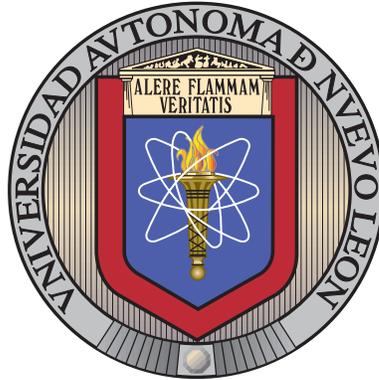


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA  
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



DESARROLLO DE UN ESTÁNDAR DE  
COMUNICACIÓN ELECTRÓNICO PARA LA  
SUPERVISIÓN Y CONTROL DEL DESEMPEÑO  
DENTRO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN  
SISAMEX

POR

ING. PATRICIA ARZATE OTERO

EN OPCIÓN AL GRADO DE

MAESTRÍA EN CIENCIAS

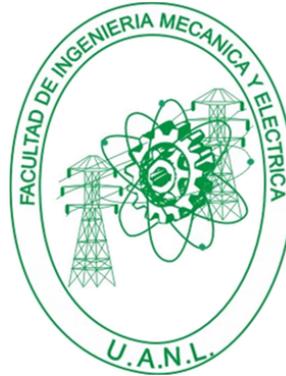
DE LA INGENIERÍA AUTOMOTRÍZ

SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, NUEVO LEÓN, JUNIO 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



DESARROLLO DE UN ESTÁNDAR DE  
COMUNICACIÓN ELECTRÓNICO PARA LA  
SUPERVISIÓN Y CONTROL DEL DESEMPEÑO  
DENTRO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN  
SISAMEX

POR

ING. PATRICIA ARZATE OTERO

EN OPCIÓN AL GRADO DE

MAESTRÍA EN CIENCIAS

DE LA INGENIERÍA AUTOMOTRÍZ

SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, NUEVO LEÓN, JUNIO 2015

**Universidad Autónoma de Nuevo León**  
**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**  
**Subdirección de Estudios de Posgrado**

Los miembros del Comité de Tesis recomendamos que la Tesis «Desarrollo de un estándar de comunicación electrónico para la supervisión y control del desempeño dentro del sistema de producción SISAMEX », realizada por el alumno Patricia Arzate Otero, con número de matrícula 1654922, sea aceptada para su defensa como opción al grado de Maestría en Ciencias de la Ingeniería Automotriz.

El Comité de Tesis



---

Dra. Iris Abril Martínez Salazar

Asesor



---

M.C. Jesús Manuel Orona Hinojos

Asesor Industrial



---

Dra. María Angélica Salazar Aguilar

Revisor

Vo. Bo.

---

Dr. Simón Martínez Martínez  
Subdirección de Estudios de Posgrado

San Nicolás de los Garza, Nuevo León, Junio 2015

*Dedicatoria*

*A mi familia por apoyarme y confiar en mí, alentar mis inquietudes y aspiraciones.  
Por ser mi inspiración para lograr mis objetivos. En especial a mi hermana Tere  
por apoyarme durante mis estudios.*

*A mi esposo por ser paciente, comprensivo y apoyarme en todo momento para  
lograr la culminación de este proyecto profesional.*

*A todas aquellas personas que de alguna forma me han brindado su apoyo, amistad  
y comprensión en todo momento de mi existencia.*

*“Si no persigues lo que quieres, nunca lo tendrás. Si no vas hacia delante, siempre  
estarás en el mismo lugar”.*

*Nora Roberts.*

# ÍNDICE GENERAL

---

<b>Agradecimientos</b>	<b>xv</b>
<b>Resumen</b>	<b>xvii</b>
<b>1. Marco Conceptual</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción General . . . . .	1
1.2. Alcance del Proyecto . . . . .	4
1.3. Objetivos de la Investigación . . . . .	4
1.3.1. Objetivo General . . . . .	4
1.3.2. Objetivos Específicos . . . . .	5
1.4. Marco Teórico . . . . .	5
1.4.1. Sistema de Indicadores de Gestión . . . . .	5
1.4.1.1. Definición del Indicador . . . . .	5
1.4.1.2. Características de los Indicadores . . . . .	6
1.4.1.3. Estructura de los Indicadores . . . . .	6
1.4.1.4. El Uso de los Indicadores . . . . .	6
1.4.1.5. Criterios para Usar Indicadores de Gestión . . . . .	7

1.4.1.6.	Clasificación de los Indicadores . . . . .	7
1.4.2.	Seguimiento y Medición en los Procesos . . . . .	8
1.4.2.1.	Indicadores del Proceso . . . . .	8
1.4.3.	Cuadro de Mando Integral también llamado Balanced Scorecard. . . . .	8
1.4.3.1.	Elementos del Cuadro de Mando Integral. . . . .	10
1.4.3.1.1.	Misión, visión y valores. . . . .	10
1.4.3.1.2.	Perspectivas, mapas estratégicos y objetivos. . . . .	10
1.4.3.1.3.	Propuesta de valor al cliente. . . . .	12
1.4.3.1.4.	Indicadores y metas. . . . .	12
1.4.3.1.5.	Iniciativas estratégicas. . . . .	13
1.4.3.1.6.	Responsable y recursos. . . . .	13
1.4.3.1.7.	Evaluación subjetiva. . . . .	14
1.4.4.	Indicadores Clave del Desempeño . . . . .	14
1.4.4.1.	Definición de KPI . . . . .	14
1.4.4.2.	Tipos de KPI . . . . .	16
1.4.4.2.1.	Indicadores de Resultado (KRI) . . . . .	17
1.4.4.2.2.	Indicadores Clave del Rendimiento (KPIs) . . . . .	18
1.4.4.3.	Clasificación Básica de los Indicadores . . . . .	19
1.4.4.3.1.	Nivel Base . . . . .	19
1.4.4.3.2.	Valor Actual . . . . .	19
1.4.4.3.3.	Meta . . . . .	19

1.4.4.4.	Nivel de Cumplimiento de un Indicador Positivo . . .	20
1.4.4.4.1.	Definición de Cumplimiento . . . . .	20
1.4.4.4.2.	Indicador Positivo . . . . .	20
1.4.4.4.3.	Indicador Negativo . . . . .	20
1.5.	Justificación del Proyecto. . . . .	21
1.5.1.	Justificación Teórica. . . . .	21
1.5.2.	Justificación Práctica. . . . .	22
<b>2.</b>	<b>Conocimiento del Negocio</b>	<b>24</b>
2.1.	Objetivo General . . . . .	24
2.2.	Introducción . . . . .	24
2.3.	Departamento de excelencia empresarial . . . . .	25
2.3.1.	Objetivo . . . . .	25
2.3.2.	Misión . . . . .	25
2.3.3.	Visión . . . . .	25
2.3.4.	Función del departamento . . . . .	26
2.3.5.	Indicadores de desempeño . . . . .	30
2.3.5.1.	Capacidad Teórica . . . . .	31
2.3.5.2.	Metal Actual . . . . .	31
2.3.5.3.	Real de piezas buenas . . . . .	33
2.3.5.4.	Piezas perdidas por scrap . . . . .	33
2.3.5.5.	Tiempo perdido por paros no planeados . . . . .	33

2.3.5.6.	Piezas perdidas . . . . .	34
2.3.5.7.	Piezas equivalentes a los minutos perdidos . . . . .	34
2.3.5.8.	OEE (Overall Equipment Effectiveness) o ETE (Eficiencia Total de los Equipos). . . . .	34
2.3.5.9.	FTT (First Time Through) o Piezas bien a la primera.	35
2.4.	Características del área de maquinados carcazas. . . . .	36
2.5.	Características del área de ensamble ejes. . . . .	38
<b>3.</b>	<b>Planteamiento y evaluación de indicadores</b>	<b>40</b>
3.1.	Objetivo . . . . .	40
3.2.	Introducción . . . . .	40
3.3.	Evaluación de los indicadores actuales en las pruebas piloto . . . . .	41
3.3.1.	OEE (Overall Equipment Effectiveness) . . . . .	41
3.3.1.1.	Objetivo . . . . .	41
3.3.1.2.	Pérdidas de OEE (Overall Equipment Effectiveness)	42
3.3.2.	FTT (First Time Through o piezas bien a la primera) . . . . .	45
3.4.	Cálculo de los indicadores de gestión en las pruebas piloto. . . . .	45
3.4.1.	Cálculo de OEE (Overall Equipment Effectiveness) . . . . .	45
3.4.1.1.	Disponibilidad . . . . .	46
3.4.1.2.	Rendimiento . . . . .	46
3.4.1.3.	Calidad . . . . .	47
3.4.1.4.	Criterios de evaluación del cálculo del OEE. . . . .	47

<i>ÍNDICE GENERAL</i>	IX
3.4.2. Cálculo de FTT (First Time Through) . . . . .	47
<b>4. Implementación de las pruebas piloto.</b>	<b>49</b>
4.1. Objetivo General . . . . .	49
4.2. Introducción . . . . .	49
4.3. Sistemas de monitoreo en tiempo real. . . . .	50
4.3.1. Sistema de monitoreo en tiempo real . . . . .	50
4.3.2. Funcionamiento del sistema de monitoreo en tiempo real im- plementado en la organización . . . . .	51
4.3.3. Beneficios de implementar un sistema de monitoreo en tiempo real . . . . .	52
4.3.4. Fórmulas del sistema de monitoreo en tiempo real. . . . .	54
4.4. Implementación de la prueba piloto en área de Maquinados Carcasas.	55
4.5. Implementación de la prueba piloto en área de Ensamble Ejes. . . . .	59
4.6. Requerimientos para la implementación del sistema de monitoreo en tiempo real. . . . .	60
<b>5. Análisis de los indicadores de desempeño</b>	<b>64</b>
5.1. Objetivo general. . . . .	64
5.2. Introducción. . . . .	64
5.3. Evaluación de los indicadores de desempeño mediante la implementa- ción de la prueba piloto. . . . .	65
<b>6. Resultados y recomendaciones.</b>	<b>74</b>

6.1. Resultados de la implementación de las pruebas piloto. . . . .	74
6.1.1. Tabla de comparación de Nivel de Alarmas contra Máquinas monitoreadas. . . . .	77
6.1.2. Reportes de Monitoreo en tiempo real. . . . .	79
6.1.3. OEE por turno . . . . .	81
6.1.3.1. OEE consolidado por semanas. . . . .	82
6.2. Conclusiones y Recomendaciones. . . . .	86

# ÍNDICE DE FIGURAS

---

1.1. “Tipos de medidas de desempeño” [Parmenter., 2007] . . . . .	17
1.2. Gráfica Indicador Positivo . . . . .	20
1.3. Gráfica Indicador Negativo . . . . .	21
2.1. Cuadro de descripción del proceso de llenado del pizarrón de desempeño.	28
2.2. Diagrama de flujo del proceso de operación del pizarrón de desempeño.	30
2.3. Diagrama general de flujo área de maquinados carcazas American Axle	37
2.4. Diagrama general del flujo de proceso línea de ensamble ejes traseros	39
3.1. Diagrama de pérdidas OEE(Overall Equipment Effectiveness) . . . . .	42
3.2. Diagrama de efecto de las pérdidas en el tiempo de operación de los equipos [Rendon, 1997] . . . . .	44
4.1. Reporte tablero de producción Hora por Hora . . . . .	56
4.2. Reporte cronológico de producción . . . . .	57
4.3. Reporte cronológico consolidado de máquina . . . . .	57
4.4. Reporte producción consolidado de máquina . . . . .	58
4.5. Reporte gráfica Pareto de razones de paro por máquina . . . . .	58

4.6. Reporte cálculo del OEE . . . . .	59
5.1. Reporte de desempeño obtenido del Sistema de monitoreo en tiempo real. . . . .	68
5.2. Información extraída del sistema de monitoreo en tiempo real. . . . .	70
5.3. Información extraída del sistema de monitoreo en tiempo real. . . . .	72
5.4. Tabla resumen de fórmulas utilizadas en la evaluación del OEE o ETE.	73
6.1. Criterio para detonar una alerta electrónica debida a un paro no pla- neado. . . . .	76
6.2. Gráfica consolidado de estado de máquina por celda. . . . .	76
6.3. Diagrama Pareto Razones de Paro . . . . .	77
6.4. Diseño de Pantalla monitoreo en tiempo real. . . . .	80
6.5. Cronológico de OEE por turno. . . . .	81
6.6. Gráfica consolidado OEE periodo de 2 semanas. . . . .	82
6.7. Gráfica comparativa OEE por turnos. . . . .	84
6.8. OEE promedio para Turno 1, Turno 2 y Turno 3. . . . .	85
6.9. OEE promedio para Turno 1, Turno 2 y Turno 3. . . . .	86

# ÍNDICE DE TABLAS

---

2.1. Tabla de datos, pizarrón de desempeño. . . . .	35
2.2. Tabla de indicadores, pizarrón de desempeño. . . . .	36
5.1. Evaluación de los indicadores de desempeño primer turno utilizando fórmulas actuales; OEE y FTT. . . . .	65
5.2. Evaluación de los indicadores de desempeño primer turno utilizando fórmulas de la literatura; OEE y FTT. . . . .	67
5.3. Evaluación de los indicadores de desempeño segundo turno utilizando fórmulas actuales; OEE y FTT. . . . .	69
5.4. Evaluación de los indicadores de desempeño segundo turno utilizando fórmulas de la literatura; OEE y FTT. . . . .	69
5.5. Evaluación de los indicadores de desempeño tercer turno utilizando fórmulas actuales; OEE y FTT. . . . .	71
5.6. Evaluación de los indicadores de desempeño tercer turno utilizando fórmulas de la literatura; OEE y FTT. . . . .	71
5.7. Resumen cálculo OEE para una de las máquinas que conformaron la prueba piloto. . . . .	72
6.1. Comparación de Alarmas Nivel 1. . . . .	78

6.2. Comparación de Alarmas Nivel 2. . . . .	79
6.3. Comparativo OEE Turno 1. . . . .	83
6.4. Comparativo OEE Turno 2. . . . .	83
6.5. Comparativo OEE Turno 3. . . . .	84

# AGRADECIMIENTOS

---

Principalmente a Dios por permitirme concluir una etapa más de mi vida profesional, por estar en todo momento conmigo, por darme la fuerza para superar los obstáculos y dificultades con tenacidad y sabiduría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo financiero para la realización de mis estudios.

A la Universidad Autónoma de Nuevo León, en especial al programa Maestría en Ciencias de la Ingeniería Automotriz (MCIA) de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica donde realice mis estudios de Maestría.

A la empresa Sistemas Automotrices de México (SISAMEX) por darme la oportunidad de realizar mi proyecto de tesis, en especial al M.C. Jesús Manuel Orona Hinojos por su apoyo incondicional durante la realización de la investigación. A si mismo agradezco a quienes conforman los departamentos de Innovación, Producción, Sistemas y Excelencia Empresarial por el apoyo proporcionado para el cumplimiento de la investigación.

A la Dra. Iris Abril Martínez Salazar mi asesora académica por su guía, apoyo y sugerencias para la realización de este trabajo.

A todos mis profesores de la MCIA.

Al equipo de trabajo de Shoplogix por su apoyo y capacitación durante la implementación de mi proyecto dentro de la empresa.

“Vive como si fueses a morir mañana. Aprende como si fueses a vivir siempre”.

Mahatma Gandhi.

# RESUMEN

---

Ing. Patricia Arzate Otero.

Candidato para el grado de Maestro en Ciencias  
de la Ingeniería Automotriz.

Universidad Autónoma de Nuevo León.

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Título del estudio:

## DESARROLLO DE UN ESTÁNDAR DE COMUNICACIÓN ELECTRÓNICO PARA LA SUPERVISIÓN Y CONTROL DEL DESEMPEÑO DENTRO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN SISAMEX

Número de páginas: 90.

El monitoreo en tiempo real es una herramienta que permite conocer la situación actual de los procesos productivos dentro de una empresa. La información que proporciona apoya a la toma efectiva de decisiones a diferentes niveles jerárquicos.

La implementación del monitoreo en tiempo real permite tener acceso a la información clave de la empresa, observar tendencias, hacer predicciones y generar acciones oportunas.

En la presente investigación se realizaron dos pruebas piloto para las áreas de Maquinados y Ensamble, por medio de la recolección de datos de máquinas automatizadas a través de sensores y obteniendo información mediante sistemas implantados en la organización como el sistema MES.

Se realizó un análisis para evaluar los indicadores de desempeño de la organización, a través de tablas comparativas. Con lo cual se obtuvo que el sistema actual de control y supervisión de la productividad puede ser administrado por medio del sistema de monitoreo en tiempo real y proporcionar más herramientas de análisis a la organización.

Firma del asesor: \_\_\_\_\_

Dra. Iris Abril Martínez Salazar

## CAPÍTULO 1

# MARCO CONCEPTUAL

---

### 1.1 INTRODUCCIÓN GENERAL

La presente investigación tiene como principal propósito de estudió la implementación de un sistema de monitoreo en tiempo real y la evaluación de los indicadores de desempeño. La investigación se llevará a cabo dentro de una organización del sector automotriz dedicada a la fabricación de componentes para vehículos pesados, para la empresa donde se estará realizando el estudio, los requerimientos y expectativas de los clientes es unos de los aspectos importantes para la permanencia y expansión en el mercado.

Cumplir las altas expectativas de los clientes internos también es una de las principales preocupaciones de la empresa, por lo que se cuenta con un área dedicada a la excelencia empresarial siendo este departamento quien detona la evaluación y control de indicadores de producción, seguridad, calidad, medición del desempeño, entre otros.

Una de las funciones más importantes del área de excelencia empresarial es proporcionar las herramientas para la toma de decisiones en las áreas operativas, permitiendo a las áreas productivas y gerencias tener una visión a corto plazo de lo que está ocurriendo y a través de una recopilación de archivos un histórico de los procesos.

Para la organización, el desarrollo es permanente y continuo, día a día la tec-

nología avanza y con ella existen herramientas que nos ayudan a monitorear los procesos de una manera confiable, rápida, dinámica y amigable. Con la finalidad de trascender y ser pionera en la implementación de un software de monitoreo en tiempo real dentro del grupo al que pertenece, la organización determinó realizar dos pruebas piloto, la primera en el área de maquinados obteniendo los datos mediante el monitoreo del centro de maquinado CNC y la segunda en el área de ensamble, obteniendo la información de un sistema de monitoreo de la producción, ya implantado en la organización.

El sistema de monitoreo en tiempo real permitirá a la organización reflejar de manera visual, desde cualquier punto de la organización lo que está sucediendo en piso, a través de un monitorio por medio de sensores. Este sistema está desarrollado para que los líderes del negocio mantengan una visión de lo que está pasando en las áreas operativas. Esto es posible por medio de la recolección de datos de las máquinas automatizadas lo cual genera una visión en tiempo real de las condiciones de la empresa. Su interconexión es fácil ya que es compatible con cualquier tipo de máquina, es de rápida puesta en marcha por su rápido entrenamiento de usuarios e instalación y es una herramienta de mejora sustentable debido a que asegura el mejoramiento continuo y aumenta rentabilidad.

“Esta herramienta se ha implantado en diversas industrias como lo es la alimenticia, automotriz, acerera y farmacéutica. Los principales beneficios que se han obtenido son:

- Detección de verdaderas causas de pérdida de la productividad, al monitorear continuamente se puede conocer las verdaderas causas de paros o micro-paros, los cuales se cuantifican y traducen a minutos parados por inactividad.
- Mejora de la Efectividad global de los equipos.
- Ayuda a las áreas de excelencia empresarial, ingeniería industrial y operaciones porque los datos recolectados ayudan a mejorar proyectos de six sigma y lean.

- Al ser automatizada la recolección de datos ahorra trabajo manual, lo que permite enfocar los esfuerzos al cumplimiento de objetivos y metas”  
[<http://www.shoplogix.com/>, 2010].

