



# INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

---

---

INGENIERÍA MECÁNICA

## ANÁLISIS DE LOS INDICADORES DE RENDIMIENTO Y MEJORA EN LA UTILIZACIÓN DEL ÁREA DE PAD2 (LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE BOMBAS DE AGUA)

### **RESIDENCIA PROFESIONAL**

#### **LUGAR:**

ROBERT BOSCH, PLANTA TOLUCA, EDO. DE MÉXICO

#### **ALUMNO:**

LUIS EDUARDO CONTRERAS GÓMEZ

#### **ASESOR EXTERNO:**

ING. RODRIGO ESPINOSA PINEDA

#### **ASESOR INTERNO:**

ING. FERNANDO ALFONSO MAY ARRIOJA

## Introducción

Los indicadores de rendimiento en una línea de producción, son una medida del nivel de desempeño en el proceso. El valor del indicador está directamente relacionado con un objetivo fijado de antemano y normalmente se expresa en valores porcentuales. Estos indicadores se diseñan para mostrar cómo es el progreso en un proceso o producto en concreto, por lo que es un indicador de rendimiento.

Robert Bosch planta Toluca, se dedica exclusivamente al sector automotriz y dentro de éste sector está el área de Thermal Systems (sistemas térmicos) que se dedica a soluciones térmicas en el sector automotriz (sistemas de refrigeración de motores de combustión interna y sistemas de aire acondicionado para automóviles). La línea de producción de bombas de agua (PAD2), se encarga de la producción de bombas centrífugas, que forman parte del sistema de refrigeración junto con el termostato y el radiador. Esta bomba hace circular el agua o fluido refrigerante a través de los conductos habilitados para este fin, alrededor del bloque motor, radiador o la culata. Su misión es transportar el calor sobrante hacia el exterior y mantener el equilibrio térmico del motor.

Esta línea de producción consta de un total de 25 operaciones, algunas semi-automáticas ejecutadas por operadores y otras completamente automáticas. En cada una de las operaciones existen diversos factores que pueden afectar para bien o para mal el desempeño y la utilización. La utilización en una línea de producción es una medida porcentual del aprovechamiento de la línea en cuanto a productividad, este indicador depende de muchos factores tales como, el tiempo ciclo, el tiempo planeado de operación y factores de pérdidas tales como, pérdidas organizacionales, pérdidas técnicas, pérdidas por cambio de modelo, pérdidas de rendimiento, así como paros planeados y problemas de calidad. Todos estos aspectos en conjunto generan gráficas que te permiten conocer que tanto de la capacidad de producción de la línea estás aprovechando

Hay diversas formas en las cuales se puede mejorar la utilización en una línea de producción, y tiene que ver con factores de diseño, organización del personal, fallas externas, etc. En este proyecto, se plantean soluciones para mejorar el tiempo ciclo de la línea y reducir las pérdidas técnicas debido al diseño incorrecto de algunos de los componentes más importantes de la línea y tomando como prioridad, de acuerdo al análisis previo de los indicadores, aquellos procesos en los cuales se tendrá un mayor impacto y mejores resultados.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>1. GENERALIDADES</b>	<b>1</b>
MISIÓN	1
MOTIVACIÓN	1
VALORES (BOSCH-ZÜNDER, 1931)	1
OBJETIVOS	1
<b>2. ANTECEDENTES</b>	<b>2</b>
<b>3. MARCO TEORICO</b>	<b>4</b>
<b>3.1 UTILIZACIÓN</b>	<b>4</b>
<b>3.2 OEE</b>	<b>4</b>
<b>3.2 LÍNEA DE PRODUCCIÓN</b>	<b>5</b>
LÍNEA DE PRODUCCIÓN MANUAL	5
LÍNEA DE PRODUCCIÓN AUTOMATIZADA	6
LÍNEA DE PRODUCCIÓN HÍBRIDA O SEMI AUTOMATIZADA	6
<b>3.3 ESTACIÓN DE TRABAJO</b>	<b>7</b>
TIEMPO CICLO	7
TIEMPO DE OCIO	7
OPERACIONES CUELLO DE BOTELLA	7
BALANCEO DE LÍNEAS DE PRODUCCIÓN	7
<b>3.4 PÉRDIDAS EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN</b>	<b>8</b>
PÉRDIDAS ORGANIZACIONALES	8
PÉRDIDAS TÉCNICAS	8
CAMBIOS DE MODELO	8
PÉRDIDAS DE CALIDAD	8
PÉRDIDAS DE RENDIMIENTO	9
PAROS PLANEADOS	9
<b>3.5 DISEÑO PARA ENSAMBLES</b>	<b>9</b>
DISEÑO PARA ENSAMBLE AUTOMATIZADO	9
<b>3.6 PRINCIPIOS DE INSPECCIÓN</b>	<b>10</b>
INSPECCIÓN MANUAL	11
INSPECCIÓN AUTOMÁTICA	11
INSPECCIÓN POR CONTACTO	12
INSPECCIÓN SIN CONTACTO	12
<b>3.7 VISIÓN DE MÁQUINA</b>	<b>12</b>
OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE VISIÓN DE MÁQUINAS	13
<b>3.8 SELECCIÓN DE MATERIALES Y PROCESOS DE MANUFACTURA</b>	<b>14</b>
<b>3.9 TRATAMIENTO TÉRMICO: NITRURACIÓN</b>	<b>15</b>
<b>4. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES</b>	<b>16</b>

