipos, programas, dispositivos, etc. De esta manera, cuando un problema se presenta no hay un lugar en donde se pueda consultar la documentación de manera práctica y ágil, muchas veces se pierde más tiempo en estar recopilando información acerca de la falla, buscar casos anteriores, recordando experiencias con personal involucrado, buscar algunos respaldos aislados o hasta contratando servicios externos que en resolver la falla misma. La falta de documentación termina por afectar completamente la calidad del soporte y en pérdidas, no sólo de forma económica, sino de tiempo productivo, mano de obra, materiales, penalizaciones con los clientes, envíos extraordinarios, etc.

4.2 Observación

Durante el año 2019 en la empresa TRW Sistemas de Direcciones se ha encontrado un fuerte incremento en los tiempos muertos reportados en sistema (Eagle, 2012) a causa de problemas técnicos por falla en alguna máquina o dispositivo crítico, afectando completamente el métrico de disponibilidad y causando un nivel bajo de OEE como valor único como se vio en la Tabla 4.1.

Esto ha afectado el cumplimiento de los objetivos de cada línea de producción planteados por la empresa, se ha podido obtener datos que indican que por este concepto se ha dejado de operar turnos completos (de forma acumulada en tiempo) como se analizó en el caso de estudio propuesto en el párrafo 1.2 de esta investigación.

Otro aspecto importante es que no ha habido ninguna documentación al respecto. El reporte que se lleva actualmente menciona las principales causas de todo este tiempo muerto reportado, pero de forma general. No hay un enfoque detallado acerca de las fallas en equipo y mucho menos seguimiento a cada caso para encontrar la causa raíz que origina los problemas, y lo más importante, evitar una recurrencia en el mismo tipo de problemas. No existe el concepto de lección aprendidas y mucho menos mejoras prácticas.

Actualmente en TRW cuando una falla se presenta en una línea de producción el supervisor de línea está capacitado para agotar todos sus recursos de manera local para poder resolverla. Si el supervisor no es capaz de continuar la producción, debe reportar esta falla al superintendente de producción y éste debe asignar el caso al departamento de soporte adecuado, dependiendo del origen de la falla. Cuando el origen de la falla es máquina, equipo, aplicación, herramienta, dispositivo, etc. corresponde resolverlo al departamento de mantenimiento o sistemas que es normalmente donde la mayoría de las fallas por equipo terminan. ¿Pero estos departamentos de soporte en la empresa TRW Sistemas de Direcciones están realmente preparados para atender fallas en líneas de producción?, ¿Tienen personal o recursos definidos para este tipo de situaciones?, ¿Existe documentación acerca de registro de fallas o planes de contingencia? realmente documentados.

Es aquí donde aparece otro factor determinante, la administración de la documentación y la información que se tiene de cada línea de producción para poder reaccionar de manera correcta ante una falla y poder brindar un soporte de calidad, en un tiempo de respuesta adecuado y acorde a lo crítico de cada línea de producción.

El proceso de documentar de acuerdo con Del Valle (2006), es una actividad de comunicación humana. Se ocupa de los procesos de transferencia de la información, desde su generación hasta su uso. Estos procesos incluyen la selección y adquisición, organización, interpretación, almacenamiento,

recuperación y difusión de información contenida en cualquier tipo de soporte. Información, en este contexto, es todo elemento de conocimiento, cualquiera que sea su nivel o su dominio, susceptible de ser transmitido o hecho público.

En la empresa TRW Sistemas de Direcciones no hay un control de las fallas que están siendo recurrentes, no hay una definición de equipos críticos en base a criterios definidos previamente, si llegan a existir algunos procedimientos o información técnica nunca es de acceso fácil para la gente que está brindando soporte directo en piso de producción. No hay un esquema de personal dedicado a atender fallas como primera línea de soporte. Un aspecto realmente importante no se magnifica, comunica y se hace extensivo a todo el equipo de trabajo, lo que implica tener tiempo muerto en una línea de producción. Cuantificar el tiempo que se deja de producir y lo que implica en el gasto innecesario de recursos reflejando en el margen de utilidad por cada minuto de tiempo muerto es un valor que sin duda deberían conocer todos los miembros del equipo, sin importar su rol y funciones primarias, puesto que del margen de utilidad dependerá la existencia y el éxito de la organización en sí.