El implementar un sistema de monitoreo en tiempo real, permite obtener la información adecuada en el momento preciso para la toma de decisiones, pero también se trae una serie de ventajas a toda la organización tales como la posibilidad de observar problemas que antes no se tenían claros, se mejora la capacidad de reacción ante las contingencias, se pueden observar tendencias en las áreas productivas.

Tomando en consideración los beneficios brindados por un sistema de monitoreo y las necesidades de la empresa, esta investigación contempla la implementación de dos tipos de pruebas piloto, la primera se realizará en el área de maquinados carcazas en la cual se implementara un monitoreo en tiempo real a través de sensores colocados en los centros de maquinado con la finalidad de determinar un conteo de piezas fabricadas y la segunda en el área de ensamble ejes traseros la cual cuenta con un sistema propio de la empresa que almacena la información de las líneas.

Para la segunda prueba piloto se obtendrá la información del sistema actual y se enviará al servidor del proveedor, este a su vez regresará dicha información en forma de reportes que permitirán el monitoreo de las estaciones de trabajo, mostrando las pérdidas en productividad y las áreas de oportunidad de mejora.

Uno de los indicadores que actualmente se analiza en área de excelencia empresarial dentro de la organización, es el cálculo de la eficiencia global de los equipos (ETE u OEE por sus siglas en Ingles Overall Equipment Effectiveness). La eficiencia global de los equipos se mide tomando en cuenta tres variables: desempeño, calidad y disponibilidad.

El cálculo del OEE es una herramienta que permite conocer a detalle lo que sucede en el proceso productivo, ya que los datos que gestiona son obtenidos directamente de las líneas productivas.

El monitoreo de la eficiencia global de los equipos proporciona una visión detallada de lo que está pasando con las operaciones productivas, al obtener la información directamente de los equipos y en algunos casos de registros manuales como en las áreas de ensamble que no estén automatizadas se pretende contar con un nivel alto de confiabilidad.

Con la implementación de un sistema de monitoreo se realizan aportaciones para la toma de decisiones a todos los niveles jerárquicos, con lo cual se destacan las áreas de oportunidad de la organización. El personal operativo se siente comprometido con los resultados, puesto que se mantiene la premisa de hacer visual los resultados del turno. Esto ayuda a que al presentarse alguna anomalía se sienta apoyado y se ataque la causa raíz del problema en el menor tiempo posible.

## 1.2 ALCANCE DEL PROYECTO

Implementar el sistema de monitoreo en tiempo real, mediante dos pruebas piloto. La primer prueba obteniendo señales por medio de medio de máquinas CNC y la segunda prueba obteniendo información de un sistema de administración de la producción (MES).

## 1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Coordinar la implementación de una prueba piloto para las áreas de Ensamble Ejes y Maquinados Carcasas, así como evaluar los indicadores clave del desempeño y proponer mejoras dentro de estos procesos productivos.

### 1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar cuáles son las razones de paro más frecuentes en las líneas de ensamble y maquinados.
- Determinar el incremento en OEE en un periodo de 3 meses de implementación del sistema de monitoreo en tiempo real.
- Determinar en qué máquina se está teniendo mayor número de pérdidas debido a paros no programados.
- Generar pantallas visuales de los reportes clave para la supervisión y control de la producción en las máquinas conectadas al sistema de monitoreo en tiempo real.
- Evaluar los indicadores actuales de las líneas de ensamble y maquinados.
- Determinar los criterios que detonaran una alarma para la prueba piloto.

## 1.4 MARCO TEÓRICO

### 1.4.1 SISTEMA DE INDICADORES DE GESTIÓN

#### 1.4.1.1 DEFINICIÓN DEL INDICADOR

“De acuerdo a la Real Academia Española un indicador se define como: Que indica o sirve para indicar.

Un indicador se refiere a la toma de datos cuantitativos, a través de la medición y evaluación de sistemas. La función de un indicador es transformar información en valores claros, objetivos y generales los cuales ayudan a determinar la situación actual de procesos, actividades, productos, servicios, grado de satisfacción, entre otros, permitiendo la toma de decisiones de una manera oportuna y acertada, así como la generación de tendencias y pronósticos” [Castro Muñoz, 2010].

### 1.4.1.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS INDICADORES

Los indicadores tienen las siguientes características:

- **Fiabilidad:** Descrito de manera clara con el objetivo de obtener siempre los mismos resultados, independientemente de quien tome los datos a evaluar.
- **Validez:** Evalua exactamente lo que se quiere medir.
- **Sencillez:** Fácil de realizar su medición permitiendo el autocontrol.
- **Comparabilidad:** Debe permitir su medición cuantitativa, permitiendo ser comparado contra otros valores de referencia o consigo mismo en un lapso de tiempo.

### 1.4.1.3 ESTRUCTURA DE LOS INDICADORES

- **Atributo.-** Nombre del indicador para los objetivo planteados.
- **Meta.-** Objetivo que se desea alcanzar.
- **Plazo.-** Tiempo en el que se pretende lograr los objetivos planteados.
- **Procedimiento de cálculo.-** Expresión matemática donde se definen los factores que se relacionan en el cálculo.
- **Rango de gestión.-** Intervalo de tolerancia donde se trabajará.
- **Escala.-** Unidad de medición para el indicador.

### 1.4.1.4 EL USO DE LOS INDICADORES

- Ayuda a mejorar la información.
- Facilita la evaluación de la administración.

- Ayuda a la toma de decisiones.
- Se obtiene un compromiso por el logro de resultados.

#### 1.4.1.5 CRITERIOS PARA USAR INDICADORES DE GESTIÓN

Un indicador debe ser:

- Sobresaliente
- Claro es su definición
- Fácil de interpretar y aplicar
- Equiparable y;
- Comparable

Un sistema de indicadores de gestión, es un herramienta sistemática y continuo del monitoreo del avance, resultado y alcance de los procesos dentro de las organización. Con el objetivo de evaluar el cumplimiento de las metas mediante los indicadores.

#### 1.4.1.6 CLASIFICACIÓN DE LOS INDICADORES

- Por el Dominio de Control
  1. Insumos.- son los recursos con los que la organización cuenta para lograr la transformación de un producto, bien o servicio.
  2. Procesos o actividades.- manera en la que se lleva a cabo un trabajo.
  3. Productos.- son el resultado de un determinado proceso productivo.
  4. Resultados Finales.- es el efecto alcanzado cuando un producto o servicio cumple con su función.

- En Función de la Dimensión

1. Eficiencia.- indica la capacidad de cumplir con los objetivos. Los indicadores de eficiencia pueden expresarse como “costo por producto”, o “unidades por insumo”, o “costo por resultado”
2. Eficacia.- evalúa el grado de cumplimiento de los objetivos de la organización, sin cuantificarlos.
3. Calidad.- es el grado de cumplimiento de un producto, bien o servicio con respecto a las normas y especificaciones definidas para su elaboración, buscando la satisfacción del cliente.
4. Economía.- representa la solvencia económica con que cuenta la organización para llevar a cabo todos los procesos de la empresa.
5. Ecología.- es el grado de contaminación generado por los procesos productivos de la organización, así como el impacto ambiental que afecta a la sociedad.

## 1.4.2 SEGUIMIENTO Y MEDICIÓN EN LOS PROCESOS

### 1.4.2.1 INDICADORES DEL PROCESO

Son aquellos indicadores que permiten recolectar de manera correcta y representativa lo fundamental respecto a la ejecución y los resultados de uno o varios de los procesos, definiendo las capacidades y eficacia de los mismos.

### 1.4.3 CUADRO DE MANDO INTEGRAL TAMBIÉN LLAMADO BALANCED SCORECARD.

El Cuadro de Mando Integral también llamado Balanced Scorecard es considerado uno de los más importantes modelos de planificación y gestión de las empresas. El Cuadro de Mando Integral contribuye a la resolución de problemas a los que se enfrentan las organizaciones y preocupan a los directivos.

El Cuadro de Mando Integral es un modelo de gestión que traduce las estrategias en objetivos relacionados, medidos a través de indicadores y ligados a los planes de acción que permiten alinear el comportamiento de los miembros de la organización.

A través de un sistema coherente de elementos, como los mapas estratégicos, la asignación de recursos y la evaluación del desempeño. El Cuadro de Mando Integral ayuda a engarzar piezas normalmente descoordinadas en nuestras organizaciones para adecuar el comportamiento de las personas a la estrategia empresarial.

Se puede decir que el Cuadro de Mando Integral proporciona una fotografía de la situación actual de la empresa, la cual permite examinar cómo se está realizando la estrategia a medio y largo plazo. Para enfocar la fotografía previamente es necesario concretar la visión del negocio en objetivos estratégicos relacionados entre sí según diferentes perspectivas. Con esto se consigue hacer que la estrategia sea más entendible y fácil de comunicar, lo cual también permite organizar todo los elementos de gestión de la empresa en torno a sus verdaderos objetivos.

A pesar de los beneficios del Cuadro de Mando Integral aún es desconocido por las empresas incluso para aquellas que tienen intención de implementarlo o que ya lo están implementando, por lo cual es recomendable entender las razones que justifican el cambio, ya que el Cuadro de Mando Integral es un proyecto que requiere tiempo y recursos de la organización. La utilidad del Cuadro de Mando Integral no depende del tipo de empresa, sino más bien de los problemas a los que se enfrenta.

El cambio depende del grado de satisfacción con el actual modelo de gestión y con la comprensión de la estrategia de la empresa que demuestran las perspectivas de la organización. Al aplicarlo, a través de la relación coherente entre un enfoque limitado y un enfoque adecuado.

Enfoque limitado:

- Conjunto de indicadores financieros y no financieros.

- Sistemas de gestión para el control de la organización por parte de la alta dirección.
- Centrado en el uso de software. Se piensa más en el software que en el contenido.
- Enfocado en los cambios en la evaluación del desempeño que en la comprensión.

Enfoque adecuado:

- Conjunto coherente de elementos que concentran las acciones con la estrategia.
- Sistema de ayuda a la planificación y gestión que facilita la comunicación y proporciona mejor información a todos los niveles.
- Centrado en el contenido. El software es un modelo no un fin en sí mismo.
- Centrado en los objetivos estratégicos y las iniciativas prioritarias. Los cambios en la evaluación y la compensación son una consecuencia y no la razón de ser del modelo.

### 1.4.3.1 ELEMENTOS DEL CUADRO DE MANDO INTEGRAL.

#### 1.4.3.1.1. Misión, visión y valores.

La aplicación del Cuadro de Mando Integral comienza con la definición de la misión, visión y valores de la organización, la mayoría de las organizaciones ya cuentan con esta definición. Para el Cuadro de Mando Integral se toman como punto de partida, puesto que a partir de la definición de ellos se desarrolla la estrategia, que puede ser presentada en mapas estratégicos, o bien la estrategia puede ser conceptualizada en formatos.

#### 1.4.3.1.2. Perspectivas, mapas estratégicos y objetivos.

Se llama mapa estratégico al conjunto de objetivos estratégicos que se conectan a

través de relaciones causales. Los mapas estratégicos son el aporte conceptual más importante del Cuadro de Mando Integral.

El mapa estratégico ayuda a valorar la importancia de cada objetivo estratégico, ya que se presentan agrupados en perspectivas, dichas perspectivas son aquellas dimensiones críticas clave en la organización. Las cuatro perspectivas más comúnmente utilizadas son:

- Perspectiva financiera: ¿Qué debemos hacer para satisfacer las expectativas de nuestros accionistas?
- Perspectiva del cliente: ¿Qué debemos hacer para satisfacer las necesidades de nuestros clientes?
- Perspectiva interna: ¿En qué procesos debemos ser excelentes para satisfacer esas necesidades?
- Perspectiva de aprendizaje y crecimiento: ¿Qué aspectos son críticos para poder mantener esa excelencia?

El nombre de las perspectivas puede variar de una empresa a otra pero lo importante es que todas las empresas que implementan el Cuadro de Mando Integral cuentan con estas cuatro perspectivas.

Las perspectivas son un elemento prescindible del Cuadro de Mando Integral, lo importante es que los objetivos estratégicos reflejan la estrategia que los indicadores sean adecuados para su seguimiento. Las perspectivas le recuerdan a la organización lo importante que es tener objetivos estratégicos en todas las dimensiones clave. De este modo se garantiza que nuestro modelo es equilibrado y que no se centra únicamente en la rentabilidad presente, sino en aspectos no financieros clave para conseguir una rentabilidad futura, por lo tanto el Cuadro de Mando Integral es un modelo de gestión con visión a largo plazo.

Los mapas estratégicos se componen de objetivos estratégicos y relaciones causales. Los objetivos estratégicos muestran aquello que se requiere conseguir las relaciones causales son la explicitación de relaciones matemáticas: son relaciones intuitivas basadas en el conocimiento de la organización y del sector, así como la experiencia.

#### **1.4.3.1.3. Propuesta de valor al cliente.**

Dado que el Cuadro de Mando Integral ha de ser sencillo y fácilmente entendible es clave seleccionar aquellos objetivos estratégicos de primer nivel que son prioritarios. Para ello resulta de gran utilidad definir la propuesta de valor al cliente, es decir, lo que diferencia a la organización ante los clientes. Los gurús de la estrategia Kaplan y Norton la resumen siguiendo la clasificación de Trenacy y Wieserma en:

- Liderazgo de producto: Se centra en la excelencia de sus productos y servicios, que ofrecen la máxima calidad y funcionalidad.
- Relación con el cliente: Se centra en la capacidad para generar vínculos con clientes, para conocerlas y proporcionarles productos y servicios adecuados para sus necesidades.
- Excelencia operativa: Se centra en proporcionar productos y servicios a un precio competitivo para la calidad y funcionalidad que ofrecen.

#### **1.4.3.1.4. Indicadores y metas.**

Los indicadores también llamados medidas, son el medio que tenemos para visualizar si se están o no cumpliendo los objetivos estratégicos.

Se pueden establecer dos tipos de indicadores:

Indicadores de resultado: miden la consecución de objetivo estratégico. También se les llama indicadores de efecto.

Indicadores de causa: miden el resultado de las acciones que permiten su consecución. También llamados indicadores inductores.

Por ejemplo el número de horas de formación por empleado es un indicador de causa, el cual mide el esfuerzo que se realiza para conseguir mejorar las capacidades. El índice de satisfacción y el incremento medio de las ventas son indicadores de resultado, pues muestran el impacto de las acciones realizadas.

Los objetivos son el fin y los indicadores son el medio que tenemos para medirlos. Además en un Cuadro de Mando Integral habrá más indicadores que objetivos, por lo tanto es más fácil elaborar mapas estratégicos con objetivos. Cada indicador debe fijar metas, alcanzables coherentes con los objetivos estratégicos.

#### **1.4.3.1.5. Iniciativas estratégicas.**

Las iniciativas estratégicas son las acciones en las que la organización se va a centrar para la consecución de los objetivos estratégicos. Es importante priorizar las iniciativas en función de los objetivos estratégicos. Si analizamos el impacto de las iniciativas en marcha en cada uno de los objetivos estratégicos, se pueden visualizar iniciativas que aportan poco valor al cumplimiento de esos objetivos y objetivos estratégicos sin soporte de las iniciativas.

Las iniciativas pueden tener hitos de cumplimiento, sus propios indicadores para el seguimiento e incluso un Cuadro de Mando Integral propio. Hay organizaciones que incluyen las acciones estratégicas como unas de las perspectivas del modelo.

#### **1.4.3.1.6. Responsable y recursos.**

Cada objetivo, indicador e iniciativa debe tener su responsable. Una persona a cargo que controla su cumplimiento.

Otro aspecto clave para una implantación con éxito del Cuadro de Mando Integral es asignar los recursos necesarios para el buen desarrollo de las iniciativas estratégicas. También es importante establecer los equipos a cargo de cada iniciati-

va, así como el papel que diferentes personas van a tener durante el desarrollo del proyecto. Así como contar con un presupuesto que contenga una partida de recursos asignados a las iniciativas estratégicas.

#### **1.4.3.1.7. Evaluación subjetiva.**

Como ya se ha mencionado del establecimiento de indicadores para el seguimiento de los objetivos e iniciativas, es deseable dotar de cierta flexibilidad al modelo como instrumento de evaluación, análisis y reflexión estratégica. Por lo cual, es importante establecer procedimientos para una evaluación de los diferentes elementos, complementaria al cumplimiento de los indicadores específicos que se utilicen para la medición.

### 1.4.4 INDICADORES CLAVE DEL DESEMPEÑO

#### 1.4.4.1 DEFINICIÓN DE KPI

Son un conjunto de medidas que se centran en los aspectos de desempeño de la organización, estas medidas son las más críticas para el éxito actual y futuro de la organización.

Los KPI's raramente son nuevos en la organización, lo que ocurre con frecuencia es que no han sido bien reconocidos por el equipo de gestión actual.

Para entender mejor el impacto de los KPI's se presenta este ejemplo, un alto funcionario de una línea área se dedicó a medir y monitorear un solo KPI el cual era retraso en salidas de los vuelos. Para lo cual cada que un vuelo se retrasará en la salida se le notificaría al funcionario en cualquier parte del mundo que este estuviera y a su vez el gerente de la aerolínea recibiría una llamada personal de él. Paso poco tiempo para que la aerolínea tuviera una buena reputación en salidas a tiempo.

Esta medida tomada por el alto funcionario impacto en seis aspectos, debido a que se mejoró, la insatisfacción del cliente, disminución de los costos por cargos

de aeropuerto adicional y costos por ajustes en cambios de vuelos para los usuarios. Disminuyó el impacto negativo en el personal, disminuyó la mala relación con los proveedores y se tuvo un impacto ambiental positivo, debido a que los vuelos fueron más eficientes.

De esta manera se puede ejemplificar lo que el monitoreo de los procesos y las acciones impartidas por un nivel jerárquico elevado provocan en los hábitos y costumbres de los miembros de una organización.

Cuando se coloca un valor monetario a una medida, sea convertido en un indicador de resultado (ejemplo, las ventas diarias son resultado de las actividades realizadas que han tenido lugar para crear las ventas). Los KPIs se encuentran a mayor profundidad, pueden ser el número de visitas que se realizan a los clientes clave que conforman la mayor parte del negocio.

El KPI debe ser monitoreado por hora, día o semana. Debido a que los KPI son medidas orientadas al futuro. Los buenos KPI hacen la diferencia, puesto que tienen la atención constante del director general, con llamadas diarias al personal pertinente como se menciona en el ejemplo de la línea aérea.

Un negocio puede tener uno o varios KPI, por ejemplo el porcentaje de ingreso que proviene de los clientes que volvieron a comprar. Una escuela puede enfocar sus indicadores clave del desempeño sobre las tasas de graduación de los estudiantes. Un departamento de servicio puede tener una parte de los indicadores y estar alineado con el promedio de los indicadores de la compañía.

Cualquier indicador clave de desempeño que fueron selecciones, deben reflejar las metas de la organización para ser claves del éxito y deben ser cuantificables (medibles).

Los indicadores clave del desempeño por lo general son consideraciones a largo plazo. Los objetivos para un indicador clave del desempeño pueden cambiar conforme cambien las metas de la organización o conforme se vaya acercando hacia el cierre de este.

Por lo cual los indicadores deben ser; medibles, acordados, realistas, específicos y evaluados a través del tiempo. Los indicadores clave de desempeño están no deben perder de vista la misión y visión de la organización, y como ellos ayudan a seguir bajo estas directrices hacia el cumplimiento de las metas.

#### 1.4.4.2 TIPOS DE KPI

Existen tres tipos de medidas de desempeño que son utilizadas mezclados apropiadamente por las organizaciones de acuerdo a sus objetivos.

- Indicadores clave de resultado (KRIs), los cuales indican como ha trabajado en una perspectiva.
- Indicadores de desempeño (Pis), indican que se debe hacer.
- Indicadores clave del desempeño (KPIs), indican qué hacer para incrementar el rendimiento drásticamente.

Existe una analogía para describir la relación de estas tres medidas de desempeño. La cual consiste en comparar la organización con una cebolla, la piel exterior describe el estado general de la cebolla, es decir, la cantidad de sol, agua y nutrientes que ha recibido; la forma que se ha manejado desde la cosecha hasta llegar al estante en el supermercado.