4.3 Análisis

De acuerdo a (Eagle, 2012) para la empresa TRW Sistemas de Direcciones se obtiene el histórico del porcentaje de disponibilidad reportando durante el año 2019. Es decir, que del 100% del tiempo que se debió tener disponible los equipos cuánto fue realmente el registrado. Se determina que el concepto falla de máquina es el principal contribuidor con un 91.86%, como se muestra en la Tabla 4-2, dejando de estar disponible el 8.14% de todo el tiempo durante el año como se aprecia en la Figura 4-1.

Tabla 4-2 Clasificación disponibilidad 2019 análisis.

Fuente: Elaboración propia en base a Eagle (2012)

No.	Clasificación	Disponibilidad	%
1	Falla Máquina	91.86%	
2	Mantenimiento	97.50%	
3	Falta Material	98.59%	
4	Cambio Modelo	98.78%	
5	Ajustes-Verificación	99.00%	
6	Paros de Contrato	99.03%	
7	Ingeniería	99.17%	
8	Calidad	99.41%	
9	Falla Herramental	99.44%	
10	Producción	99.54%	
11	Material Planeación	99.54%	
12	Problema Flujo Operación	99.72%	
13	Falta de Personal	99.73%	
14	Producto No Conforme	99.78%	
15	Arranque	99.84%	
16	Sistemas (IT)	99.89%	
17	Días Feriados	99.91%	
18	Falta Herramienta	99.92%	
19	Compras	99.94%	
20	Paros Aleatorios	99.95%	
20	Mejoras	99.96%	

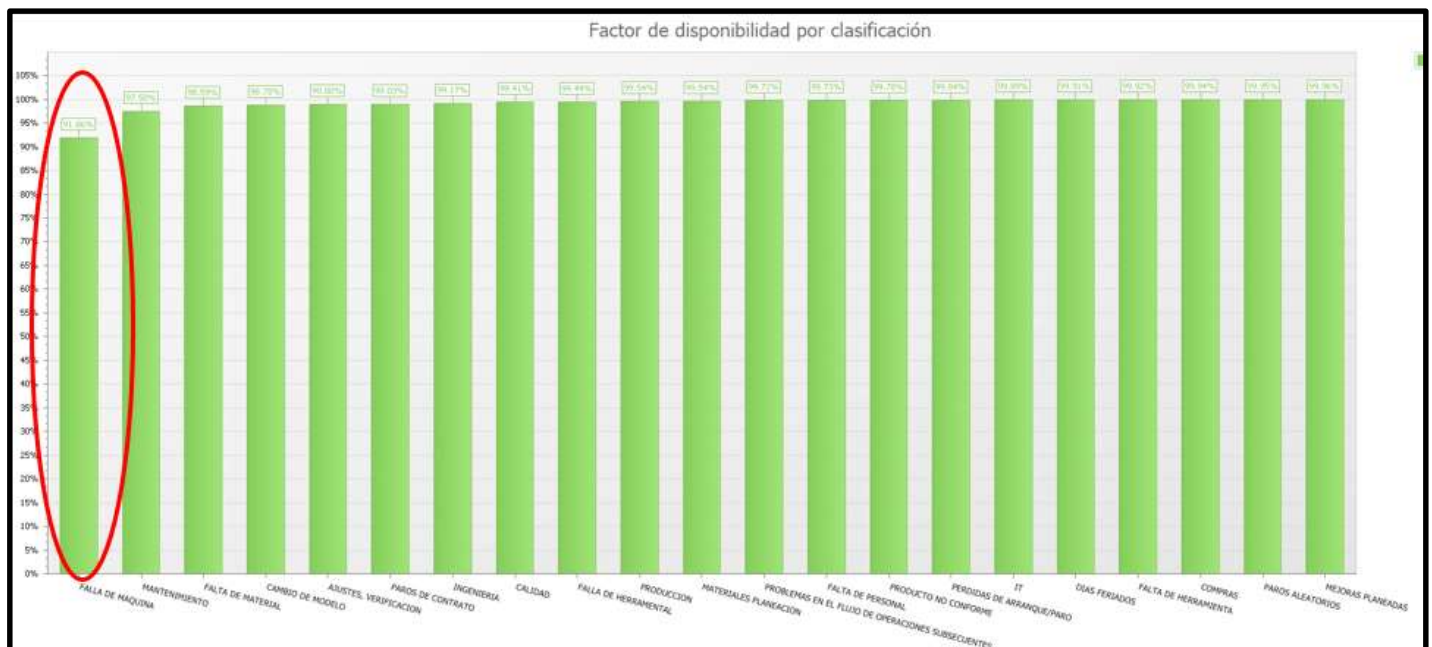


Figura 4-1 Clasificación disponibilidad 2019 análisis.

Fuente: Elaboración propia en base a Eagle (2012)

Para la empresa TRW Sistemas de Direcciones y basado en los datos históricos del año 2019, es necesario hacer un análisis a segundo nivel del factor falla máquina como principal contribuidor que afectó la disponibilidad, para así poder determinar un análisis correcto y generar las hipótesis que se plantean en esta investigación.

Dentro del concepto falla máquina (equipo), es necesario agrupar las principales causas que fueron reportadas como falla de equipo o máquina para poder enfocarse en las tres principales y generar un diagrama de causa y efecto de cada una de ellas, como se muestra en la Figura 4-2.

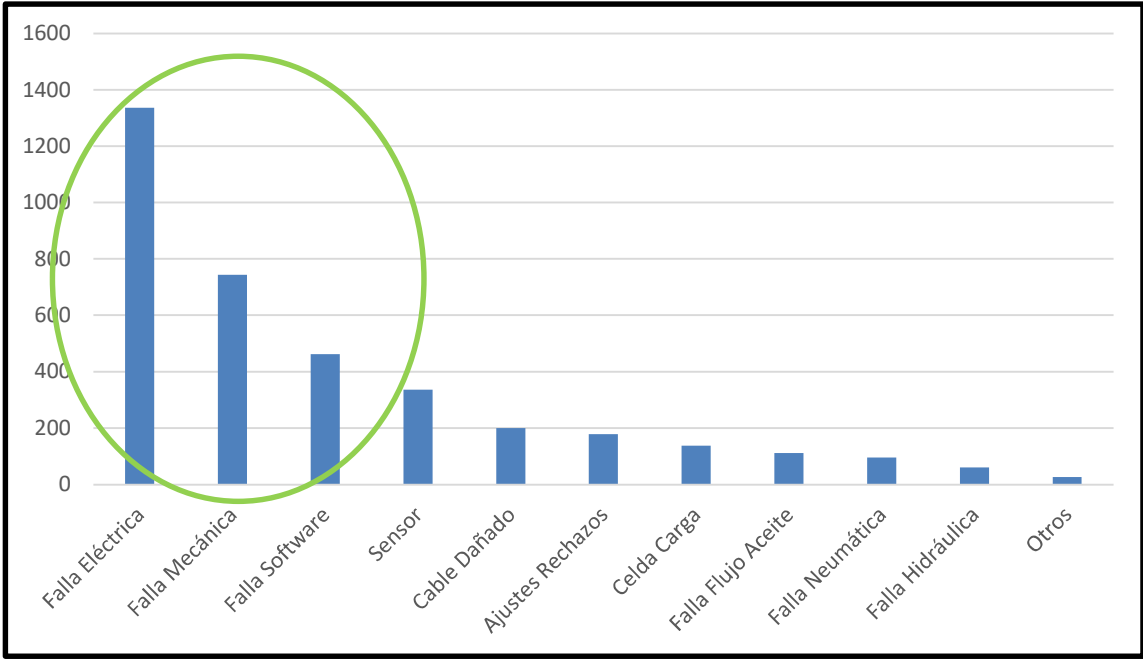


Figura 4-2 Clasificación falla máquina 2019.

Fuente: Elaboración propia en base a Eagle (2012)

De acuerdo con Bermúdez & Camacho (2010), un diagrama de causa-efecto es la representación de varios elementos (causas) de un sistema que pueden contribuir a un problema (efecto). Fue desarrollado en 1943 por el Profesor Kaoru Ishikawa en Tokio. Algunas veces es denominado diagrama Ishikawa o diagrama espina de pescado por su parecido con el esqueleto de un pescado. Es una herramienta efectiva para estudiar procesos y situaciones, y para desarrollar un plan de recolección de datos.

4.3.1 Falla eléctrica

En el diagrama de causa-efecto analizado para falla eléctrica que se muestra en la Figura 4-3, se encontró que ante una falla eléctrica provocada por variación de voltaje por parte del suministro del parque industrial de la empresa TRW Sistemas de Direcciones, el tiempo muerto reportado como falla de máquina o equipo se prolonga por las siguientes causas:

- No hay lista de refacciones críticas definidas ante un daño por variación de voltaje.
- No hay instrucciones o documentos definidos para reaccionar ante una falla conocida.
- No todo el personal está capacitado para restablecer en operación los equipos.