Sin embargo, con forme quitamos las capas fuera de la cebolla, encontramos más información. Las capas representan diversos indicadores de desempeño y el núcleo, los indicadores clave de rendimiento o KPIs.

En esta figura se ejemplifica gráficamente la analogía de la cebolla aplicada a las medidas de desempeño.

Como podemos observar en la figura 1.1. Los indicadores clave de resultados son aquellos que diariamente nos indican cómo se comporta el proceso productivo

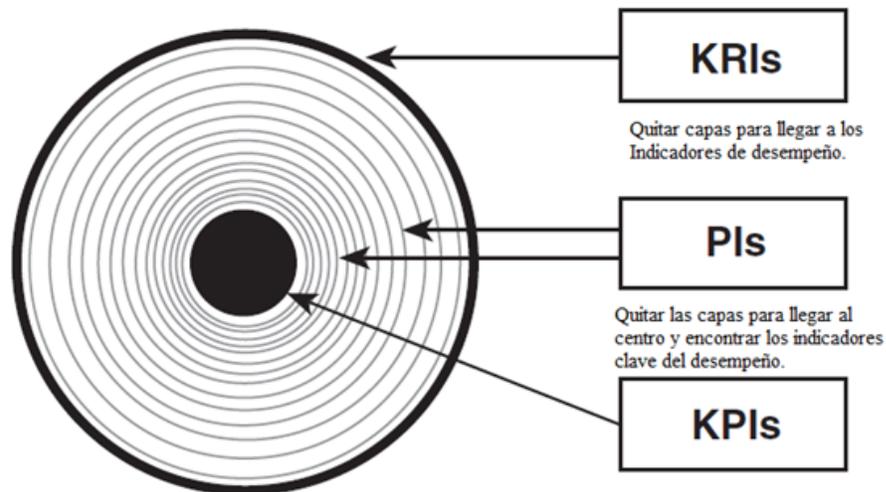


Figura 1.1: “Tipos de medidas de desempeño” [Parmenter., 2007]

de una organización, los indicadores de desempeño, son medidas de desempeño que se encuentran entre los indicadores clave de resultado y los indicadores clave del desempeño.

#### 1.4.4.2.1. Indicadores de Resultado (KRI)

La característica principal es que son resultados de muchas acciones, proporcionan una idea clara de si se está trabajando en la dirección correcta. Sin embargo ellos no te muestran lo que tienes que hacer para mejorar dichos resultados. Por lo tanto los KPI´s proporcionan la información de aquellos indicadores que no están involucrados en la gestión diaria.

Los KRI cubren un rango de tiempo menor que los KPIs, debido a q los KPIs pueden ser analizados en ciclos mensuales o quincenalmente mientras que los KRI son analizados diariamente o semanalmente. Los KRI tienen un impacto mayor en las mediciones que impactan reportes. Lo cual genera medidas de desempeño dentro aquellos que indicadores que impactan en la administración de los recursos de la organización.

Una organización puede tener una administración de reportes que puede constar hasta de 10 indicadores que proporcionan un alto nivel de KRIs para los tableros

de resultados, así como la implementación del balanced scorecard (BSC) o cuadro de mando integral que comprende hasta 20 indicadores para la administración, una mezcla de 10 indicadores KPIs y 10 indicadores KRI's.

Entre los KRIs y los verdaderos KPIs existen numerosos indicadores de desempeño. Estos complementan los KPIs y son mostrados sobre los tableros de resultados de la organización y dentro de los tableros de cada división, departamento o equipo de trabajo.

Indicadores de desempeño que se encuentran debajo de los KRIs se encuentran los siguientes:

- La rentabilidad del 10 % de los clientes.
- El beneficio neto en las líneas de productos clave.
- El porcentaje de incremento en las ventas con el 10 % de los clientes.
- Número de empleados que participan en el plan de sugerencias.

#### **1.4.4.2.2. Indicadores Clave del Rendimiento (KPIs)**

Los KPIs o Indicadores clave del rendimiento representan un conjunto de mediciones enfocadas sobre algunos aspectos del desempeño organizacional los cuales son críticos para lograr el éxito de las mismas.

Siete características de los KPIs:

- Medidas no financieras.
- Medidas de Frecuencia.
- Actúa sobre el CEO y el equipo de la alta dirección.
- Entender las mediciones correctivas requeridas para la ejecución de todo el equipo de trabajo.

- Generar lazos de responsabilidad individual o del equipo.
- Impacto significativo sobre los factores críticos del éxito más que en solo una de las perspectivas del cuadro de mando.
- Impacto positivo (afecta a todas las medidas de desempeño).

Cualquier indicador clave del desempeño seleccionado debe reflejar las metas de la organización, así como la clave para llevarlas al éxito, deben ser cuantificables, usualmente son considerados a largo plazo. Por definición son mediciones que no cambian a menudo, sin embargo la meta para un indicador clave del desempeño puede cambiar si los objetivos y metas de la organización cambian.

Los KPIs son esencialmente la evidencia de un cambio de cultura y procesos de mejora que actualmente son cargados a cambios positivos en términos del desempeño de los proyectos de la organización.

### 1.4.4.3 CLASIFICACIÓN BÁSICA DE LOS INDICADORES

#### 1.4.4.3.1. Nivel Base

“Es la medición inicial o estándar que toma el indicador, representado por el desempeño logrado antes del efecto de mejora a través de las iniciativas estratégicas.

#### 1.4.4.3.2. Valor Actual

Es la representación de las mediciones periodo a periodo del indicador, se ven afectadas por los efectos de las iniciativas estratégicas.

#### 1.4.4.3.3. Meta

Es el nivel esperado del indicador que la organización desea lograr luego de ejecutar exitosamente las iniciativas de mejora.

#### 1.4.4.4 NIVEL DE CUMPLIMIENTO DE UN INDICADOR POSITIVO

##### 1.4.4.4.1. Definición de Cumplimiento

El cumplimiento es la relación que hay en los resultados logrados y las metas propuestas. Es decir, permite medir el nivel de logro realizado.

##### 1.4.4.4.2. Indicador Positivo

Son aquellos cuyo resultado este indicando un avance hacia la meta propuesta o deseada. Cómo se observa en la gráfica el progreso de avance es notorio y se acerca hacia la meta conforme el cumplimiento del mismo es realizado. Algunos ejemplos donde se puede aplicar este tipo de indicador positivo es, incremento en satisfacción de cliente, incremento de recompra por parte de los clientes.

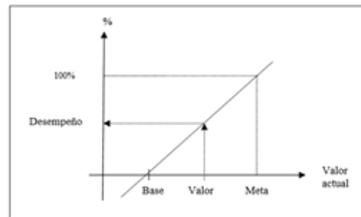


Figura 1.2: Gráfica Indicador Positivo

$$Desempeño = \frac{Valor - Base}{Meta - Base} 100\% \quad (1.1)$$

##### 1.4.4.4.3. Indicador Negativo

Son aquellos en los cuales la disminución de su valor o tendencia, estarían indicando un avance hacia la situación deseada. En este tipo de indicador la tendencia para lograr la meta deseada es negativa, es decir que entre más se disminuya se está acercando a la meta. Por ejemplo, reducción en porcentaje de scrap o retrabajos en una empresa manufacturera o bien la reducción de horas extra trabajadas por turno” [Castro Muñoz, 2010].

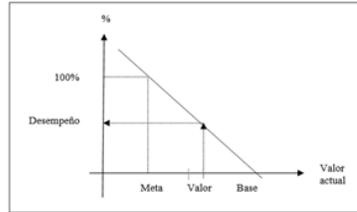


Figura 1.3: Gráfica Indicador Negativo

$$Desempeño = \frac{Base - Valor}{Base - Meta} 100\% \quad (1.2)$$

## 1.5 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

### 1.5.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.

El cuadro de mando, es una estrategia integral aplicable a este proyecto debido a que realiza un análisis de los indicadores basado en los análisis realizados en el cuadro de mando integral.

En un principio los trabajos realizados por Robert Kaplan desarrollaban el cuadro de mando Integral como un conjunto de indicadores que abarcaban todos los parámetros que pudieran medir el éxito de una empresa.

Posteriormente evoluciono el enfoque puesto que no solamente actuaba como una herramienta de supervisión, si no que tenía una fuerte motivación hacia el cumplimiento de los objetivos.

El cuadro de mando es una herramienta estratégica la cual puede ser utilizada para definir adecuadamente los objetivos que conducen a la supervivencia de las organizaciones, es un camino organizado que permite hacer lo que sabemos que tenemos que hacer.

El CMI es una herramienta de gestión compatible con cualquier otro modelo o paradigma que se haya implantado con anterioridad en las organizaciones, debido

a que dichas organizaciones se guían por su despliegue de objetivos y con ello los indicadores correspondientes. Por lo que el cuadro de mando integral reorganiza dichos objetivos, para posteriormente integrarlos en una forma equilibrada con la cual se pueda alcanzar la excelencia de la organización así como promover acciones que contribuyan a su logro de manera eficaz y coherente.

Esta herramienta ayuda a la generación correcta de la visión y misión de las empresas, ya que dichos conceptos son interpretados correctamente por los equipos directivos al materializar y cuantificar los objetivos traduciéndolos en indicadores estratégicos integrales que permite la medición eficiente de los procesos como el desarrollo para mejorarlos.

### 1.5.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.

El área de maquinados carcasas y ensamble ejes requieren de un análisis y evaluación de los indicadores de desempeño, así como la implementación de una herramienta de gestión que permita conocer en tiempo real el comportamiento de las líneas productivas. Obteniendo tendencias, predicciones y generando acciones oportunamente.

La implementación de un sistema de monitoreo en tiempo real surge por la necesidad de innovación en los procesos productivos, lo cual permite que la el manejo de información sea más rápida, veraz y confiable.

Al monitorear las máquinas se obtiene la verdad de la máquina en cuanto a la velocidad real y las pérdidas que se están teniendo en los procesos. El monitoreo en tiempo real, proporcionará a la organización una herramienta que ayude a la toma de decisiones y minimice el tiempo de respuesta al generarse alertas debido a los paros no programados.

La organización requiere obtener reportes de tiempos perdidos por baja productividad que permitan realizar planes de acción a corto plazo para eliminar dicho tiempo perdido. Así como un despliegue de información en piso y salas de juntas,

que permita mantener la cultura de compromiso y responsabilidad que existe actualmente.

## CAPÍTULO 2

# CONOCIMIENTO DEL NEGOCIO

---

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Conocer el funcionamiento del sistema de administración del desempeño dentro de la organización especialmente en las áreas de Maquinados Carcazas y Ensamble Ejes Traseros. Así como determinar las características que se consideraron para la realización de las pruebas piloto.

### 2.2 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se darán a conocer las características generales de las áreas seleccionadas para la implementación del sistema de monitoreo en tiempo real y la evaluación de los indicadores de desempeño validados por el departamento de excelencia empresarial.

Se mencionarán a grandes rasgos las funciones del departamento de excelencia empresarial y la interacción con la implementación del sistema de monitoreo, orientado al aumento de la productividad y retorno de inversión.

Además, se presentaron los indicadores de desempeño que actualmente se utilizan para la evaluación, mejora de los procesos y la forma en que son calculados.

## 2.3 DEPARTAMENTO DE EXCELENCIA EMPRESARIAL

### 2.3.1 OBJETIVO

El departamento de excelencia empresarial tiene como objetivo:

Controlar y evaluar los sistemas productivos con la conexión entre elementos y estabilidad entre los departamentos que integran el equipo de operaciones. Logrando el objetivo de la administración del desempeño, que es el cumplimiento de los resultados.

### 2.3.2 MISIÓN

El departamento de excelencia tiene como misión:

“Con nuestro talento y tecnología, transformamos productos en soluciones integrales que generan valor a clientes, accionistas y a la comunidad”. Se toma para fines de la presente investigación la misión de la organización.

### 2.3.3 VISIÓN

El departamento de excelencia tiene como visión:

“Crear admiración en todo lo que hacemos”

- Nos inspira en lo que intentamos y queremos llegar a ser.
- Es nuestra propuesta de valor comprometiéndose a:
  - Crear valor extraordinario para nuestro cliente.
  - Crear excelentes productos y servicios.
  - Ser una gran Empresa.

- Con nuestra visión buscamos visualizar el futuro y desarrollar los procedimientos y las acciones para hacer de ese futuro “Una Realidad”.

### 2.3.4 FUNCIÓN DEL DEPARTAMENTO

En el departamento de Excelencia Empresarial se llevan a cabo las siguientes funciones:

- Administración del desempeño.
- Ejecución de roles.
- Equipo de alto desempeño.
- Desarrollo de talento.
- Reconocimiento y normatividad.

Dentro de las cuales para efecto de la presente investigación nos enfocaremos en la administración del desempeño, la administración del desempeño tiene como principal objetivo monitorear la productividad de las áreas operativas, mediante una auditoria de las diferentes celdas que conforman las áreas de negocio llamada Ruta de Productividad, en esta auditoria se evalúan diversos aspectos como el correcto llenado del pizarrón de desempeño, evidencia de las acciones tomadas cuando no se logra el OEE requerido por la organización, limpieza de los pizarrones. Así como una evaluación del operador, donde él operador tiene que contestar las siguientes preguntas:

¿Conoce el significado de productividad?, ¿Conoce por qué la operación está siendo medida cada hora?, ¿Conoce los casos en los que debe informar a su superior al tener un rojo?, ¿El operador sabe cuál es el comportamiento de su máquina en OEE?, ¿El operador sabe en qué indicadores se basan los resultados del pizarrón de desempeño?.

Una de sus funciones principales del departamento de excelencia empresarial es el control y evaluación de los procesos mediante el llenado de un pizarrón, el cual refleja el desempeño de las líneas o celdas que conforman cada una de las áreas de negocio.

Dicho pizarrón es llenado por los operadores de las líneas o celdas críticas para el proceso productivo, cada hora durante los diferentes turnos laborados. Este medio sirve como ayuda visual para distintos niveles jerárquicos, debido a que el pizarrón muestra información muy concreta del progreso productivo de la línea o celda que se está mostrando.

Un aspecto importante de mencionar es que el llenado del pizarrón es supervisado por un grupo de personas que integran el equipo de diseño. El equipo de diseño está conformado por las siguientes áreas:

- Calidad.
- Procesos.
- Materiales.
- Mantenimiento.
- Programación.
- Coordinador de área.
- Coordinador de producción.
- Gerente de planta.

Descripción proceso de llenado del pizarrón de desempeño.



Figura 2.1: Cuadro de descripción del proceso de llenado del pizarrón de desempeño.

Como se puede observar en la figura 2.1, cada integrante del equipo de diseño tiene la responsabilidad de dirigirse a piso y supervisar que el pizarrón este llenado correctamente, en caso de existir alguna anormalidad debe indicarla a los involucrados.

El mostrar la información de las diferentes celdas o líneas permite obtener mayor compromiso por parte de los involucrados en el proceso productivo de cada área de negocio.

Los objetivos son claros y están a la vista de todos, el cumplimiento de ellos motiva e inspira la competencia sana entre el personal operativo.

Diagrama de flujo del proceso de operación del pizarrón de desempeño.

De acuerdo a la figura 2.2, el llenado del pizarrón además de motivar y mantener la información del turno visible, ayuda a reaccionar ante los posibles problemas que se tengan en piso, puesto que se revisan las horas en verde como producción y las horas en rojo como medidas de acción.

Al existir una hora en rojo en el pizarrón el facilitador debe ser notificado, si esto permanece una segunda hora se debe llamar al equipo de diseño para definir acciones inmediatas.

El facilitador es el encargado de dar seguimiento a los planes de acción, en caso de durar dos turnos seguidos en rojo el equipo completo debe presentar planes de acción directamente en piso. Con lo cual se garantiza el control de lo que está sucediendo en el área por turnos.

Existen también áreas destinadas para la divulgación de la información generada por el pizarrón hora por hora a esta área se le llama sala de rendición de cuentas, la cual tiene como objetivo comunicar la variación de desempeño de producción al plan en las últimas 24 horas de producción de la organización así como las acciones correctivas que se han tomado proporcionando una visión completa del área operativa.

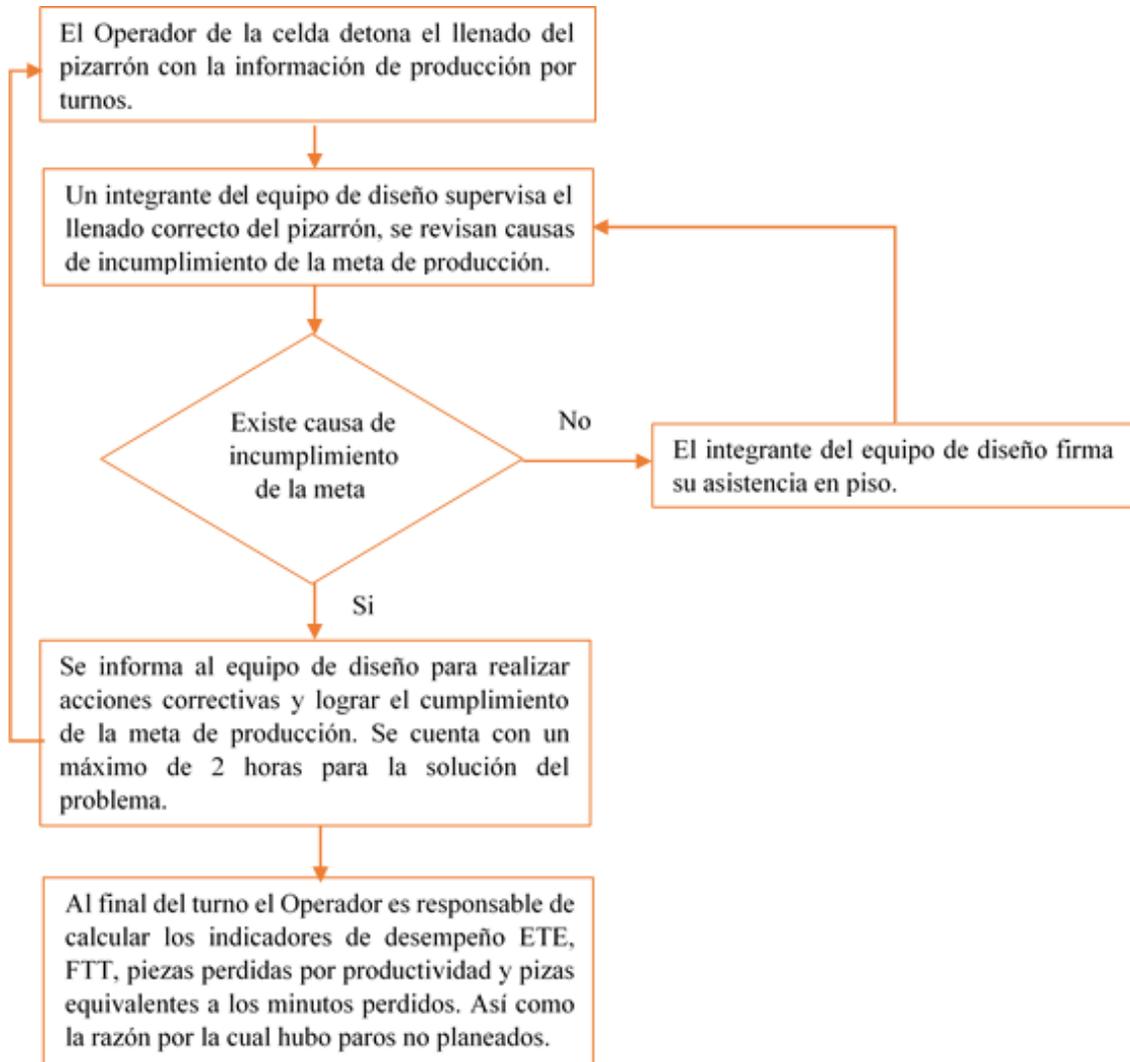


Figura 2.2: Diagrama de flujo del proceso de operación del pizarrón de desempeño.