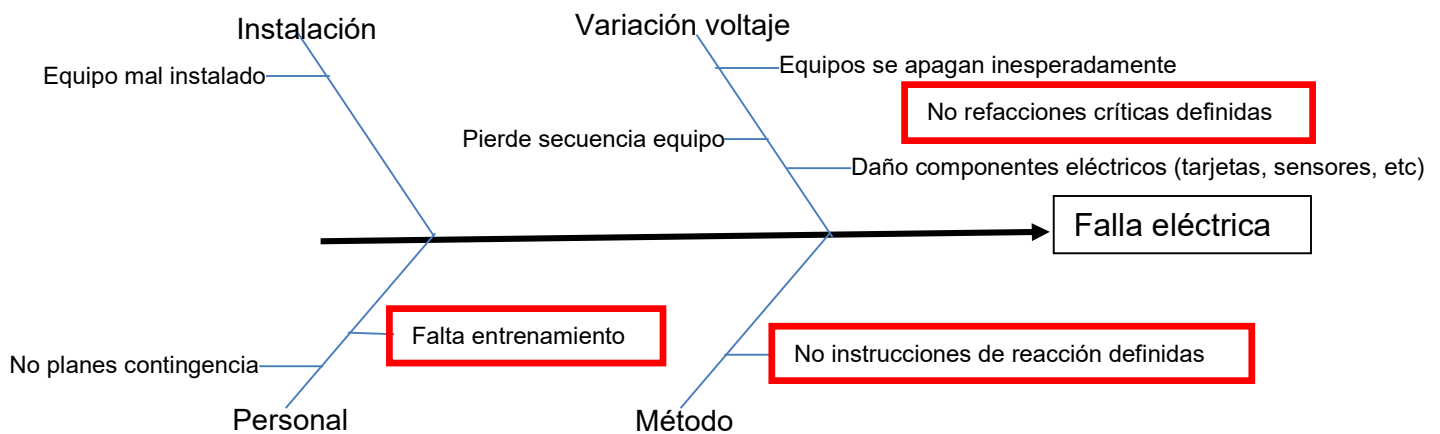


Figura 4-3 Diagrama causa-efecto falla eléctrica.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2 Falla mecánica

En el diagrama de causa-efecto analizado para falla mecánica (Figura 4-4) se encontró que las principales causas que prolongan el tiempo muerto reportado para falla máquina derivados de algún ajuste o daño mecánico en el equipo son las siguientes:

- Se utiliza material fuera de especificación (dimensión) dañando la operación del equipo.
- Si no se tiene capacitación correcta para operar el equipo, se puede ocasionar una mala operación y se daña.
- No se lleva a cabo la ejecución en tiempo y forma del mantenimiento preventivo para el equipo.

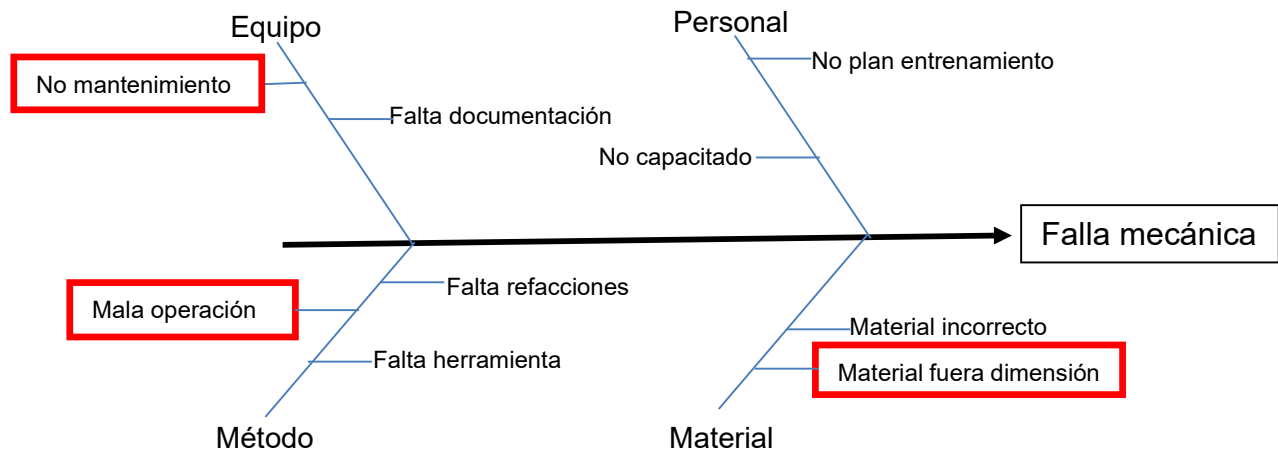


Figura 4-4 Diagrama causa-efecto falla mecánica.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.4 Falla de software

En el diagrama de causa-efecto analizado para falla software (Figura 4-5) se encontró que cuando una falla de software se presenta en algún equipo productivo existen varias causas que prolongan este tiempo declarado, las principales identificadas son:

- No existe una persona (recurso) dedicado para atender fallas de equipo por software, el personal es insuficiente para poder cubrir todas las áreas de soporte en todos los equipos productivos.
- No existe documentación acerca de las fallas y lecciones aprendidas, no se administra ni se tiene recursos definidos (infraestructura) para la base de conocimiento.
- No hay respaldos definidos para los equipos críticos.

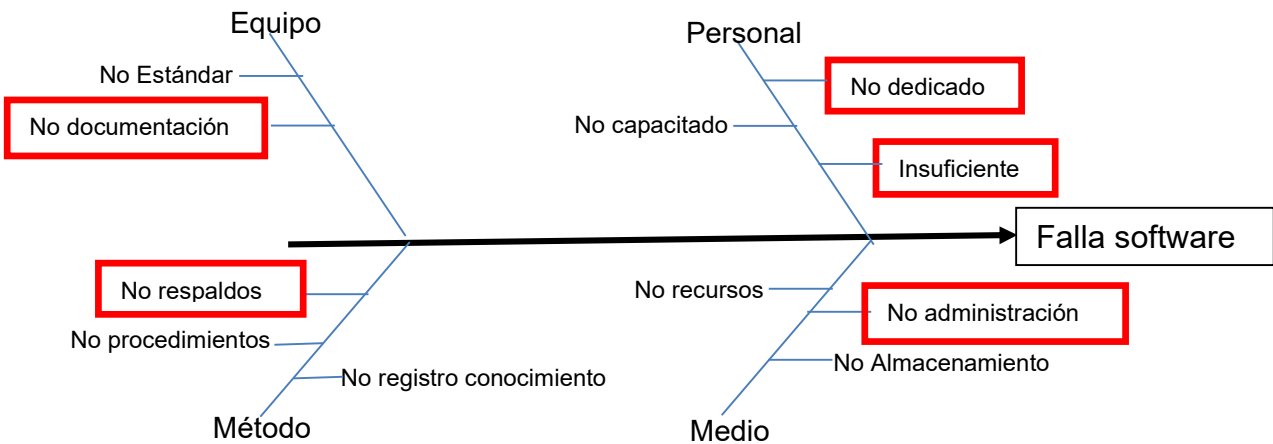


Figura 4-5 Diagrama causa-efecto falla de software.

Fuente: Elaboración propia.

4.4 Acción

Con base al análisis realizado y a las posibles causas identificadas por los diagramas de causa-efecto, se determinaron las siguientes acciones orientadas a la mejora de cada proceso, con el único objetivo de reducir el tiempo muerto productivo reportado por las principales causas ya mencionadas.

Crear una lista de refacciones críticas por cada línea de producción basada en el criterio definido por el ingeniero responsable de cada proceso. El ingeniero tiene técnicamente la facultad para definir el grado de impacto que pudiera tener cada equipo si algún componente es dañado, y así mismo, la mejor opción para poder recuperarlo en el menor tiempo posible. No siempre será factible tener la lista de refacciones completa en almacén o en inventario, pero en la medida de lo posible, tener identificado el grado de impacto que implica no tener una refacción disponible en caso de una falla.

Documentar procesos de manera sistemática, incluir procedimientos, formatos, hojas de instrucción, bitácoras, etc. de todo lo que se realiza para poder restablecer un equipo después de una falla. La generación de todos estos documentos formará parte de una base de datos de conocimiento que servirá de biblioteca de lecciones aprendidas o guía para futuras o reiteradas fallas.

Generar, desarrollar e Implementar un plan de entrenamiento para el personal que estará brindando soporte a cada equipo de producción. Este plan debe estar orientado a la resolución de fallas y la forma de garantizar la continuidad de la operación. Aquí toma un enfoque importante la documentación que se genera, tener una base de conocimiento amplia es material de entrenamiento puro y basado en experiencias reales que ayuden a minimizar los tiempos muertos productivos por fallas ya conocidas.