### 2.3.5 INDICADORES DE DESEMPEÑO

Como ya se ha visto anteriormente, la organización cuenta con una herramienta de administración del desempeño la cual ayuda a mantener a la vista los avances por turno de las áreas productivas y tiene como finalidad evaluar los indicadores de desempeño.

Cada celda de trabajo cuenta con un pizarrón hora por hora, denominado así debido a que es llenado tiene este intervalo de tiempo. El pizarrón de desempeño como información general presenta los siguientes datos de la línea o celda:

- Planta.
- Línea.
- Máquina.
- Número de parte.
- Tiempo ciclo.
- Fecha.

### 2.3.5.1 CAPACIDAD TEÓRICA

El primer dato que encontramos es la Capacidad teórica de producción, esto con la finalidad de no perder de vista lo que la máquina es capaz de producir, es decir si se logra la eficiencia en los procesos se podría obtener esta capacidad de producción.

$$Capacidad\ Teórica(100\%) = Tiempo\ ciclo * 24\ horas\ de\ trabajo = \frac{Piezas}{hora} \quad (2.1)$$

Este dato en el pizarrón se marca con color azul y es validado por el departamento de ingeniería industrial de la organización.

### 2.3.5.2 METAL ACTUAL

La meta actual de producción o bien, ¿Cuánto puedo producir? se puede obtener mediante tres formas determinadas por la organización.

1.- Máquina cuello de botella.

$$Meta\ actual = 24\ horas * \frac{Piezas}{hora} * 85\% ETE \quad (2.2)$$

Donde la Efectividad Total de los Equipos (ETE), se obtiene de la siguiente manera, 90 % de disponibilidad, 95 % de Eficiencia y 99.8 % de calidad.

$$ETE = Disponibilidad * Eficiencia * Calidad \quad (2.3)$$

$$ETE = (0.90 * 0.95 * 0.998)100 = 85.32 \approx 85 \% \quad (2.4)$$

2.- Máquina controlada. Fase I.

$$Meta\ actual = 21\ horas * \frac{Piezas}{hora} * 85\ \% ETE \quad (2.5)$$

Donde el tiempo disponible para producción se obtiene así.

- 30 minutos de comida por turno.
- 15 minutos para limpieza por turno.
- 15 minutos de mantenimiento autónomo y juntas planeadas.
- ETE de 85 % anteriormente calculada.

3.- Máquina controlada. Fase II.

$$Meta\ actual = 22.5\ horas * \frac{Piezas}{hora} * 85\ \% ETE \quad (2.6)$$

Donde el tiempo disponible para producción se obtiene así:

- 15 minutos para limpieza por turno.
- 15 minutos de mantenimiento autónomo y juntas planeadas.
- ETE de 85 % anteriormente calculada.

Nota, el tiempo de comida se elimina al utilizar relevos.

### 2.3.5.3 REAL DE PIEZAS BUENAS

Real de piezas buenas. Este indicador se reporta cada hora debido a los lineamientos validados por calidad, el operador coloca en el pizarrón las piezas buenas que se están produciendo. Denotando con un color verde si las piezas producidas son igual a la meta y rojo cuando las piezas producidas son menores que la meta.

### 2.3.5.4 PIEZAS PERDIDAS POR SCRAP

Piezas perdidas por scrap. Cada hora el operador es responsable de reportar las piezas desperdicio en el pizarrón. Es muy importante que no se queden piezas pendientes por definir como scrap o no, de acuerdo a los lineamientos establecidos por calidad.

### 2.3.5.5 TIEMPO PERDIDO POR PAROS NO PLANEADOS

Tiempo perdido por paros no planeados efectuados durante los turnos productivos, para lo cual se registra en el pizarrón el tiempo que se ha perdido debido a:

- Mantenimiento y herramientas.
- Materiales.
- Proceso.
- Calidad.
- Producción.

Al final del turno se realiza una sumatoria del tiempo perdido por paros no programados.

### 2.3.5.6 PIEZAS PERDIDAS

Piezas perdidas, la finalidad de este indicador es conocer las piezas que la organización ha dejado fabricar y se obtiene del siguiente cálculo.

$$Piezas\ perdidas = Metal\ actual - Real\ de\ piezas\ buenas - Piezas\ perdidas\ por\ scrap \quad (2.7)$$

### 2.3.5.7 PIEZAS EQUIVALENTES A LOS MINUTOS PERDIDOS

Piezas equivalentes a los minutos perdidos, este indicador nos muestra las piezas que se dejan de fabricar debido a los paros no planeados generados durante un turno laborado y se calcula de la siguiente manera.

$$Piezas\ equivalentes\ a\ los\ minutos\ perdidos = \frac{Total\ de\ minutos\ perdidos}{Tiempo\ ciclo} \quad (2.8)$$

Finalmente se validan las piezas perdidas por productividad contra el total de minutos perdidos. Si los valores son iguales se coloca una paloma verde, en caso contrario se revisa que información no se está reportando correctamente colocando una X roja.

### 2.3.5.8 OEE (OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS) O ETE (EFICIENCIA TOTAL DE LOS EQUIPOS).

OEE (Overall Equipment Effectiveness) o bien la ETE (Eficiencia Total de los Equipos).

$$OEE = \frac{Real\ de\ piezas\ buenas}{Meta\ actual} * 100 \quad (2.9)$$

En caso de que el resultado sea menor a 85 % se coloca en rojo, mayor o igual a 85 % se coloca en verde.

### 2.3.5.9 FTT (FIRST TIME THROUGH) O PIEZAS BIEN A LA PRIMERA.

FTT (First Time Through o piezas bien a la primera) son las piezas que se han fabricado de acuerdo a los criterios de calidad y estándares de producción desde un inicio.

$$FTT = \frac{\text{Real de piezas buenas}}{(\text{Real de piezas buenas} + \text{Piezas perdidas por scrap})} \quad (2.10)$$

El FTT debe ser Mayor o igual a 99.8 % para colocarlo en verde, si es menor de 99.8 % se colocara en rojo en el pizarrón hora por hora.

Tabla de Resumen de los datos que conforman el pizarrón de desempeño.

Dato		Fórmula de acuerdo a la organización
Capacidad Teórica.		Capacidad teórica (100 %)= Tiempo ciclo * 24 horas de trabajo = Piezas / hora
Meta actual.		
1	Máquina cuello de botella.	Meta actual = 24 horas * Piezas / hora * 85 % ETE
2	Máquina controlada. Fase I.	Meta actual = 21 horas * Piezas / hora * 85 % ETE
3	Máquina controlada. Fase II.	Meta actual = 22.5 horas * Piezas / hora * 85 % ETE
Real de piezas buenas.		
Piezas perdidas por scrap.		
Tiempo perdido por paros no planeados.		

Tabla 2.1: Tabla de datos, pizarrón de desempeño.

Tabla de resumen de los indicadores que conforman el pizarrón

Indicador	Meta	Fórmula de acuerdo a la organización
Piezas perdidas	0	Piezas perdidas = Meta actual - Real de piezas buenas - Piezas perdidas por scrap
Piezas equivalentes a los minutos perdidos	0	Piezas equivalentes a los minutos perdidos = (Total de minutos perdidos) / (Tiempo ciclo)
OEE (Overall Equipment Effectiveness) o ETE (Eficiencia Total de los Equipos)	Mayor o igual 85 %	OEE = (Real de piezas buenas) / (Meta actual) * 100
FTT (Frist Time Through) o Piezas bien a la primera	Mayor o igual 99.8 %	FTT = (Real de piezas buenas) / (Real de piezas buenas + Piezas perdidas por scrap)

Tabla 2.2: Tabla de indicadores, pizarrón de desempeño.

## 2.4 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE MAQUINADOS CARCAZAS.

El área de maquinados carcazas fabrica piezas para dos clientes, Magna y American Axle. La implementación del sistema de monitoreo en tiempo real se realizará en maquinados carcazas American Axle, debido a que su capacidad de producción es mayor que carcazas Magna y los resultados que se esperan obtener proporcionarán un mayor impacto a la organización.

Maquinados carcazas American Axle está conformada por tres celdas de trabajo, conformadas por 3 máquinas CNC que operan en producción continua y una cuarta máquina que sirve como apoyo en caso de aumentar la demanda de producción.

Para fines de la presente investigación se realizará la implementación de un monitoreo en tiempo real en las tres máquinas que están dedicadas al 100 % a la fabricación de las carcasas. Estas máquinas fabrican el mismo modelo de pieza por lo cual los tiempos de maquinado no cambian. Sin embargo el sistema de monitoreo en tiempo real tiene la capacidad para monitorear diversos cambios de modelo en

una misma máquina.

Dentro de esta área el flujo del proceso general está representado de la siguiente manera, para las máquinas en la que se pretende implementar el sistema de monitoreo:

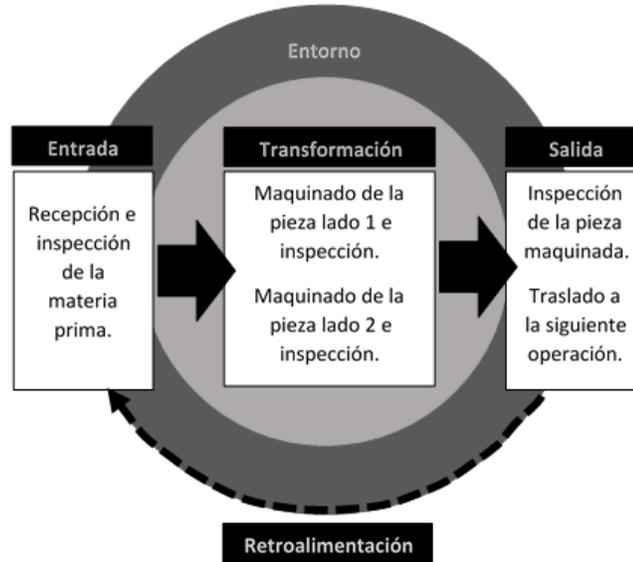


Figura 2.3: Diagrama general de flujo área de maquinados carcazas American Axle

Como podemos observar en el figura 2.3, el proceso de maquinados carcazas comienza con la recepción e inspección de la materia prima, para estas celdas no existen cambios de modelo por lo cual el tiempo ciclo no cambia. Sin embargo se presentan ajustes de herramienta, insertos e inspecciones.

Posteriormente se lleva a cabo el proceso de maquinado por el lado 1 de la pieza la cual al terminó del mismo se saca de la máquina CNC, se inspecciona visualmente y se coloca para realizar el maquinado del lado 2 de la pieza.

Al término del proceso de maquinado se realiza una inspección de acuerdo a los estándares de calidad, este proceso se repite hasta concluir el lote de fabricación programado y se pasa a la siguiente estación.

Cada hora el operador tiene la responsabilidad de colocar la información requerida por el pizarrón de desempeño, así como notificar los paros no programados

para su pronta solución.

Al presentarse un paro no programado el operador debe colocarlo en el pizarrón, dando una breve descripción, colocar tiempo perdido por el paro e identificar el área al que pertenece.

Al final del turno el operador tiene la responsabilidad de calcular los indicadores de desempeño; Eficiencia Total de los Equipos (ETE), Piezas bien a la primera (FTT), Piezas perdidas y Piezas equivalentes a los minutos perdidos.

## 2.5 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ENSAMBLE EJES.

El área de ensamble ejes traseros, cuenta con estaciones de trabajo manuales o semi-automatizadas para el apoyo en el ensamble de los componentes. Estas estaciones de trabajo actualmente están monitoreadas por un sistema denominado MES (Manufacturing Execution System o Sistemas de Ejecución de Manufactura), el sistema MES es un sistema dinámico de información que conduce de forma efectiva la ejecución de las operaciones de fabricación, pone en marcha e informa sobre las actividades en planta en tiempo real. Gestiona operaciones de producción desde el momento del lanzamiento de la orden de trabajo hasta la fabricación del producto final debido a que capta y almacena la información que surge del proceso o planta. Algunos ejemplos son: el manejo de inventarios en la línea de producción, trazabilidad, control estadístico del proceso, cumplimiento de especificaciones y reportes en tiempo real que facilitan al usuario final, a través de un interfaz WEB, analizar la información de forma personalizada para la toma de decisiones en tiempo real.

Actualmente el área de ensamble se considera punto crítico para la implementación de un sistema de monitoreo en tiempo real debido a que de este tipo de procesos depende el tiempo de entrega al cliente final. Conocer las fugas de tiempo es vital para los administradores de la línea.

El flujo del proceso general de la línea de ensamble ejes traseros se describe de

la siguiente manera.

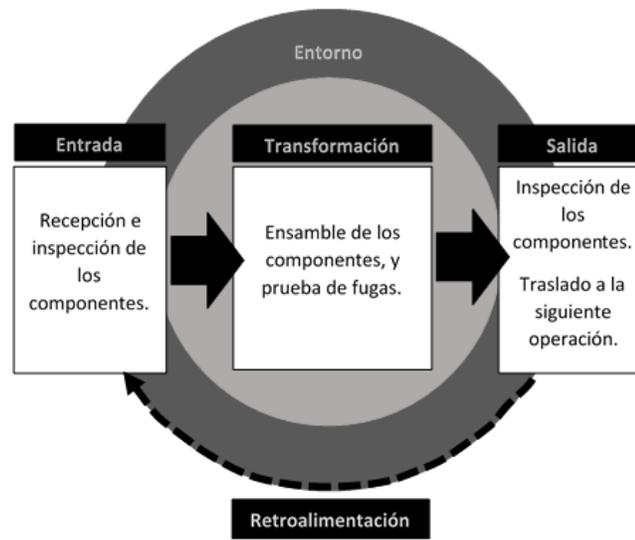


Figura 2.4: Diagrama general del flujo de proceso línea de ensamble ejes traseros

En la figura 2.4, observamos el proceso general de la línea de ensamble ejes. El proceso comienza con la recepción e inspección de componentes estos se ensamblan de manera manual apoyados con pistolas neumáticas calibradas para realizar los ajustes de acuerdo a las especificaciones de calidad, cada que las piezas ensambladas pasan de una estación a otra se realiza una inspección del ensamble y se registra en el sistema MES, el cual contabiliza los ensambles, permitiendo tener un registro en tiempo real de las piezas como ensamble, piezas buenas y piezas totales. Al término de este proceso de ensamble se pasa a la siguiente operación.

## CAPÍTULO 3

# PLANTEAMIENTO Y EVALUACIÓN DE INDICADORES

---

### 3.1 OBJETIVO

El objetivo de este capítulo es conocer cómo se evalúan en la literatura los indicadores de desempeño, que actualmente la organización está utilizando para evaluar y mejorar los procesos productivos de las áreas donde se realiza la implementación del sistema de monitoreo en tiempo real.

### 3.2 INTRODUCCIÓN

En este capítulo, podremos contrastar los indicadores que actualmente están evaluando las áreas seleccionadas para la implementación del sistema de monitoreo en tiempo real. Así como la forma en que la literatura nos indica que se tiene que llevar a cabo el cálculo de ellos.

También hablaremos de las 6 pérdidas y el impacto que provocan en el tiempo de operación de los equipos. Así como comprender que al conocer las pérdidas o fugas de tiempo podremos lograr la eficiencia óptima para los equipos y los procesos productivos. Apoyados en todo momento por la calidad y la expectativa de cero defectos.

Muchas de las ineficiencias se encuentran en las pérdidas por paros menores, debido a que por lo general son ignorados, sin embargo, en este capítulo se resaltarán la importancia de conocer el tiempo que estamos acumulando cuando en el proceso existe una gran cantidad de paros menores, así como las demás pérdidas que se presentan.

La aplicación y evaluación de los indicadores como el FTT (First Time Through, piezas bien a la primera) fomenta la mejora de la calidad de las piezas, e involucran a todo el personal en la solución de problemas.

### 3.3 EVALUACIÓN DE LOS INDICADORES ACTUALES EN LAS PRUEBAS PILOTO

#### 3.3.1 OEE (OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS)

##### 3.3.1.1 OBJETIVO

El objetivo del OEE, es medir la eficiencia de los equipos tomando en cuenta las pérdidas que se producen en los sistemas productivos.

Para realizar el cálculo del OEE es necesario una toma de datos, los cuales evalúan el sistema productivo en tres medidas de desempeño.

- Porcentaje de disponibilidad, es decir, “Máquina trabajando o máquina parada”.
- Porcentaje de rendimiento, es decir, “Se está trabajando a la capacidad máxima”.
- Porcentaje de calidad, es decir, “Se está trabajando de acuerdo a los estándares”.

La correcta evaluación de estos tres sectores permite visualizar de forma ponderada los factores que disminuyen la capacidad en los sistemas productivos.

### 3.3.1.2 PÉRDIDAS DE OEE (OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS)

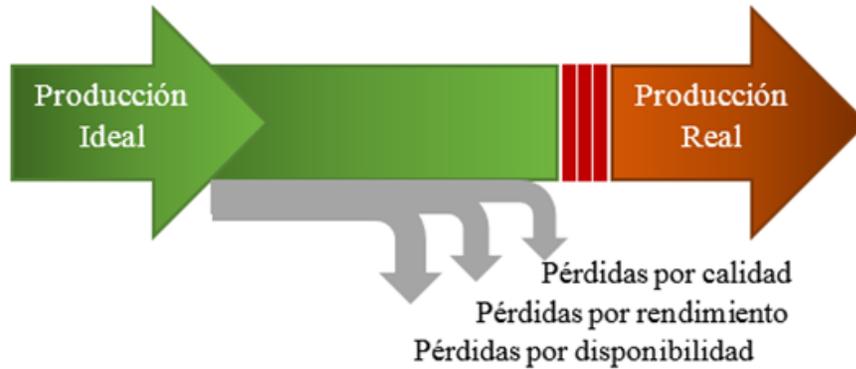


Figura 3.1: Diagrama de pérdidas OEE(Overall Equipment Effectiveness)

Como podemos observar en la figura 3.3.1.2. Se presenta el diagrama de pérdidas del OEE, que a continuación se describe.

- Pérdidas por disponibilidad. Principalmente, por averías, Esperas por falta de materia prima o material y pérdida por falta de herramienta.
- Pérdidas por rendimiento. Encontramos: velocidad de trabajo menor a la velocidad máxima y micro paros.
- Pérdidas por calidad. Donde las principales causas son: fabricación de productos fuera de especificación (scrap) o reproceso.

La efectividad de los equipos mide el valor agregado a la producción debido al funcionamiento de los mismos, por lo que para la organización el OEE da la pauta para realizar análisis de mejora de la eficiencia de los equipos y así maximizar la productividad de los procesos.

Encontramos 6 pérdidas las cuales afectan la eficiencia de los equipos y la calidad de los productos. Estas pérdidas son:

- Fallas de equipo: Estas pueden ser generadas por fallas esporádicas o crónicas, las fallas esporádicas por lo general son obvias y fáciles de corregir. Mientras que las fallas crónicas son con frecuencia ignoradas, por lo que realizar el análisis de la causa raíz es mucho más complejo.
- Tiempos de ajuste: Generalmente este tipo de falla es el resultado de los tiempos de paro programados para ajustes en el proceso, por lo que las organizaciones enfocan sus esfuerzos a minimizar dichos tiempos, tanto paros por ajuste dentro de los equipos como fuera.
- Tiempos de ocio y paros menores: Ocurren cuando la producción se interrumpe, debido a paros entre productos o al mal funcionamiento de los equipos. Este tipo de paros con frecuencia son ignorados debido a que rápidamente se pueden solucionar y continuar con el flujo de producción. Sin embargo, detectar y corregirlos puede ser la solución para obtener una buena eficiencia en los equipos.
- Reducción de la velocidad: Se refiere a la diferencia entre la velocidad de diseño y la velocidad de operación actual de los equipos. Algunas razones de la variabilidad en las velocidades pueden ser: problemas mecánicos, defectos de calidad, antecedentes de problemas en el pasado, miedo de exceso de esfuerzo del equipo y desconocer la velocidad óptima. Por lo cual aumentar la velocidad de la operación contribuye en gran medida a la solución de problemas y suele revelar defectos latentes en las condiciones de los equipos.
- Defectos del proceso: Son pérdidas por calidad generadas por el equipo de producción, como se ha mencionado antes, los defectos esporádicos pueden ser fáciles de corregir, mientras que los crónicos requieren de un análisis más profundo.

- Reducción del rendimiento: Este tipo de pérdidas por rendimiento o arranque son pérdidas que ocurren durante las etapas temporales de producción desde el comienzo hasta su estabilización. La cantidad de pérdidas por rendimiento varía con el grado de estabilidad de las condiciones de manufactura, el nivel de mantenimiento y equipo, así como las habilidades técnicas de los operadores. Al realizarse estudios acerca de la reducción del rendimiento los resultados mejoran notablemente los procesos.

Efecto de las seis pérdidas en el tiempo de operación del equipo

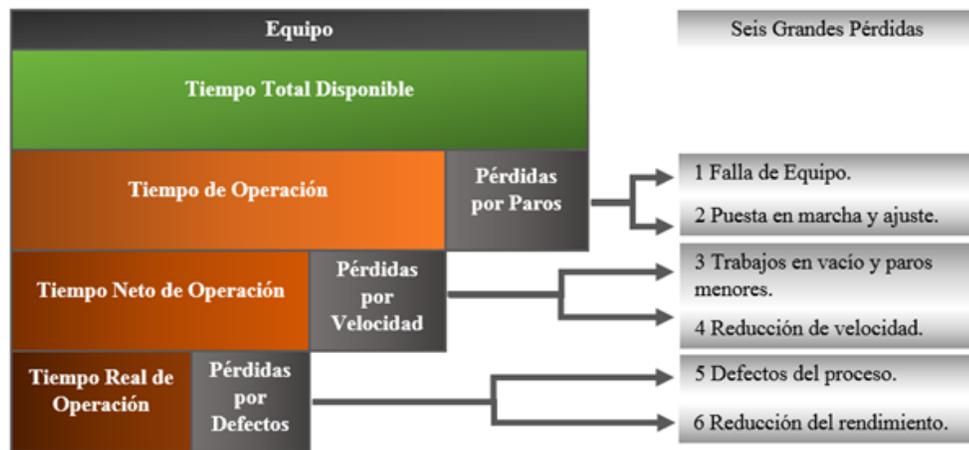


Figura 3.2: Diagrama de efecto de las pérdidas en el tiempo de operación de los equipos [Rendon, 1997]

Como podemos observar en la figura 3.2. La primera franja color verde nos muestra el tiempo total disponible para producción de piezas. Sin embargo en la segunda franja observamos que durante el proceso de producción se presentan paros no planeados que afectan la planeación diaria, estos paros pueden deberse a fallas de equipo o bien a paros por ajuste o durante el arranque del turno.

En la tercera franja observamos el tiempo neto de operación el cual se ve afectado por las pérdidas de velocidad, ocasionadas por trabajos en vacío, paros menores y reducción de velocidad.

En la cuarta franja observamos el tiempo real de operación el cual se ve afectado

por las pérdidas por defectos, los cuales pueden ser defectos del proceso o reducción del rendimiento.

### 3.3.2 FTT (FIRST TIME THROUGH O PIEZAS BIEN A LA PRIMERA)

El FTT es un indicador básico de calidad de un proceso, el cual muestra el porcentaje correcto de piezas que se hacen bien a la primera, sin necesidad de retrabajos adicionales.

El cálculo de este indicador implica tomar en cuenta la cantidad de piezas que ha entrado en el proceso durante la toma de datos, para mejores resultados se debe contar con la información más completa posible de los procesos. Las piezas que entran al proceso, típicamente las denominamos como “materia prima”.

Este indicador fomenta la calidad en el proceso, puesto que da más importancia a la prevención de defectos que a la inspección y reparación. Así mismo involucra al personal que interviene en los procesos, involucrándolo en la solución de problemas y en la mejora de la calidad.

## 3.4 CÁLCULO DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN EN LAS PRUEBAS PILOTO.

### 3.4.1 CÁLCULO DE OEE (OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS)

“El OEE, sirve para medir la eficiencia productiva de los equipos, por lo cual considera todos los parámetros fundamentales en la producción. Como lo es la disponibilidad, la eficiencia y calidad de los equipos y procesos” [<http://www.shoplogix.com/>, 2010].

Por lo tanto de acuerdo con la literatura dicho indicador se calcula así:

$$OEE = Disponibilidad * Eficiencia * Calidad \quad (3.1)$$

### 3.4.1.1 DISPONIBILIDAD

“La disponibilidad representa la porción de tiempo operativo del equipo en comparación al tiempo total disponible del equipo y se calcula de la siguiente manera” [<http://www.>]

$$Disponibilidad = \frac{Tiempo\ de\ Operación}{Tiempo\ Planificado\ de\ Producción} \quad (3.2)$$

O bien,

$$Disponibilidad = \frac{Tiempo\ Planificado\ de\ Producción - Paros}{Tiempo\ Planificado\ de\ Producción} \quad (3.3)$$

### 3.4.1.2 RENDIMIENTO

“La eficiencia por rendimiento representa la cantidad de productos en relación a la producción teórica y el cual se obtiene de la siguiente manera” [<http://www.shoplogix.com/>, 2010]

$$Rendimiento = \frac{Número\ Total\ de\ Unidades * Tiempo\ Ciclo}{Tiempo\ de\ Operación} \quad [Högfeldt, 2005] \quad (3.4)$$

O bien,

$$Rendimiento = \frac{Velocidad\ Real}{Velocidad\ Máxima} \quad (3.5)$$

### 3.4.1.3 CALIDAD

La eficiencia por calidad representa la cantidad de productos producidos de acuerdo a los estándares con respecto al total de productos producidos, es calculado de la siguiente manera:” [http://www.shoplogix.com/, 2010].

$$Calidad = \frac{Número\ de\ Unidades\ Conforme}{Número\ de\ Unidades\ Conforme + (scrap + retrabajo)} \quad (3.6)$$

O bien,

$$Calidad = \frac{Número\ de\ Unidades\ Conforme}{Número\ Total\ de\ Unidades} \quad (3.7)$$

### 3.4.1.4 CRITERIOS DE EVALUACIÓN DEL CÁLCULO DEL OEE.

“De acuerdo a los porcentajes obtenidos en los cálculos de OEE, se puede decir que;  $OEE < 65\%$ , es inaceptable, puesto que denota que el equipo o proceso tiene muchas pérdidas y su competitividad es baja.

$65\% \leq OEE < 75\%$ , es considerado como irregular, aceptable solo si se está en proceso de mejora. Puesto que denota pérdidas y baja competitividad.

$75\% \geq OEE < 85\%$ , se considera como un indicador bueno, en los valores de clase mundial y supone buena competitividad.

$OEE \geq 95\%$ , es considerado como excelente, puesto que son valores de clase mundial se puede suponer que se cuenta con excelente competitividad” [González, 2009].

### 3.4.2 CÁLCULO DE FTT (FIRST TIME THROUGH)

Este indicador es parte de los principios de la metodología lean, cero defectos, por lo cual es muy importante para la organización y se calcula de la siguiente manera.

$$FTT = \frac{\text{Unidades Entrantes} - \text{scrap} - \text{retrabajo}}{\text{Unidades Entrantes}} * 100\% \quad (3.8)$$

“Donde las unidades entrantes son todas aquellas piezas que entran al proceso, durante la toma de datos. Se recomienda sea lo más completa posible para realizar mejores análisis del proceso” [Marin-Garcia, 2007].

El scrap, chatarra o deshecho es el número de piezas que han entrado en el proceso y que han tenido que desecharse debido a defectos.

Retrabajo es el número de piezas que número de piezas que han entrado en el proceso y que se han tenido que reprocesar debido a defectos. El retrabajo puede ser interno, es decir que se realiza durante el mismo proceso sin sacarlo de la máquina o línea o externo , el cual se realiza en otro lugar o en otro momento.

## CAPÍTULO 4

# IMPLEMENTACIÓN DE LAS PRUEBAS PILOTO.

---

### 4.1 OBJETIVO GENERAL

Conocer el proceso que se llevó a cabo para la implementación de las pruebas piloto en las áreas de maquinado carcasas y ensamble ejes traseros.

### 4.2 INTRODUCCIÓN

La implementación del sistema de monitoreo en tiempo real en las áreas seleccionadas por la organización para la realización de las pruebas piloto, se realizó en el área de Maquinados carcasas y Ensamble ejes traseros. Este proceso permitió la integración de varias áreas como lo es; Sistemas, Mantenimiento, Producción, Calidad, Operaciones, Excelencia Empresarial, Finanzas e Innovación Tecnológica. Sin olvidar el apoyo otorgado por la Dirección de la organización.

En el comienzo de la implementación se planificaron una serie de talleres de trabajo para dar a conocer los beneficios que traería la implementación de un sistema de monitoreo en tiempo real y al mismo tiempo conocer los requerimientos y expectativas de las áreas seleccionadas para las pruebas piloto.

Posteriormente se trabajó para lograr la conectividad entre la organización y

el sistemas de monitoreo en tiempo real, una vez logrado esto, se procedió a trabajar con los grupos de diseño de las pruebas piloto para determinar razones de paro.

La implementación del sistemas de monitoreo permite visualizar lo que está pasando en la producción, es decir si la máquina está trabajando o está parada. Un conteo de piezas maquinadas y las razones por las cuales se genera un paro. Lo que permite realizar análisis y muestra de manera visual donde tenemos perdidas por velocidad, disponibilidad o calidad. Así como realizar reportes históricos que ayuden a la oportuna toma de decisiones.

### 4.3 SISTEMAS DE MONITOREO EN TIEMPO REAL.

#### 4.3.1 SISTEMA DE MONITOREO EN TIEMPO REAL

El sistema de monitoreo en tiempo real es una aplicación tecnológica que permite el monitoreo de máquinas automatizadas, o bien el monitoreo de líneas de ensamble las cuales cuenten con algún sistema de monitoreo de la producción. Dicho sistema está diseñado para monitorear las líneas de producción y generar reportes de producción, calidad, mantenimiento, mano de obra entre otros, lo que permite a la organización conocer el estado de las líneas o celdas de cada una de sus áreas de negocio.

Mediante pantallas, colocadas en las líneas o celdas que están siendo monitoreadas, el personal operativo puede observar el avance en la producción, favoreciendo el aumento de la motivación del personal hacia su trabajo, puesto que se sienten involucrados por lograr las metas y objetivos que se han determinado mediante el departamento de ingeniería industrial de la organización.

### 4.3.2 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE MONITOREO EN TIEMPO REAL IMPLEMENTADO EN LA ORGANIZACIÓN

El sistema de monitoreo en tiempo real se implementó bajo la premisa de administración del desempeño en tiempo real, el cual se lleva a cabo mediante la recolección de datos de máquinas automatizadas. Esto permite mantener una visión de la empresa en tiempo real obteniendo información confiable proveniente de las máquinas que conforman los procesos productivos. Lo anterior con la finalidad de ayudar en la oportuna toma de decisiones en todos los niveles jerárquicos de la organización.

El sistema de monitoreo en tiempo real permite compatibilidad con otros softwares, lo cual genera ahorros a la organización al momento de implementarlo. Al obtener información directamente de las máquinas se obtienen datos reales, de lo que sucede en los procesos, con lo cual se permite optimizar los procesos productivos.

Existen 3 características del sistema de monitoreo en tiempo real que se implementó en el área de maquinados carcasas y ensamble ejes:

1. Interconexión simple, debido a que se conecta con cualquier tipo de máquina, así como instalación y operación simple.
2. Rápida puesta en marcha, puesto que la configuración es sencilla, flexible y el entrenamiento de usuarios es mínimo.
3. Mejora sustentable, ya que promueve ganancias de productividad, asegura el mejoramiento continuo, acelera y aumenta la rentabilidad.

Esta herramienta de administración del desempeño está basada en el cálculo del OEE (Overall Equipment Effectiveness) o ETE (Eficiencia Total de los Equipos).

En la implementación de esta herramienta, se conectó un sistema de señales digitales a la torreta de cada una de las celdas que se pretendían monitorear, así el

rojo envía señales de paro, amarillo envía señales de micro paros por cambios en el maquinado de las piezas y el verde nos indica máquina produciendo.

El sistema opera de la siguiente manera, obtiene la señal digital de la máquina automatizada, dicha señal se envía a una computadora donde se obtiene información la cual es enviada a un servidor, en que ya se tiene instalado el software de monitoreo en tiempo real, posteriormente y mediante el uso de la aplicación tecnológica, la información que entro en forma de señal digital se regresa como información en forma de reportes, los cuales son generados de manera sencilla, facilitando la generación y comprensión de los mismos.

Al mismo tiempo permite generar alarmas de acuerdo al tipo de paro que se presente, el tipo de alarmas pueden ser visual, auditivo o bien vía electrónica. Así como el nivel de criticidad que deba tener cada una de las alarmas generadas.

Al determinar las razones de paro, la organización podrá obtener diagramas Pareto que permitirán a los analistas del proceso toma acciones para disminuir los tiempos perdidos por paros en posteriores análisis. Sin embargo, dará la claridad para dirigir los esfuerzos.

### 4.3.3 BENEFICIOS DE IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE MONITOREO EN TIEMPO REAL

Al contar con sistema de monitoreo en tiempo real la organización está conociendo lo que realmente pasa con las máquinas que estamos monitoreando, lo que se conoce como la verdad de la máquina. Esta información resulta de gran utilidad porque se dan a conocer las deficiencias que tiene el proceso, lo que permite sacar a la luz las áreas de oportunidad que tenemos para llegar a una eficiencia mayor de dichas máquinas.

Algunos de los beneficios que se obtienen al implementar un sistema de monitoreo en tiempo real son:

- a) Obtener la verdad de la máquina: Conocer realmente que está pasando en el funcionamiento de la máquina que estamos monitoreando, puesto que los datos que se obtienen no son manipulados por el personal operativo.
- b) Determinar los tiempos perdidos debidos a paros no planeados, al identificar en que estamos perdiendo tiempo productivo podemos tomar acciones para disminuirlos, por lo cual la implementación de una sistema de monitoreo en tiempo real nos permite dirigir los esfuerzos hacia la solución de problemas potenciales que al disminuirlo o eliminarlos proporcionarán mejor eficiencia en nuestro proceso productivo.
- c) Reportes para la toma de decisiones, una parte fundamental para la toma de decisiones son los reportes que cada sistema puede generar y la facilidad para entenderlos. Por lo cual el sistema de monitoreo en tiempo real cuenta con una gran variedad de reportes prediseñados los cuales son aplicables a diversos sectores industriales. Esto permitirá a la organización tomar decisiones de acuerdo a lo que está sucediendo en la operación.
- d) Generar Tendencias, como ya se mencionó es importante entender los reportes que podemos obtener del sistema de monitoreo en tiempo real, sin embargo es igual de importante obtener tendencias, las cuales ayuden a diversos niveles jerárquicos en la toma oportuna de decisiones basadas en información concreta y certera.
- e) Conocer el estatus de la organización en cualquier punto. El sistema de monitoreo en tiempo real, permite gestionarlo desde cualquier punto que se encuentren el personal gerencial o directivo, por lo que al encontrarse fuera de la organización se mantienen completamente informados de lo que ocurre dentro de la misma.
- f) Escalamiento, al probar que este sistema de monitoreo en tiempo real es adecuado para la organización, el escalar a plantas completas es vital, ya que se cuenta con monitoreo en tiempo real no solo en un proceso de la organización, si

no en varios. Optimizando recursos, generando mayores beneficios, siendo una organización más productiva.

#### 4.3.4 FÓRMULAS DEL SISTEMA DE MONITOREO EN TIEMPO REAL.

Como podemos observar hemos hecho énfasis en el cálculo del OEE, debido a que es uno de los indicadores que consideramos clave del desempeño. Y para el sistema de monitoreo en tiempo real encontramos que se calcula de la siguiente manera:

$$OEE = Disponibilidad * Calidad * Desempeño \quad (4.1)$$

Donde la disponibilidad la obtenemos del resultado de:

$$Disponibilidad = \frac{Tiempo de Funcionamiento}{Tiempo de Funcionamiento + Preparación + Tiempo Productivo} \quad (4.2)$$

El sistema detecta dos estados de máquina, funcionando y paro. Por lo que para el primer dato que encontramos en numerados de la ecuación es el tiempo que la máquina monitoreada está funcionando, entre el tiempo que productivo sumado el tiempo de preparación y el tiempo de máquina funcionando.

Para el segundo componente que es la Calidad encontramos que se calcula de la siguiente manera:

$$Calidad = \frac{Producción Total - Desecho}{Producción Total} \quad (4.3)$$

Como podemos observar la calidad es el resultado de las piezas producidas de acuerdo a los estándares determinados para las piezas que se están produciendo menos aquellas piezas producidas que no cumplen con los estándares de calidad establecidos por la organización.

El tercer elemento es el Desempeño, el cual se obtiene como veremos a continuación.

$$Desempeño = \frac{\frac{Producción\ Total}{Tiempo\ de\ Funcionamiento}}{Velocidad\ Máxima} \quad (4.4)$$

Donde podemos observar que la producción total la dividimos entre el tiempo de funcionamiento para obtener piezas realizadas en un tiempo determinado, y esto lo dividimos entre la velocidad máxima para así conocer el desempeño real del equipo.

#### 4.4 IMPLEMENTACIÓN DE LA PRUEBA PILOTO EN ÁREA DE MAQUINADOS CARCASAS.

Como ya se ha mencionado anteriormente el área de Maquinados Carcasas cuenta con tres centros de maquinado, en dichos centros se maquina un mismo modelo de componente por lo que en el estudio no se presentan mezclas de componentes en el proceso. El primer paso para lograr la comunicación entre la máquina y el sistema de monitoreo en tiempo real fue la instalación de relevadores en la torreta de aviso de producción o paro, con lo cual se tomaron las señales requeridas para comenzar el monitoreo de las máquinas.

El color verde de la torreta nos envía la señal de máquina trabajando, o bien, producción. La señal amarilla nos indica cambio de proceso en la pieza que se está trabajando. El color rojo indica un paro, ya sea programado o no.

El sistema de monitoreo en tiempo real toma las señales que recibe de los sensores o relevadores y los lee como señales digitales las cuales las convierte en datos, estos regresan a la organización en forma de reportes. El monitoreo contabiliza las piezas que se han producido en cada uno de los centros de maquinado, así como los paros y micro paros que se han presentado en los diferentes turnos de trabajo.

Para lo cual nos muestra un reporte que se llama Cronológico de estado de máquina, donde presenta en color verde cuando la máquina ha estado trabajando y

en rojo cuando ha permanecido en paro, ya sea planeado, no planeado o micro paro.

Este reporte nos permite monitorear el conteo de piezas totales, rechazo y buenas. Los horarios de inicio y fin de producción, los paros planeados y finalmente nos permite observar los paros no planeados y micro paros generados durante los diferentes turnos. Con esta información se clasifica el tiempo de paro que se presentó, por ejemplo un paro de 10 minutos no planeado por falta de material. Para la organización existen diferentes clasificaciones de paro las cuales son:

Mantenimiento, Materiales, Procesos, Calidad, Producción y Herramientas. Cada una de estas clasificaciones tiene diversas razones de paro y están clasificadas por distintos colores ya establecidos por el departamento de Excelencia Empresarial.

Por lo tanto podemos obtener gráficas Pareto con las diferentes razones de paro presentadas por turno, semana o mes. Esto nos permite destinar los recursos y encaminar los esfuerzos hacia la disminución y eliminación del 80% de las razones de paro que están afectando el rendimiento de las celdas monitoreadas.