Garantizar que el personal que opera (producción) el equipo está certificado. Para hacerlo, debe tener la habilidad para identificar todos los problemas que se presentan en su equipo de trabajo, validar que las condiciones y el material que está operando sea correcto y poder evitar un daño en el equipo por una mala operación. No quiere decir que sea capaz de resolver el problema, pero si capaz de detener y evitar un daño mayor que desencadene en un paro prolongado.

Verificar planes de mantenimiento realizados en tiempo y forma. La posibilidad de que un equipo permanezca con una disponibilidad alta dependerá de muchas condiciones, pero realizar mantenimientos preventivos es una buena herramienta para extender la disponibilidad del equipo.

Definir personal a cargo de la administración y ejecución de las tareas de documentación. Con el objetivo de llevar un correcto manejo, actualización y almacenamiento de planes de contingencia, instrucciones de operación o conocimiento adquirido para la solución de fallas en los equipos, la estructura y clasificación se debe definir por grupos especializados en cada área y en base a necesidades específicas.

Crear un repositorio (almacenamiento) digital para mantener toda la documentación disponible y en constante actualización, se debe contar con los accesos de seguridad correspondientes y niveles de usuarios para su correcta manipulación.

Crear plan de respaldo en equipos críticos de producción a nivel software, los equipos que cuentan con una computadora, sistema operativo o algún programa especializado se debe crear un respaldo mínimo que garantice un punto de retorno ante una falla detectada o algún cambio no planeado. El medio y el tipo de respaldo será determinado por el ingeniero responsable del equipo o él área de soporte asignada como recurso de sistemas o controles.

4.5 Verificación

La Tabla 4-3 muestra el comparativo del desempeño del año 2019 y lo que fue el año 2020. Se deduce que aplicadas las acciones durante el año 2020 hay una evidente mejora en el porcentaje de disponibilidad de cada área de producción.

Tabla 4-3 Comparativo OEE 2019 vs 2020.

Fuente: Elaboración propia en base a Eagle (2012)

No.	Área Producción	Identificador	OEE 2019	OEE 2020
1	Válvulas	Celda de Válvulas	60.20%	70.10%
2	Columnas	ColumnDrive	60.00%	72.40%
3	Celda Servicio	CS	48.80%	69.70%
4	Camiones	FIG	63.06%	72.40%
5	Columnas Globales	GC	73.50%	81.40%
6	Línea 2	L2	46.10%	70.40%
7	Línea 3	L3	54.30%	76.40%
8	Línea 4	L4	62.40%	79.40%
9	EPS	L-EPS	52.70%	73.40%
10	Remanufactura	Remanufactura	85.40%	87.40%

4.6 Estandarización

Para empresa TRW Sistemas de Direcciones, es importante intentar convertir los resultados de las medidas a valores monetarios. Se descubrirán muchas e importantes cosas cuando se comparen las pérdidas antes y después de la adopción de las medidas.

Cuando el resultado de la acción no es tan satisfactorio como se desea, hay que asegurarse que las acciones planteadas han sido implementadas en un todo de acuerdo con la decisión adoptada. Si se continúa obteniendo resultados indeseables aún después de haber tomado las medidas, se ha fracasado en la solución del problema y se hace necesario retornar al paso de observación y comenzar de nuevo

4.7 Conclusión

4.7.1 Interpretaciones

Según López (2009), siempre hay una diferencia entre la actividad realmente llevada a cabo y lo que intelectualmente se piensa que se logró y esas brechas tienen que ser cubiertas una por una. Esta revisión se debe hacer aun cuando el problema haya sido satisfactoriamente resuelto, pero este “análisis mental” debe efectuarse con esmero si el plazo ya está vencido y el problema todavía no está solucionado.

Basado en el análisis realizado de la metodología aplicada Kume (1992), en esta investigación, en el subtítulo 4.3 se definió el factor falla máquina como principal contribuidor que afectó la disponibilidad durante 2019, mostrando en la

Figura 4-2. La clasificación de las principales fallas de máquina mostró falla eléctrica, falla mecánica y falla software. Tomando como base este mismo criterio y las acciones implementadas, se muestra en la Tabla 4-4 la comparación entre los años 2019 y 2020.

Tabla 4-4 Comparativo tiempo muerto falla máquina 2019 vs 2020.

Fuente: Elaboración propia en base a Eagle (2012)

No.	Falla Máquina	Minutos 2019	Minutos 2020
1	Falla Eléctrica	1336	980
2	Falla Mecánica	743	400
3	Falla Software	462	240

Las acciones implementadas evidencian una mejora en el desempeño anual para el concepto falla máquina o equipo, sobre todo comparado con el año anterior como se mostró en la Tabla 4-4, pero siempre hay una posibilidad mejora y una cultura de resistencia que se debe enfrentar todos los días. No es fácil la adopción de cambios o mejoras al proceso sobre todo cuando estos cambios involucran grandes recursos y no siempre son económicos.