Reporte Tablero de producción Hora por Hora:

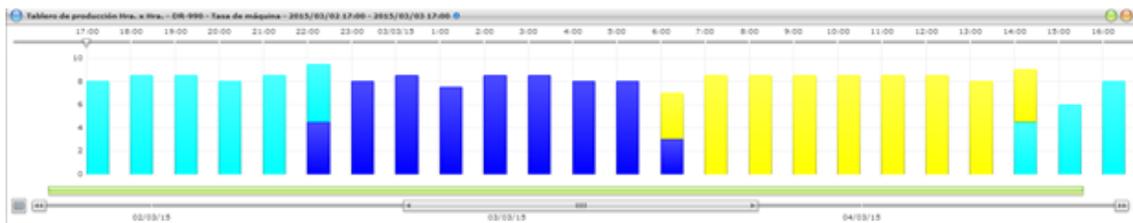


Figura 4.1: Reporte tablero de producción Hora por Hora

Este reporte gráfica las piezas producidas por hora, en el eje de la ordenada encontramos las horas por turno y en eje de la abscisa muestra las piezas producidas. Este reporte nos permite observar las horas en las que se ha cumplido con la meta esperada. La tendencia que tenemos en cuanto a cumplimiento. Determinado de un color diferente cada turno productivo. En el caso de la organización se monitorean primer turno indicado en color turquesa, segundo turno representado con el color azul rey y tercer turno indicado en color amarillo.

Reporte Cronológico de producción:

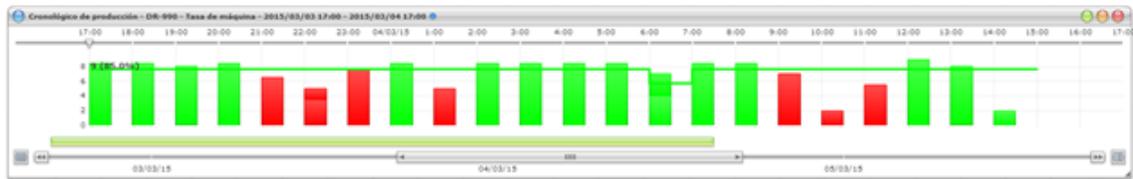


Figura 4.2: Reporte cronológico de producción

Este reporte nos permite observar la producción obtenida por hora durante los diferentes turnos laborados, además podemos medirlo contra el porcentaje de OEE que la organización ha establecido como aceptable en este caso es el 85 %.

Reporte Cronológico consolidado de máquina.



Figura 4.3: Reporte cronológico consolidado de máquina

En este reporte podemos visualizar cómo se comporta un grupo de máquinas, para efectos de la presente investigación se monitorearon 3 máquinas que conforman una celda de producción. Donde obtenemos de una manera gráfica la información acerca del flujo de trabajo, es decir máquina trabajando o máquina parada. El color verde significa, máquina trabajando y el rojo, máquina parada. Este reporte se puede obtener individual o por consolidado como se muestra en la imagen.

Reporte Producción consolidado de máquina.

Máquina	Total	Esperado	Tiempo de ciclo	Disponibilidad				Paros	Recipit. de pr.	Por pieza	Tasa real	Rendimiento			Calidad	OEE	Por pieza	Capacidad
				Por pieza	Recipit. de art.	Preparación	Paros					Tasa esperada	Storage Rate	Tasa de máq.				
M1	243	212	00:07:03	71.2	10:49:13	00:00:00	00:48:47	23:07:30	34.3	0.14	0.13	0.0	0.0	100.0	87.2	100.0	00:00:00	00:00:00
M2	103	112	00:08:18	83.0	10:50:37	00:00:00	00:00:00	00:07:57	130.4	0.18	0.13	0.0	7.0	100.0	87.0	86.7	00:00:00	00:10:00
M3	89	180	00:04:30	84.0	04:40:34	00:00:00	00:00:00	10:54:13	130.9	0.20	0.13	0.0	0.0	100.0	84.4	84.4	00:10:46	00:40:00

Figura 4.4: Reporte producción consolidado de máquina

Este reporte muestra la información más relevante en forma numérica de las máquinas que estamos monitoreando, muestra el nombre de la máquina, el conteo de piezas hasta el momento en que se genera el reporte, el esperado de piezas que deben producirse de acuerdo a la velocidad de máquina y tiempo ciclo, el tiempo ciclo calculado por el sistema de monitoreo, la disponibilidad de máquina, rendimiento de máquina, calidad (piezas bien a la primera FTT), OEE y la capacidad de máquina.

Reporte Gráfica Pareto de razones de paro por máquina.



Figura 4.5: Reporte gráfica Pareto de razones de paro por máquina

Este reporte nos muestra una Gráfica Pareto de las razones de paro que se presentan en las máquinas conectadas al sistema de monitoreo en tiempo real. En la mayoría de las organizaciones existe una diversidad de causas de pérdida de la eficiencia de los procesos productivos, pueden ser causados por mantenimiento, falta de material, falta de herramienta y herramientas, calidad, falta de personal operativo, entre otros.

Estos paros pueden ser programados o bien presentarse sin previo aviso, estos últimos son los que afectan la eficiencia del programa de producción y el cumplimiento de las metas. Por lo que el contar con un reporte que realice una clasificación

de los paros que se presenten durante la producción diaria es de gran ayuda para la organización.

Reporte Cálculo del OEE.

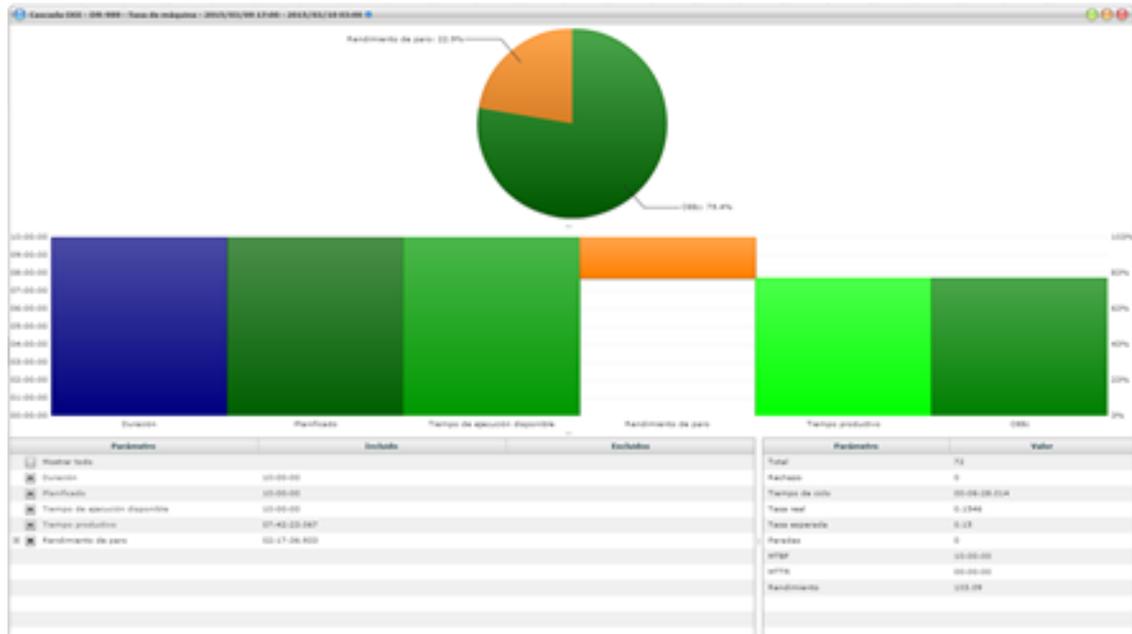


Figura 4.6: Reporte cálculo del OEE

Este reporte nos muestra el OEE calculado de acuerdo a lo que el sistema ha monitoreado en un tiempo determinado. Nos permite observar el porcentaje de tiempo que se ha perdido por paros y el OEEc (Overall Equipment Effectiveness Calculated) de la máquina.

Estos son algunos de los reportes que la organización puede obtener de la aplicación Sistema de monitoreo en tiempo real.

## 4.5 IMPLEMENTACIÓN DE LA PRUEBA PILOTO EN ÁREA DE ENSAMBLE EJES.

En el área de ensamble ejes se determinó monitorear dos estaciones críticas en el proceso de ensamble de la organización.

En dicha área como ya se mencionó con anterioridad en la presente investigación, ya se cuenta con un sistema MES (Manufacturing Execution System o Sistema de Ejecución de Manufactura) que administra la producción. Por lo cual la obtención de información que se utiliza en la implementación se obtiene a través de la generación de archivos planos en formato .XML, los cuales son enviados al servidor del proveedor para su procesamiento y entregados a la organización en forma de reportes.

En esta área la mezcla de componentes es de alto volumen por lo que el control debe ser más estricto. Al mismo tiempo el sistema de monitoreo en tiempo real tiene la capacidad de ser flexible y administrar esta restricción de tal manera que se cuente con el control que se requiere. Proporcionando información confiable.

## 4.6 REQUERIMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO EN TIEMPO REAL.

Los requerimientos en cuanto a infraestructura para lograr la implementación del sistema en tiempo real fueron:

En el área de maquinados.

- Instalación de cableado en torreta para obtención de señales de máquina.
- Instalación de una caja Plantnode la cual fue proporcionada por el proveedor, para obtener las señales y enviarlas a una PC.
- Instalación de PC en piso.
- Cableado de red, de centro de redes al área donde se instaló la PC.
- Adquisición de Gabinete para colocar PC.
- Configuración de acceso a internet para PC.

- Adquisición de dos Tabletts para uso de operadores, determinando las causas de paro.
- Configuración de acceso a internet para Tabletts.
- Adquisición de pantalla plana para visualizar el monitoreo.
- Adquisición de licencia para prueba piloto.

En el área de ensamble.

- Adquisición de pantalla plana para visualizar el monitoreo.
- Adquisición de licencia para prueba piloto.

Los requerimientos solicitados al área de producción fueron:

En el área de maquinados.

- Obtención de señales determinadas por la torreta de la máquina, siendo; verde máquina trabajando, rojo máquina parada y amarillo cambio de pieza para maquinado dependiendo del tiempo ciclo.
- Información general de los responsables que interactúan en la celda, así como staff que se integró al proyecto para enriquecer con su conocimiento y experiencia.
- Layout de las celdas que participan en el proyecto de monitoreo en tiempo real.
- Información de cada una de máquinas que se monitorearon.
- Horarios de los turnos de trabajo, determinando horas de paro planeadas.
- Razones de paro por área que interactúa en el proceso productivo.
- Niveles de alarmas y criticidad de las mismas por niveles jerárquicos.

- Diseño de Displays que se proyectan en pantallas en piso, así como reportes personalizados por área.
- Capacitación sobre el flujo del proceso.
- Capacitación del sistema de evaluación y medición de indicadores.

En el área de ensambles.

- Información general de los responsables que interactúan en la celda, así como staff que se integró al proyecto para enriquecer con su conocimiento y experiencia.
- Layout de las celdas que participan en el proyecto de monitoreo en tiempo real.
- Generación de archivos planos formato .XML para la obtención de información del sistema MES (Manufacturing Execution System o Sistema de Ejecución de Manufactura) con el cual se administra la producción.
- Horarios de los turnos de trabajo, determinando horas de paro planeadas.
- Razones de paro por área que interactúa en el proceso productivo.
- Niveles de alarmas y criticidad de las mismas por niveles jerárquicos.
- Diseño de Displays que se proyectan en pantallas en piso, así como reportes personalizados por área.
- Capacitación sobre el flujo del proceso.
- Capacitación del sistema de evaluación y medición de indicadores.
- Capacitación sobre cómo se calculan los diferentes indicadores.



## CAPÍTULO 5

# ANÁLISIS DE LOS INDICADORES DE DESEMPEÑO

---

### 5.1 OBJETIVO GENERAL.

Realizar una evaluación de los indicadores con los que actualmente cuenta la organización utilizando el sistema de monitoreo en tiempo real implementado en las pruebas piloto.

### 5.2 INTRODUCCIÓN.

El sistema de monitoreo en tiempo real permite a la organización evaluar los indicadores del pizarrón de desempeño, mediante la comparación de las fórmulas que actualmente son utilizadas por la organización, las fórmulas que considera la literatura y las fórmulas aplicadas por el software de monitoreo en tiempo real.

Mediante tablas comparativas podemos la relación que existe entre ellas, se realizara un ejemplo de cómo se han calculado las diferentes ecuaciones y cómo impacta en el seguimiento de la producción para las celdas y líneas monitoreadas.

### 5.3 EVALUACIÓN DE LOS INDICADORES DE DESEMPEÑO MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PRUEBA PILOTO.

Se realizó una tabla comparativa de acuerdo a las fórmulas utilizadas en la organización, la literatura y el sistema de monitoreo en tiempo real, para una de las máquinas en los tres turnos. Los indicadores que se analizaron son: OEE o ETE y FTT.

Primer Turno - Enero/2015 Utilizando Fórmulas Actuales								
TC	Meta Actual	Real Piezas Buenas	Piezas Perdidas por scrap y retrabajo	Minutos perdidos	Piezas Perdidas por productividad	Piezas equivalentes a los minutos perdidos	OEE	FTT
6.67	7	6	0	7	1	1	79 %	100 %
	9	9	0	0	0	0		
	9	7	0	14	2	2		
	9	5	0	25	4	4		
	9	9	0	0	0	0		
	4	2	0	13	2	2		
	9	9	0	0	0	0		
	7	3	0	25	4	4		
	63	50	0	84	13	13		

Tabla 5.1: Evaluación de los indicadores de desempeño primer turno utilizando fórmulas actuales; OEE y FTT.

Donde: TC es el tiempo ciclo, la meta actual es la cantidad de piezas que se deben fabricar por hora durante el turno, real piezas buenas son las piezas fabricadas de acuerdo a los estándares de calidad por hora durante el turno, piezas perdidas por scrap y retrabajo son las piezas que no cumplen con el estándar de calidad por hora durante el turno, minutos perdidos es el tiempo de paros no planeados por hora durante el turno, piezas perdidas por productividad es la diferencia que existe entre

la meta actual y el real de piezas buenas, piezas equivalentes a los minutos perdidos es el número de piezas no fabricadas debido a los paros no planeados por hora durante el turno, OEE (Overall Equipment Effectiveness) es la eficiencia global de los equipos, FTT (First Time Through) son las piezas fabricadas bien a la primera.

Ejemplo de cálculo de los indicadores OEE y FTT.

$$OEE = \frac{\text{Real Piezas Buenas}}{\text{Meta Actual}} * 100 = \frac{50}{63} * 100 = 79.3\% \approx 79\% \quad (5.1)$$

$$FTT = \frac{\text{Real Piezas Buenas}}{\text{Piezas Buenas} + \text{Piezas perdidas por scrap}} = \frac{50}{50 - 0} * 100 = 100\% \quad (5.2)$$

En la tabla 5.1. Observamos la producción del primer turno de una de las máquinas CNC que están siendo monitoreadas en la implementación de la prueba piloto, en la cual presenta un OEE (Overall Equipment Effectiveness) o ETE (Eficiencia Total de los Equipos) de 79 %, de acuerdo a los criterios de la organización debe realizarse un análisis detallado del porque no se logró el cumplimiento del 85 % requerido.

En cuanto al FTT (o piezas bien a la primera) que se obtuvo fue 100 % cumpliendo con el requerimiento de 99.8 %.

Las piezas perdidas por productividad fueron 13 piezas.

Ejemplo de cálculo de los indicadores OEE y FTT.

$$OEE = \text{Disponibilidad} * \text{Rendimiento} * \text{Calidad} \quad (5.3)$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo de Operación}}{\text{Tiempo Planificado de Producción}} = \frac{450 - 84}{450} = 0.813 \quad (5.4)$$

Primer Turno - Enero/2015 Utilizando Fórmulas Literatura										
TC	Meta Actual	Real Piezas Buenas	Piezas Perdidas por scrap y retrabajo	Minutos perdidos	Piezas Perdidas por productividad	Piezas equivalentes a los minutos perdidos	OEE			FTT
6.67	7	6	0	7	1	1	Disponibilidad	Calidad	Eficiencia	100 %
	9	9	0	0	0	0	0.813	1	0.926	
	9	7	0	14	2	2	OEE	75.2%		
	9	5	0	25	4	4				
	9	9	0	0	0	0				
	4	2	0	13	2	2				
	9	9	0	0	0	0				
	7	3	0	25	4	4				
	63	50	0	84	13	13				

Tabla 5.2: Evaluación de los indicadores de desempeño primer turno utilizando fórmulas de la literatura; OEE y FTT.

$$Rendimiento = \frac{Número\ Total\ de\ Unidades * Tiempo\ Ciclo}{Tiempo\ de\ Operación} = \frac{50 * 6.67}{366} = 0.926 \quad (5.5)$$

$$Calidad = \frac{Número\ de\ unidades\ conforme}{Número\ de\ unidades\ conforme + (scrap + retrabajo)} = \frac{50}{50 + 0} = 1 \quad (5.6)$$

Por lo tanto,

$$OEE = Disponibilidad * Rendimiento * Calidad = (0.8 * 0.92 * 1) * 100 = 74.7\% \quad (5.7)$$

$$FTT = \frac{Unidades\ entrantes - scrap - retrabajo}{Unidades\ entrantes} * 100 = \frac{50 - 0}{50} * 100 = 100\% \quad (5.8)$$

En la tabla 5.2, se observa que el OEE obtenido mediante las fórmulas de literatura es de 75.2%, este valor resulta del producto de la Disponibilidad \* Calidad \* Eficiencia.

El FTT es equivalente al 100 %.

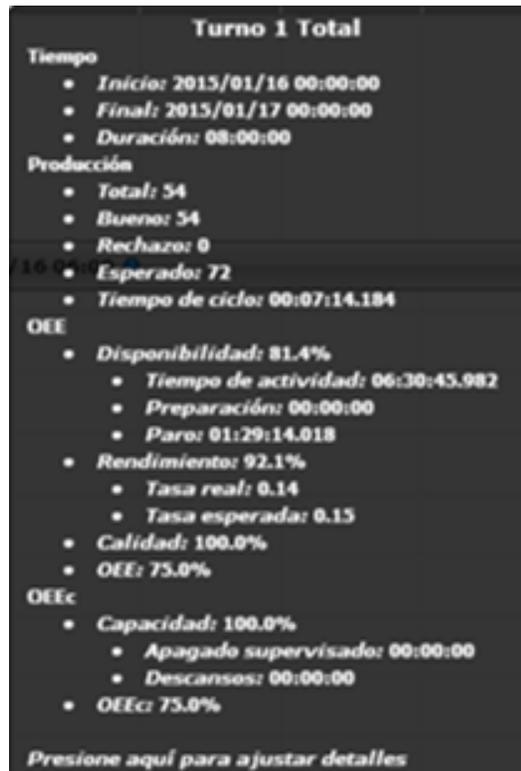


Figura 5.1: Reporte de desempeño obtenido del Sistema de monitoreo en tiempo real.

El Sistema de monitoreo en tiempo real, proporciona una disponibilidad del 81.4 %, rendimiento del 92.1 % y calidad del 100 %.

$$OEE = 0.814 * 0.921 * 1 = 0.749 \approx 0.75 OEE = 75 \% \quad (5.9)$$

El sistema de monitoreo en tiempo real, calcula OEE de los datos tomados de la máquina basado en las fórmulas que se vieron en el capítulo 4, sección 4.3.4.

Segundo Turno - Enero/2015 Utilizando Fórmulas Actuales								
TC	Meta Actual	Real Piezas Buenas	Piezas Perdidas por scrap y retrabajo	Minutos perdidos	Piezas Perdidas por productividad	Piezas equivalentes a los minutos perdidos	OEE	FTT
6.67	7	7	0	2	0	0	85.7%	100%
	9	9	0	0	0	0		
	9	7	0	13	2	2		
	9	9	0	0	0	0		
	4	2	0	11	2	2		
	9	7	0	14	2	2		
	9	9	0	0	0	0		
	7	4	0	20	3	3		
	63	54	0	60	9	9		

Tabla 5.3: Evaluación de los indicadores de desempeño segundo turno utilizando fórmulas actuales; OEE y FTT.