En la Figura 4-6 se define que sigue siendo falla eléctrica, mecánica y de software los principales contribuidores en el métrico de desempeño dentro de las áreas de producción, pero sin duda las acciones implementadas durante la metodología Kume (1992) subtítulo.4.4 de esta investigación impactaron de forma positiva en cada rubro.

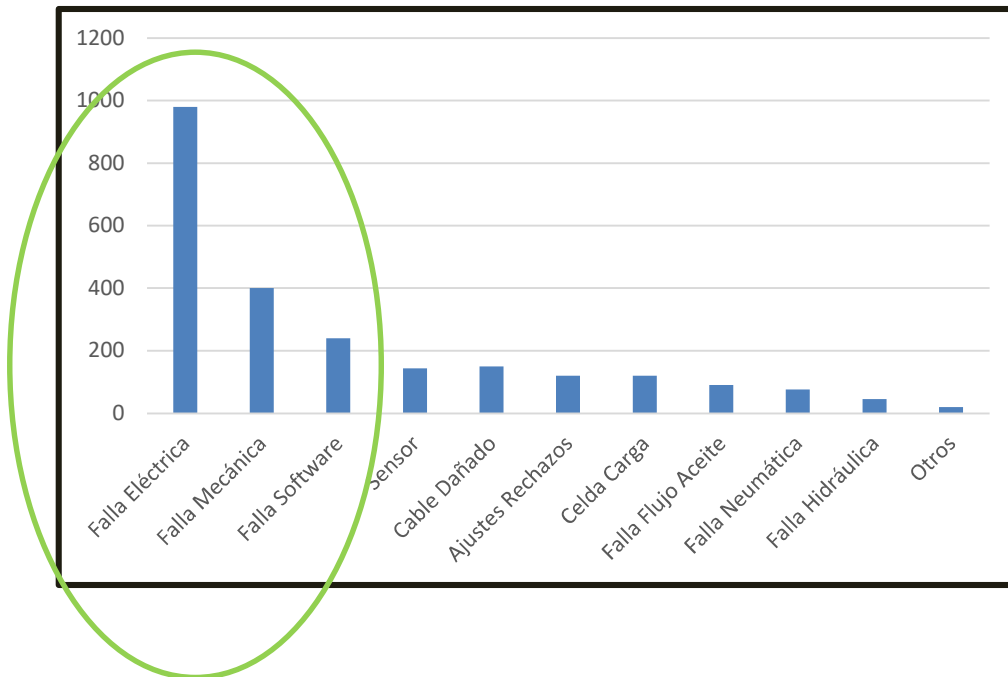


Figura 4-6 Clasificación falla máquina 2020.

Fuente: Elaboración propia en base a Eagle (2012)

4.7.2 Limitaciones

Una vez iniciando el sistema de mejora continua y la implementación de las acciones definidas se pueden identificar las siguientes limitaciones:

- La adquisición de refacciones críticas ya definidas como tal, muchas veces es condicionada al presupuesto de cada área. Hay áreas con un mayor margen de inversión debido a la rentabilidad del producto que se produce en cada línea de manufactura.
- Los planes de entrenamiento, mantenimiento, suelen desarrollarse de manera interna y en base a experiencias del mismo personal. Sin embargo, hay equipos que requieren un conocimiento técnico especializado y muchas

veces asesoría externa por parte de un proveedor certificado que obviamente se factura como servicios externos.

- El generar un repositorio electrónico de almacenamiento para depositar toda la información técnica en la biblioteca de conocimiento y poder ser compartida con todo el personal tiene limitación por los recursos de infraestructura existentes y la capacidad de la misma. Así mismo por el personal desarrollado para la administración y seguridad de la misma, generalmente apegado a las políticas internas definidas.
- Los respaldos idealmente requieren de una herramienta de software para la generación correcta y el desarrollo de planes, soluciones que no son gratuitas en el mercado y muchas veces limitan la implementación de un sistema robusto.

5. REFERENCIAS

Akao, Y. (2001). Policy deployment for successful TQM.

Belohlavek, P. (2018). OEE Su abordaje Unicista.

Bermúdez, R., & Camacho, D. (2010). El uso del diagrama causa-efecto en el análisis de casos. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, XL(3–4), 127–142.

Charrier, J. & Ritter, B. (2005). *El Plan de Cuidados Estandarizado. Un soporte del diagnóstico enfermero*. Elaboración y puesta en práctica. Madrid: Elsevier.

Dean, E. (2011). NoHoshin Kanri: from the Perspective of Competitive Advantage.

Del Valle, F. (2006). La documentación: Concepto y Contexto. Facultad Ciencias de La Información.

Dun & BradStreet. (2011). Business directory, Find the company. <http://fichas.findthecompany.com.mx//127076021/TRW-Sistemas-de-Direcciones-S-A-de-C-V-en-El-Marques-QRO>

Eagle, A. (2012). OEE Analyzer (Application).

Emerson Process Management. (2003). Mejorando la disponibilidad. http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM_Central_Web_Documents/BusSch-availability_101es.pdf

Fukui, R., Honda Y., Inoue H., Kaneko N., Miyauchi I., Soriano S., & Yagi Y. (2003). *Handbook for TQM and QCC* (Volume I: What are TQM and QCC?: A guide for managers). InterAmerican Development Bank (IDB).

Grupo Fuentes Automotriz. (2018). Steering VW. <https://fuentesautomotriz.mercadoshops.com.mx/MLM-666703426-caja-direccion-hidraulica>

Kano, N. (1991). Relación entre la Administración por Directrices y la Administración Funcional. *Colección de Artículos Sobre Administración Por Directrices*.

Kume, H. (1992). *Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad*. Obtenido de: <https://books.google.com/books?hl=es%7B&%7Dlr=%7B&%7Ddid=x4PnjSZYzMEC%7B&%7Dpgis=1>

López, J. (2009). Disminución de tiempos de paro por fallas de equipo, Instituto Politécnico Nacional. 65. Obtenido de: [http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/4921/1/440_DISMINUCION DE TIEMPOS DE PARO POR FALLAS DE EQUIPO.pdf](http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/4921/1/440_DISMINUCION_DE_TIEMPOS_DE_PARO_POR_FALLAS_DE_EQUIPO.pdf)

Marmolejo, J. (2020). Tipos de Desperdicio Lean Manufacturing. Obtenido de: <https://spcgroup.com.mx/los-8-tipos-de-desperdicios-lean-manufacturing/>

Imai, M. (2016). *Kaizen: The key to Japan's competitive success*. New York: Mc Graw Hill. p240.

Montes de Oca, V. (2012). Historia de TRW hasta nuestros días (p. 2).

Prieto-Guijarro, A. (1987). Disponibilidad de recursos y eficiencia productiva, *Revista de Estudios Agrosociales*, 142(1): 47-82. Obtenido de: <https://digital.csic.es/handle/10261/17950>

Nogal, D. E. L. (n.d.). Productividad Y. 1–4.

Rodríguez, I. (2011). Metodología para reducir tiempos de paro en una línea de producción de etiquetas. Instituto Politecnico Nacional, Sección de estudios de posgrado e investigación. Obtenido de : https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/15880/1/tesis_Isai.pdf

Sampieri, R. (2001). *Metodología de la investigación 2ª Ed.* McGraw Hill.

- Sánchez, C. (2005). Impact of the failures and interruption in process. An analysis of variability in production processes. *Dyna*, 1(145), 67–75.
- Secretaría de Economía. (2012). Industria Automotriz p43. http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/Monografia_Industria_Automotriz_MARZO_2012.pdf
- Silva-Mendez, M. A. (2014). Adquiere ZF Friedrichshafen a TRW. Obtenido de: <http://www.automotores-rev.com/adquiere-zf-friedrichshafen-trw/>
- Sistemas OEE. (2019). Formula OEE. <https://www.sistemasoe.com/calcular-oe/>
- Steiner, G. (2009). *No Planeación Estratégica*, CECSA.
- Trout, J. (2018). ¿Qué es La efectividad general del equipo (OEE)? Congreso de Mantenimiento y Confiabilidad Latinoamerica. Obtenido de: <https://cmclatam.com/que-es-la-efectividad-general-del-equipo-oe/>
- Waller, E. (2011). The Hoshin Kanri Method, Strategic Management. *The Quality Journey, The second World Congress for Total Quality Management*, Sheffield Hallam University.
- ZF. (n.d.). See think act. AboutTRW history. Obtenido de: <https://www.trw.com/AboutTRW/history>
- Zurita, J. G. (2019). Estandarización de métodos de trabajo de procesos de producción. p189.