En la tabla 5.3 5.3, observamos que de acuerdo a la información obtenida del turno y aplicando las fórmulas anteriormente vistas, el OEE es igual a 85.7% y el FTT igual a 100%.

Segundo Turno TurnoDR-989- 15/Enero/2015 Utilizando Fórmulas Literatura										
TC	Meta Actual	Real Piezas Buenas	Piezas Perdidas por scrap y retrabajo	Minutos perdidos	Piezas Perdidas por productividad	Piezas equivalentes a los minutos perdidos	OEE			FTT
6.67	7	7	0	2	0	0	Disponibilidad	Calidad	Eficiencia	100%
	9	9	0	0	0	0	0.866	1	0.923	
	9	7	0	13	2	2	OEE	79.9%		
	9	9	0	0	0	0				
	4	2	0	11	2	2				
	9	7	0	14	2	2				
	9	9	0	0	0	0				
	7	4	0	20	3	3				
	63	54	0	60	9	9				

Tabla 5.4: Evaluación de los indicadores de desempeño segundo turno utilizando fórmulas de la literatura; OEE y FTT.

En la tabla 5.4. Se observa un valor de OEE = 79.9% y un FTT= 100%, de acuerdo con la información proporcionada del turno.

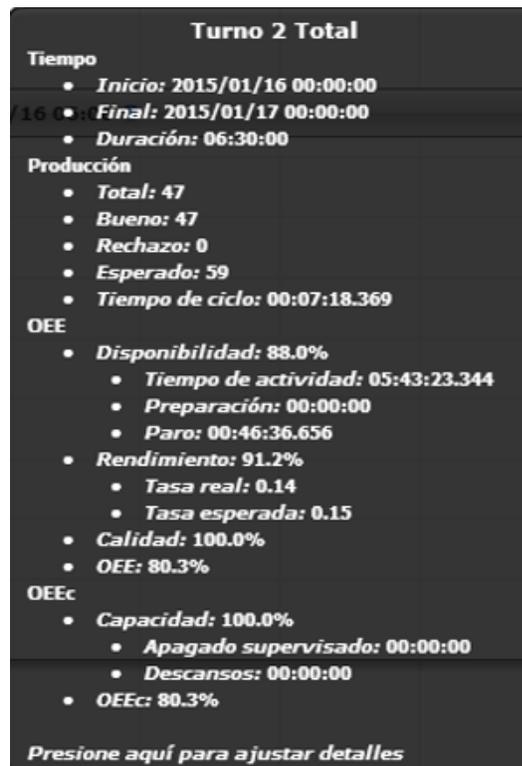


Figura 5.2: Información extraída del sistema de monitoreo en tiempo real.

De acuerdo al sistema de monitoreo en tiempo real, la eficiencia global del equipo es igual a 80.3% y un FTT = 100% para el segundo turno, adicional a esto podemos observar que el sistemas de monitoreo en tiempo real nos muestra el tiempo de paro que se tuvo durante el turno.

Tercer Turno - Enero/2015 Utilizando Fórmulas Actuales								
TC	Meta Actual	Real Piezas Buenas	Piezas Perdidas por scrap y retrabajo	Minutos perdidos	Piezas Perdidas por productividad	Piezas equivalentes a los minutos perdidos	OEE	FTT
6.67	7	5	0	14	2	2	87.3 %	100 %
	9	9	0	0	0	0		
	9	9	0	0	0	0		
	9	9	0	0	0	0		
	4	4	0	22	0	3		
	9	6	0	0	3	0		
	9	9	0	0	0	0		
	7	4	0	20	3	3		
	63	55	0	56	8	8		

Tabla 5.5: Evaluación de los indicadores de desempeño tercer turno utilizando fórmulas actuales; OEE y FTT.

En la tabla 5.5. Obtener un valor OEE= 87% y un FTT =100% tomando como referencia las fórmulas utilizadas actualmente por la organización.

Tercer Turno TurnoDR-989- 15/Enero/2015 Utilizando Fórmulas Literatura										
TC	Meta Actual	Real Piezas Buenas	Piezas Perdidas por scrap y retrabajo	Minutos perdidos	Piezas Perdidas por productividad	Piezas equivalentes a los minutos perdidos	OEE			FTT
6.67	7	5	0	14	2	2	Disponibilidad	Calidad	Eficiencia	100 %
	9	9	0	0	0	0	0.875	1	0.93	
	9	9	0	0	0	0				
	9	9	0	0	0	0				
	4	4	0	22	0	3				
	9	6	0	0	3	0				
	9	9	0	0	0	0				
	7	4	0	20	3	3				
	63	55	0	56	8	8	OEE	81.3%		

Tabla 5.6: Evaluación de los indicadores de desempeño tercer turno utilizando fórmulas de la literatura; OEE y FTT.

Como podemos observar en la tabla 5.6, de acuerdo a los valores obtenidos del turno se obtiene un porcentaje de OEE = 81.3% y un FTT= 100%.

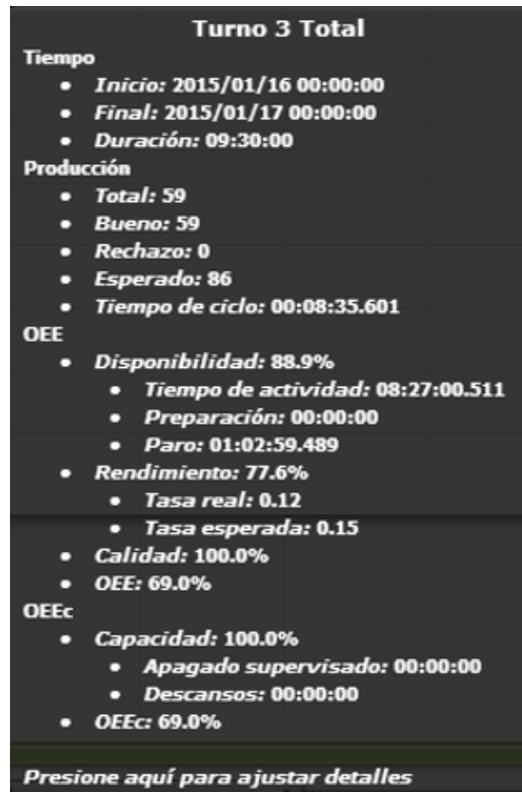


Figura 5.3: Información extraída del sistema de monitoreo en tiempo real.

En la figura 5.3. Observamos la información que nos proporciona el sistema de monitoreo en tiempo real, obteniendo un porcentaje de OEE = 69 % y un porcentaje de FTT = 100 %. Esto se debe a que el sistema muestra un tiempo ciclo mayor al estándar igual a 8 minutos y 35 segundos.

Tabla resumen cálculo OEE para una de las máquinas que conformaron la prueba piloto.

Turno	Actual	Literatura	Sistema de monitoreo en tiempo real
Primer Turno	79 %	75.20 %	75.00 %
Segundo Turno	86 %	79.90 %	80.30 %
Tercer Turno	87 %	81.30 %	69.0 %

Tabla 5.7: Resumen cálculo OEE para una de las máquinas que conformaron la prueba piloto.

En la tabla 5.7. Observamos un resumen de los porcentajes de OEE obtenidos

para los diferentes turnos, de acuerdo a la información obtenida de piso, así como del sistema de monitoreo en tiempo real.

La variación entre el cálculo actual de los indicadores y el monitoreo en tiempo real, es debido a que en el monitoreo en tiempo real se consideran todos los micro-paros generados durante el turno, con esto se pueden evaluar con mayor exactitud las piezas no fabricadas debido a paros no planeados, por lo tanto considero que el monitoreo en tiempo real es un sistema de medición no manipulable por el área operativa, que proporciona información precisa y confiable y que brinda información de la celda o línea a todos los niveles jerarquicos de la organización.

OEE (Over all Equipment Effectiveness) o ETE (Eficiencia Total de los Equipos)		
Fórmulas implementadas por		
Empresa	Literatura	Sistema de monitoreo en tiempo real
Capacidad teórica (100%) = $\frac{\text{Tiempo ciclo} \cdot 24 \text{ horas de trabajo}}{\text{Piezas / hora}}$	OEE = Disponibilidad • Eficiencia • Calidad	OEE = Disponibilidad • Calidad • Desempeño
Meta actual = $24 \text{ horas} \cdot \frac{\text{Piezas}}{\text{hora}} \cdot 85\% \text{ ETE}$	Disponibilidad = $\frac{\text{Tiempo de Operación}}{\text{Tiempo Planificado de Producción}}$	Disponibilidad = $\frac{\text{Tiempo de Funcionamiento}}{\text{Tiempo de Funcionamiento} + \text{Preparación} + \text{Tiempo Productivo}}$
ETE = Disponibilidad • Eficiencia • Calidad ETE = (0.90 • 0.95 • 0.998) 100 = 85.32 % 85%	Disponibilidad = $\frac{\text{Tiempo Planificado de Producción} - \text{Paros}}{\text{Tiempo Planificado de Producción}}$	
Meta actual = $21 \text{ horas} \cdot \frac{\text{Piezas}}{\text{hora}} \cdot 85\% \text{ ETE}$	Rendimiento = $\frac{\text{Número Total de Unidades}}{\text{Tiempo de Operación} \cdot \text{La Velocidad Máxima}}$	Desempeño = $\frac{\text{Producción Total}}{\text{Tiempo de Funcionamiento} \cdot \text{Velocidad Máxima}}$
Meta actual = $22.5 \text{ horas} \cdot \frac{\text{Piezas}}{\text{hora}} \cdot 85\% \text{ ETE}$	Rendimiento = $\frac{\text{Velocidad Real}}{\text{Velocidad Máxima}}$	
Piezas perdidas = Meta actual - Real de piezas buenas - Piezas perdidas por scrap	Calidad = $\frac{\text{Número de Unidades Conforme}}{\text{Número de Unidades Conforme} + (\text{scrap} + \text{retrabajo})}$	Calidad = $\frac{\text{Producción Total} - \text{Desecho}}{\text{Producción Total}}$
Piezas equivalentes a los minutos perdidos = $\frac{\text{Total de minutos perdidos}}{\text{Tiempo ciclo}}$	Calidad = $\frac{\text{Número de Unidades Conforme}}{\text{Número Total de Unidades}}$	
OEE = $\frac{\text{Real de piezas buenas}}{\text{Meta actual}} \cdot 100$	FTT = $\frac{\text{unidades entrantes} - \text{scrap} - \text{retrabajo}}{\text{unidades entrantes}} \cdot 100\%$	
FTT = $\frac{\text{Real de piezas buenas}}{(\text{Real de piezas buenas} + \text{Piezas perdidas por scrap})}$		

Figura 5.4: Tabla resumen de fórmulas utilizadas en la evaluación del OEE o ETE.

Como se ha mencionado en el capítulo 4, el OEE proporciona una medida de productividad real de la máquina y equipo, comparado con la productividad ideal, durante un periodo de tiempo específico.

## CAPÍTULO 6

# RESULTADOS Y RECOMENDACIONES.

---

### 6.1 RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS PRUEBAS PILOTO.

Al llevar a cabo la implementación en piso de las pruebas piloto, como principal obstáculo a vencer fue el tiempo para realizar juntas con el equipo de trabajo, en primer instancia para dar a conocer el alcance de la prueba piloto, seguido de esto un proceso continuo de reuniones para determinar las causas y razones de paro de cada una de las áreas críticas del proceso que se está evaluando con el monitoreo en tiempo real. Para finalmente obtener los criterios de alarmas para cada una de las áreas críticas.

Dentro de la organización se evalúan 6 áreas críticas las cuales son:

- Mantenimiento
- Calidad
- Producción
- Tool
- Procesos
- Seguridad

- Materiales

Cada una de ellas determina las razones por las cuales se generan los paros no programados durante la producción diaria. Cumpliendo con uno de los objetivos el cual fue, determinar no más de 30 razones de paro y a partir de esto detonar las alarmas que permitirán al grupo de trabajo y encargados de las áreas críticas llegar a piso con una idea clara del porque se presentó un paro. Logrando con esto el cumplimiento de las metas del día o bien obtener las causas para realización de análisis posteriores y a profundidad.

Este punto se consideró importante analizar porque en base al Diagrama de Pareto que podemos obtener del sistema de monitoreo, se realizarán análisis concretos para atacar las razones más frecuentes de paro y así incrementar la eficiencia del proceso. El criterio para detonar una alarma se basó en los lineamientos que tiene el departamento de excelencia empresarial, que como ya se ha mencionado con anterioridad es el área que evalúa, supervisa, regula y mejora los indicadores de desempeño de la organización.

Quedando de la siguiente manera:

- Tres niveles de alarma, dirigido a 3 grupos de personas con la injerencia correspondiente para la solución de problemas de la celda donde se realizó la prueba piloto.
- Nivel de Alarma 1, se detona a los 10 minutos que se detecta un paro de máquina.
- Nivel de Alarma 2, se detona 15 minutos después de detonarse la Alarma 1.
- Nivel de Alarma 3, se detona 1 hora y 35 minutos después de detonarse la Alarma 2

El criterio para detonar una alerta electrónica es el siguiente:



Figura 6.1: Criterio para detonar una alerta electrónica debida a un paro no planeado.

El criterio del departamento de excelencia empresarial determina que ningún paro no planeado debe exceder un tiempo mayor a 2 horas. Este tiempo debe servir para solucionar el problema de ser posible o bien para determinar la causa del problema y mantener enterado a los líderes de las áreas críticas, así como a los gerentes de producción para tomar acciones en caso de que dicho paro impacte en el logro de las metas por semana o mes. A continuación se muestra una gráfica consolidada por celda donde se pueden apreciar los tipos de paro que se han presentado en las máquinas monitoreadas en tiempo real.



Figura 6.2: Gráfica consolidado de estado de máquina por celda.

Para poder identificar visualmente cada uno de los paros no planeados se mantuvo el color que la organización tiene asignado para cada una de las áreas críticas del proceso productivo.

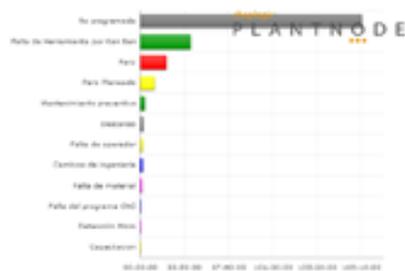
De los cuales obtenemos lo siguiente:

- Mantenimiento Color verde
- Calidad Color Rojo

- Producción Color Amarillo
- Tool Color Verde
- Procesos Color Azul
- Seguridad Color Verde
- Materiales Color Rosa

Ahora bien el Pareto que se presenta será el siguiente:

Pareto de razones de paro consolidado - 2015/04/05 00:00 - 2015/04/12 00:00



Nombre	Ocurrencias	Duración	Planificado	Ocurrencia promedio	Porcentaje
No programado	63	169:19:31.840	00:00:00	02:41:15.743	68.1
Falta de Herramienta por Kan Ban	2	38:27:42.990	36:57:42.990	19:13:51.495	15.5
Paro	12	19:54:56.412	19:54:56.412	01:39:34.701	8.0
Paro Planeado	2	10:37:35.708	00:00:00	05:18:47.854	4.3
Mantenimiento preventivo	1	03:14:25.135	00:00:00	03:14:25.135	1.3
Descanso	11	02:09:37.380	00:25:00	00:11:47.034	0.9
Falta de operador	1	01:40:00.047	01:40:00.047	01:40:00.047	0.7
Cambios de ingeniería	1	01:34:50.293	00:00:00	01:34:50.293	0.6
Falta de material	3	01:05:19.795	01:05:19.795	00:21:46.598	0.4
Falla del programa CNC	1	00:20:00	00:20:00	00:20:00	0.1
Detención Micro	1	00:10:23.164	00:10:23.164	00:10:23.164	0.1
Capacitación	2	00:00:02.366	00:00:00	00:00:01.183	0.0

Figura 6.3: Diagrama Pareto Razones de Paro

### 6.1.1 TABLA DE COMPARACIÓN DE NIVEL DE ALARMAS CONTRA MÁQUINAS MONITOREADAS.

En esta tabla hemos recibido alertas vía correo electrónico desde el 31 de Marzo de 2015 en las cuales del tipo Nivel 1 son:

- Máquina 1, un alarma del día 31 de Marzo, un alarma del día 6 de Abril y un alarma del día 7 Abril.
- Máquina 2, se ha recibido un alarma del día 31 de Marzo, dos alarmas del día 6 de Abril y tres alarmas del día 7 de Abril.
- Máquina 3, se han recibido cinco alarmas del día 6 de Abril, cuatro alarmas del día 7 de Abril, un alarma del día 13 de Abril y un alarma del día 14 de Abril.

Nivel de alarma	Maquina	Duración min	Fecha
1	1	13	31/3/2015
	1	10	6/4/2015
	1	13	7/4/2015
	2	14	31/3/2015
	2	10	6/4/2015
	2	14	6/4/2015
	2	12	7/4/2015
	2	12	7/4/2015
	2	11	7/4/2015
	3	14	6/4/2015
	3	12	6/4/2015
	3	13	6/4/2015
	3	12	6/4/2015
	3	12	6/4/2015
	3	12	7/4/2015
	3	12	7/4/2015
	3	14	7/4/2015
	3	23	7/4/2015
	3	10	13/4/2015
3	22	14/4/2015	

Tabla 6.1: Comparación de Alarmas Nivel 1.

Por lo que del tipo de alarma Nivel 2 no se han presentado Alarmas.

Del tipo de alarma Nivel 3:

- Máquina 2, un alarma del día 13 de Abril.
- Máquina 3, un alarma del día 7 de abril.

Nivel de alarma	Maquina	Duración min	Fecha
3	2	381	13/4/2015
	3	122	7/4/2015

Tabla 6.2: Comparación de Alarmas Nivel 2.

Esto nos indica que la mayoría de los paros no planeados de las 3 máquinas monitoreadas en tiempo real son menores a 25 min. Sin embargo el número de incidencias es significativo puesto que el total de minutos perdidos en 5 días, los cuales son 31 de Marzo, 6, 7, 13 y 14 de Abril es equivalente a 273 minutos o bien 4 horas y 33 minutos. Si el tiempo ciclo promedio de las tres máquinas es de 6.6 minutos se están dejando de fabricar aproximadamente 41 piezas.

### 6.1.2 REPORTE DE MONITOREO EN TIEMPO REAL.

Se diseñó una pantalla donde se tuviera de manera práctica un resumen de cada una de las máquinas que se están monitoreando.

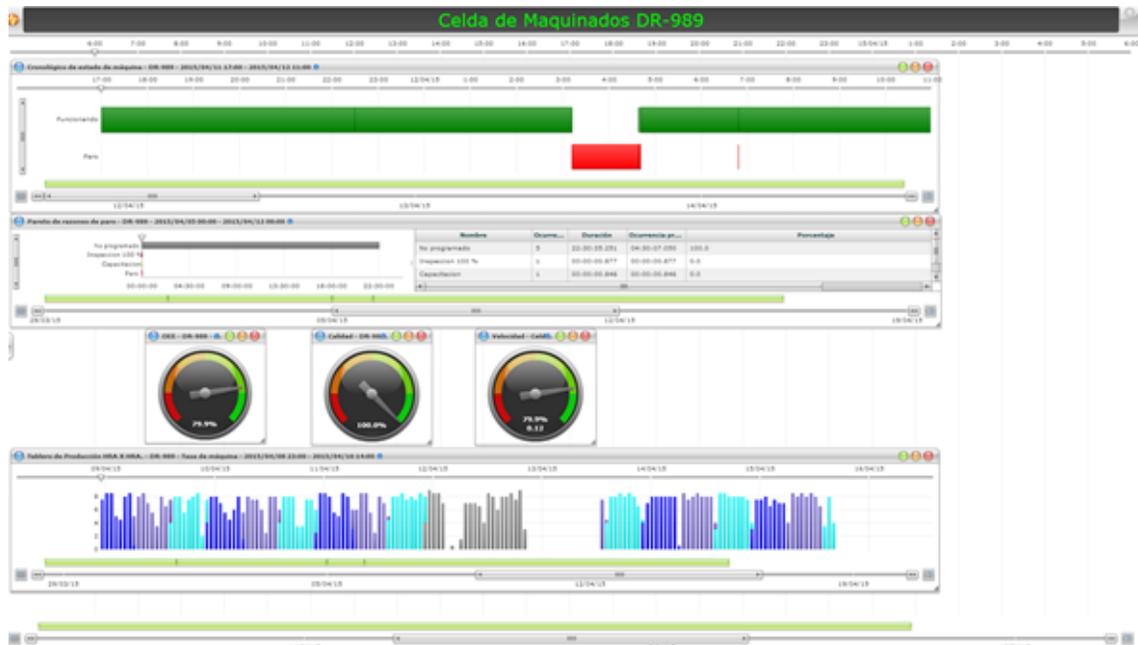


Figura 6.4: Diseño de Pantalla monitoreo en tiempo real.

En la figura 6.4 se muestra un consolidado por semana en el cual encontramos en la primer sección el cronológico de estado de máquina, en verde significa que la máquina está trabajando y de acuerdo a la clasificación que se asignó para las razones de paro, se muestra los paros no programados que se han tenido durante un periodo de tiempo, ya sea por hora, día, semana o mes.

En la segunda sección de la pantalla se muestra un Pareto de Razones de paro por máquina monitoreada, como ya se mencionó con anterioridad este Pareto nos permite realizar análisis más profundos para eliminar los paros más significativos que afectan la eficiencia del proceso.

En la tercera sección encontramos tres cronómetros los cuales miden el OEE de la máquina, la calidad y la velocidad de la misma.

Por ultimo en la cuarta sección encontramos un reporte cronológico de la producción el cual nos muestra el comportamiento de la producción por hora, indicando cuantas piezas se han fabricado.

Este tipo de ayudas visuales permiten al operador de línea conocer si se está lle-

vando a cabo el avance de turno laborado, logrando con esto el involucramiento para lograr sus objetivos.

Para los líderes de área permite tener conocimiento del comportamiento del proceso productivo, logrando disminuir las pérdidas que se pueden presentar, reaccionando anticipadamente ante las posibles contingencias que lleven al incumplimiento de las metas. Además permite enfocar los esfuerzos para eliminar las pérdidas de eficiencia en los procesos.

A los mandos medios y altos es una herramienta de gestión para la oportuna toma de decisiones, en tiempo real.

### 6.1.3 OEE POR TURNO

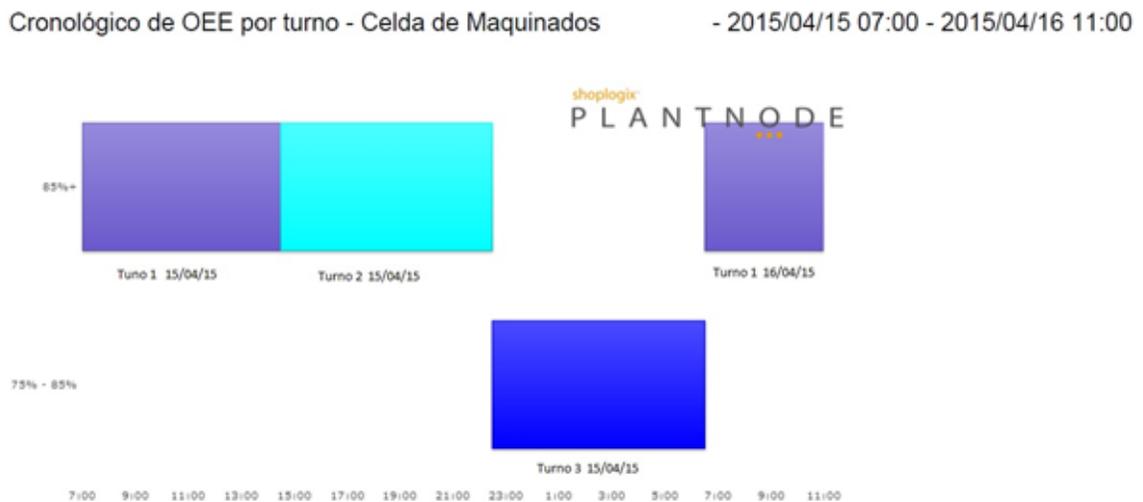


Figura 6.5: Cronológico de OEE por turno.

Este reporte nos muestra como se ha comportado el desempeño de los equipos que se están monitoreando, en este caso se muestra el OEE (Overall Equipment Effectiveness) o ETE (Eficiencia Total de los Equipos) de una de las máquinas monitoreadas.

Para la organización el OEE o ETE mínimo requerido para no realizar análisis es de 85%, por lo que en este caso el turno 1 y 2 no presentan problema con el

desempeño. Sin embargo el turno 3 cuenta con un valor de OEE o ETE menor al esperado por el departamento de excelencia empresarial. Siendo este un valor de 84.1 %.

Este tipo de reporte proporciona una visión rápida del desempeño de los equipos al departamento de producción y excelencia empresarial y proporciona la pauta para evaluar las causas del porque el incumplimiento en el desempeño esperado.

6.1.3.1 OEE CONSOLIDADO POR SEMANAS.

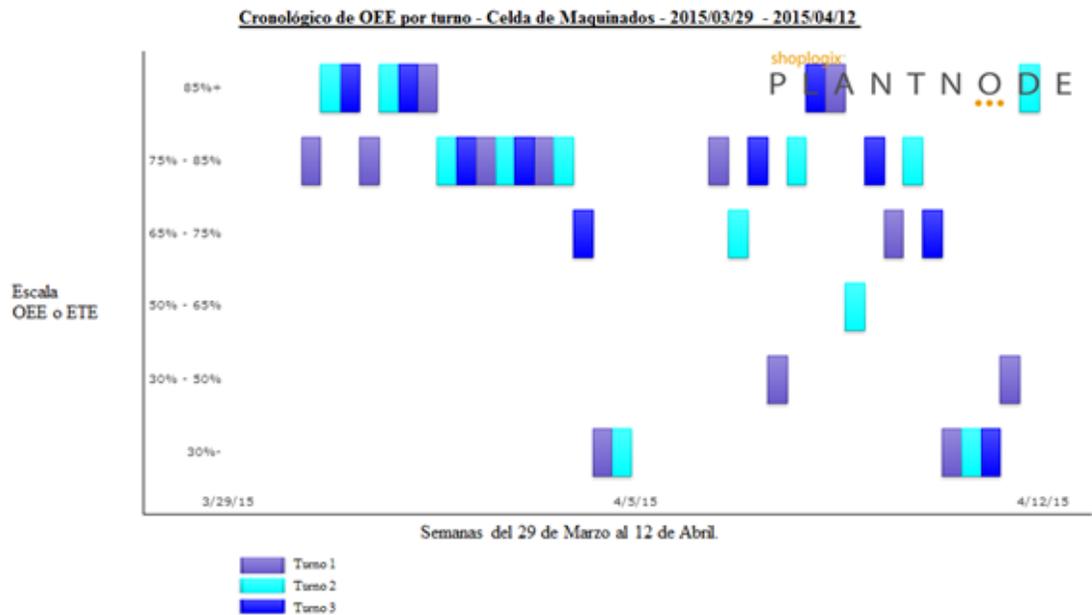


Figura 6.6: Gráfica consolidado OEE periodo de 2 semanas.

Este reporte histórico nos permite conocer el comportamiento que se ha presentado con el desempeño de los equipos.

En la Figura 6.1.3.1. Observamos que la mayoría de los turnos se encuentran por debajo del 85 % OEE que el departamento de excelencia empresarial considera aceptable.

Tablas comparativas de OEE por turnos.

Turno1	OEE T1	Fecha
1	78.5	30/3/2015
2	80.1	1/4/2015
3	87.3	2/4/2015
4	76.9	3/4/2015
5	80.2	4/4/2015
6	80.9	7/4/2015
7	48.1	8/4/2015
8	99.4	9/4/2015
9	74.5	10/4/2015
10	24.6	11/4/2015
11	42.6	12/4/2015

Tabla 6.3: Comparativo OEE Turno 1.

En la tabla 6.3. Observamos los valores obtenidos del primer turno, en un periodo de 11 días considerando las primeras dos semanas de Abril. El OEE promedio es 70.28 %.

Turno2	OEE T2	Fecha
1	85.7	30/3/2015
2	87.3	1/4/2015
3	84.1	2/4/2015
4	84.1	3/4/2015
5	82.4	4/4/2015
6	70.4	7/4/2015
7	75.3	8/4/2015
8	60.1	9/4/2015
9	76.1	10/4/2015
10	9	11/4/2015
11	105.8	12/4/2015

Tabla 6.4: Comparativo OEE Turno 2.

En la tabla 6.4. Se muestran los valores obtenidos para el segundo turno, en el cual el OEE promedio es 74.57 %.

Turno3	OEE T3	Fecha
1	85.7	30/3/2015
2	85.7	1/4/2015
3	76.9	2/4/2015
4	79.3	3/4/2015
5	74.5	4/4/2015
6	82.5	7/4/2015
7	86.5	8/4/2015
8	81.7	9/4/2015
9	68.7	10/4/2015
10	0	11/4/2015
11	0	12/4/2015

Tabla 6.5: Comparativo OEE Turno 3.

En la tabla 6.5. Se muestra los valores obtenidos para el tercer turno, en el cual el OEE promedio es 80.16 % considerando los días 10 y 11 como sin programación de producción por ser fin de semana.

Gráfica comparativa de OEE del Turno 1, Turno 2 y Turno 3 contra el OEE meta.

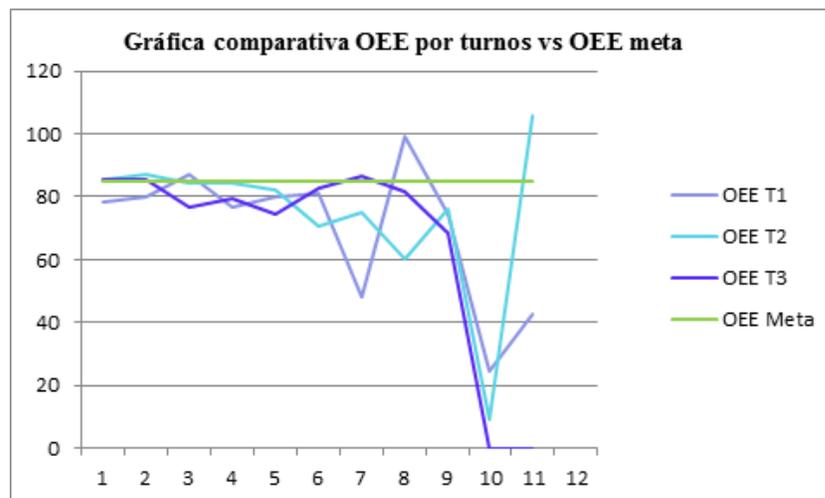


Figura 6.7: Gráfica comparativa OEE por turnos.

En la Gráfica comparativa del OEE para el primer, segundo y tercer turno. Se muestra el comportamiento de la eficiencia de los equipos por día durante el período de 11 días. Se muestra el comportamiento de cada turno con referencia a la meta que es un OEE igual a 85%, lo que el tercer turno es el turno que presenta una mejor estabilidad en cuanto a la eficiencia del equipo. Sin embargo ninguno de los promedios de los días monitoreados cumple con el estándar requerido por la organización.

Gráfica OEE promedio por turnos.

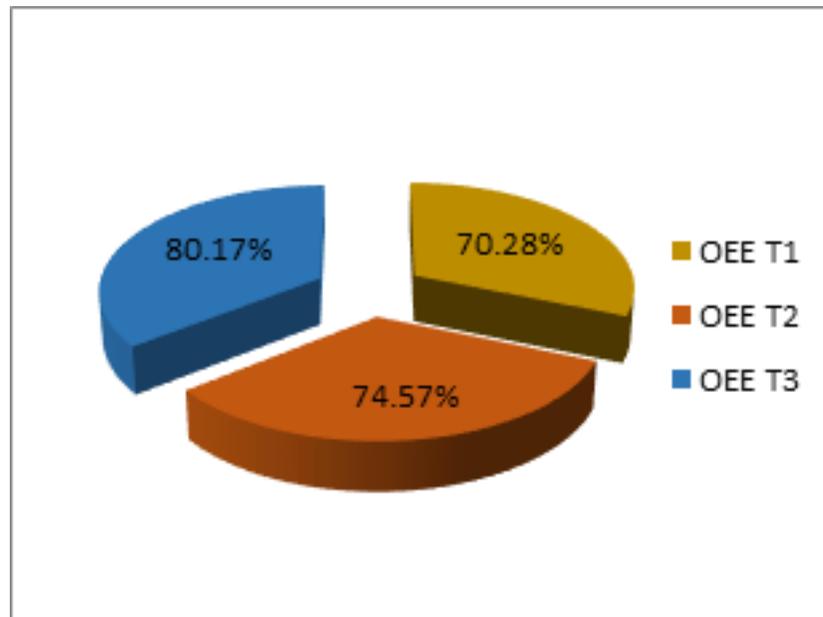


Figura 6.8: OEE promedio para Turno 1, Turno 2 y Turno 3.

En la gráfica 6.8. Se muestran el porcentaje de OEE promedio correspondiente al Turno1, Turno 2 y Turno3

Gráfica comparativa OEE promedio T1, T2, T3 y OEE

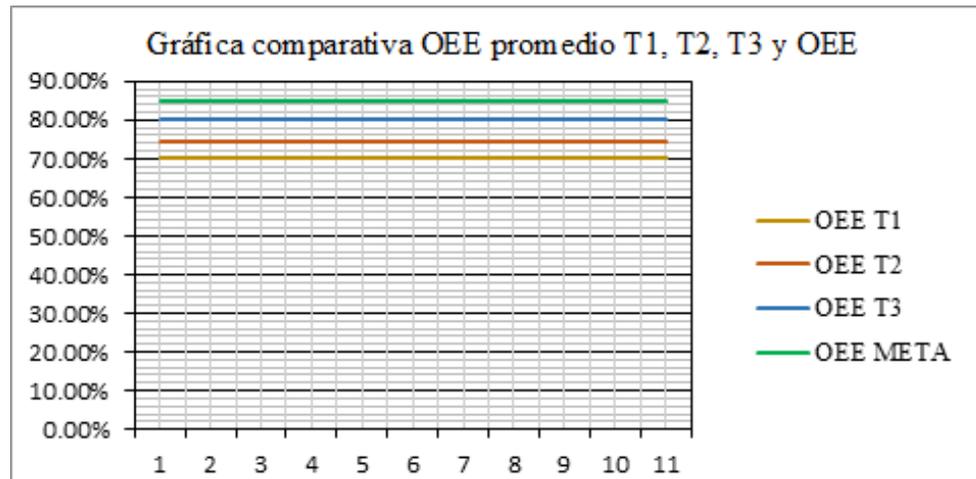


Figura 6.9: OEE promedio para Turno 1, Turno 2 y Turno 3.

En la gráfica de pastel podemos observar, OEE promedio Turno 1 = 70.28 %, OEE promedio Turno 2 = 74.57 % y OEE promedio Turno 3 = 80.16 % ;OEE = 85 % requerido por la organización.

## 6.2 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### Conclusiones

- La implementación del sistema de monitoreo en tiempo real en la celda de maquinados, permitió conocer la situación actual.
- Se determinó el incremento en el OEE (Overall Equipment Effectiveness) o ETE (Eficiencia Global de los Equipos) en un periodo de tres meses, con lo cual se observa una tendencia positiva.
- Se generaron platillas de reportes clave para la organización, como lo son Pareto de paros no programados, graficas de monitoreo de estado de máquina e indicadores de OEE. Lo que permite observar el comportamiento de las máquinas de una manera sencilla y clara.

- Se determinaron los criterios para detonar un alarma vía correo electrónico, ayudando al equipo de trabajo a reaccionar con rapidez ante los paros no planeados. Así mismo se disminuyeron los eventos por paro no planeado.
- Se realizó una evaluación de los indicadores comparando las fórmulas que utiliza la organización, lo que nos indica la literatura y el sistema de monitoreo en tiempo real. No se encontró gran diferencia en la forma de evaluar los indicadores, por lo cual el sistema de monitoreo proporcionara información confiable a la organización.

#### Recomendaciones

- La permanencia de la implementación del sistema de monitoreo en tiempo real permitirá obtener las pérdidas reales en la eficiencia de los equipos, por lo cual se pueden determinar proyectos específicos para la mejora de la eficiencia de los mismos.
- Es conveniente continuar con la cultura de revisión en piso de lo que sucede en las áreas de trabajo para mantener una interacción con el personal operativo e involucrarlo en los cambios tecnológicos de la organización.

# BIBLIOGRAFÍA

---

[Castro Muñoz, 2010] Castro Muñoz, Celia María y Salazar Castillo, A. A. (2010). Diseño de un sistema de control de procesos por medio de indicadores para una empresa de producción de tuberías y accesorios plásticos ubicada en el cantón durán para el año 2009. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/21715>.

[Fernandez, 2001] Fernández, A. (2001). El balanced scorecard, ayudando a implementar la estrategia.

[Parmenter., 2007] Parmenter.1, D. (2007). *Key performance indicators : developing, implementing, and using winning KPIs*. John Wiley & Sons, Inc.

[[http://www.planejamento.gov.br/secretarias/upload/Arquivos/seges/prodev/arquivos/prodev\\_A](http://www.planejamento.gov.br/secretarias/upload/Arquivos/seges/prodev/arquivos/prodev_A), ()]. Indicadores de desempeño. <http://www.planejamento.gov.br/secretarias/upload/Arquivos/s>

[Hortiales, 1997] Hortiales, Ing. Miguel Angel (1997). *Implementación del Mantenimiento*.

[Högfeldt, 2005] Högfeldt, Daniel (2005). *Effeciency a value mapping and overall equipment effectiveness*. <http://epubl.ltu.se/1402-1617/2005/245/LTUEX05245-SE.pdf>

[González, 2009] González, H. L. (2009). <http://www.eumed.net/ce/2009b/hlag.htm>

[Marin Garcia ] Marin Garcia, J. A.S. (). <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16050/in>

[Rendon, 1997] Rendon, I. M. (1997).

[<http://www.shoplogix.com/>, 2010] <http://www.shoplogix.com>

[[www.shoplogix.com.mx/guias/plantnode\\_guia\\_calculo\\_oe.pdf](http://www.shoplogix.com.mx/guias/plantnode_guia_calculo_oe.pdf), 2010]

[www.shoplogix.com.mx/guias/plantnode\\_guia\\_calculo\\_oe.pdf](http://www.shoplogix.com.mx/guias/plantnode_guia_calculo_oe.pdf)

[Marin-Garcia, 2007] Marin-Garcia, Juan A y Garcia-Sabater, Julio J. ().

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16050/indicadores.pdf?sequence>

# FICHA AUTOBIOGRÁFICA

---

Ing. Patricia Arzate Otero

Candidato para el grado de Maestro en Ciencias  
de la Ingeniería Automotriz.

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Tesis:

DESARROLLO DE UN ESTÁNDAR DE  
COMUNICACIÓN ELECTRÓNICO PARA LA  
SUPERVISIÓN Y CONTROL DEL DESEMPEÑO  
DENTRO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN  
SISAMEX

Datos generales:

Nombre: Patricia Arzate Otero

Profesión: Ingeniero Industrial

Lugar y Fecha de Nacimiento: Celaya, Guanajuato. 25 de Octubre de 1983.

Padre: Sr. Patricio Arzate Ramírez (q.e.p.d.)

Madre: Sra. Estela Otero Salguero

Estudios:

Profesionales: Instituto Tecnológico de Celaya

Título obtenido: Ingeniero Industrial

Posgrado:

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Universidad Autónoma de Nuevo León

Título a obtener: Maestro en Ciencias de la Ingeniería Automotriz