<b>4.1 CAPACITACIÓN POR PARTE DE RECURSOS HUMANOS E INTRODUCCIÓN AL DEPARTAMENTO</b>	<b>16</b>
INTRODUCCIÓN A BOSCH Y TEMAS LEGALES	16
SEGURIDAD PATRIMONIAL (PRS) Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	16
SEGURIDAD Y PRIVACIDAD DE LA INFORMACIÓN (ISP)	17
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA (CI)	18
CALIDAD Y BPS (BOSCH PRODUCTION SYSTEM)	18
ISO TS 16949	18
Auditorías de calidad	18
Bosch Production System	18
MEDIO AMBIENTE Y EFICIENCIA ENERGÉTICA	19
<b>4.2 ENTRENAMIENTO SOBRE EL PRODUCTO Y PROCESO</b>	<b>20</b>
PRODUCTO	20
PROCESO	20
<b>4.3 MONITOREAR, RECOLECTAR Y ANALIZAR ESTADÍSTICAMENTE LOS DATOS DE PÉRDIDAS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN</b>	<b>27</b>
<b>4.4 ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE PLAN DE ACCIÓN EN CONJUNTO CON ÁREAS DE SOPORTE</b>	<b>28</b>
ELIMINACIÓN DE LA PRIMERA OPERACIÓN “CUELLO DE BOTELLA” DE LA LÍNEA	28
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE VISIÓN CON CÁMARAS	29
CAMBIO DE MATERIAL DE LOS CENTRADORES DE TORNILLO DEBIDO A SU ALTO DESGASTE	30
REDISEÑO DE “CONO DE ENSAMBLE DE AISLADOR”	32
<b>4.5 IMPLEMENTACIÓN, SEGUIMIENTO Y REVISIÓN SOBRE LA EFECTIVIDAD DEL PLAN DE ACCIÓN</b>	<b>33</b>
<b>4.6 DEFINICIÓN DE ESTÁNDAR PARA SEGUIMIENTO SISTEMÁTICO Y SUSTENTABLE DE ANÁLISIS DE RENDIMIENTO DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN</b>	<b>34</b>
FORMATO A3:	34
<b>5. CONCLUSIONES</b>	<b>36</b>
<b>6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>37</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Taller de Servicio - Bosch</i>	2
<i>Figura 2. Primera planta de producción en México de productos Bosch bajo el nombre de AUTOMAGNETO.</i>	3
<i>Figura 3. Parámetros que engloba el OEE (Overall Equipment Effectiveness).</i>	5
<i>Figura 4. Línea de producción manual</i>	6
<i>Figura 5. Línea de producción automatizada</i>	6
<i>Figura 6. Línea de producción híbrida o semiautomatizada</i>	6
<i>Figura 7. Cuello de botella</i>	7
<i>Figura 8. a) Piezas que tienden a enredarse y b) piezas diseñadas para evitar que se enreden.</i>	10
<i>Figura 9. Instrumentos de inspección manual</i>	11
<i>Figura 10. Celda de inspección automatizada</i>	11
<i>Figura 11. Inspección por contacto</i>	12
<i>Figura 12. Inspección sin contacto</i>	12
<i>Figura 13. Cámara para sistema de visión de máquina</i>	12
<i>Figura 14. Pasos de un sistema de visión de máquina</i>	13
<i>Figura 15. Adquisición y digitalización de imágenes</i>	13
<i>Figura 16. Inspección con un sistema de visión de máquina</i>	14
<i>Figura 17. Robert Bosch</i>	16
<i>Figura 18. Equipo de protección personal</i>	16
<i>Figura 19. Simbología de materiales peligrosos</i>	17
<i>Figura 20. Seguridad y privacidad de la información</i>	17
<i>Figura 21. Departamento de informática</i>	18
<i>Figura 22. Sistema de producción Bosch</i>	19
<i>Figura 23. Certificación ISO 14001</i>	19
<i>Figura 24. Eficiencia energética</i>	20
<i>Figura 25. Bomba de Agua PAD2®</i>	20
<i>Figura 26. Devanadora</i>	21
<i>Figura 27. Bobina</i>	21
<i>Figura 28. Soldado de ganchos</i>	21
<i>Figura 29. Bobina y anillo metálico</i>	21
<i>Figura 30. Prueba eléctrica del estator</i>	22
<i>Figura 31. Tarjeta electrónica y carcasa de motor</i>	22
<i>Figura 32. Tarjeta electrónica, carcasa de motor, sensor y estator</i>	23
<i>Figura 33. Ensamble de Pot, impulsor y sello</i>	23
<i>Figura 34. Ensamble de anillo, arandela y carcasa exterior</i>	23
<i>Figura 35. Atornillado de bomba</i>	24
<i>Figura 36. Soldadura de tarjeta electrónica</i>	24
<i>Figura 37. Máquina de inspección de puntos de soldadura</i>	25
<i>Figura 38. Ensamble de tapa</i>	25
<i>Figura 39. Marcado laser en la tapa</i>	26
<i>Figura 40. Ensamble de aislador</i>	26
<i>Figura 41. Empaque</i>	27
<i>Figura 42. Gráfica de datos de utilización y pérdidas enero – agosto 2017</i>	27
<i>Figura 43. Pin de sensor doblado</i>	28
<i>Figura 44. Sensor de efecto Hall</i>	28
<i>Figura 45. Herramental de ensamble</i>	29
<i>Figura 46. Nuevo diseño de herramental</i>	29
<i>Figura 47. Parámetros de sello OK (izq.) Parámetros NO OK (drcha.)</i>	30

<i>Figura 48. Parámetros de anillo OK (izq.) Parámetros NO OK (drcha.)</i>	30
<i>Figura 49. Centrador de tornillo</i>	30
<i>Figura 50. Propiedades del material 1.2826</i>	31
<i>Figura 51. Propiedades del material 1.7147</i>	31
<i>Figura 52. Propiedades del material después del proceso de nitruración</i>	32
<i>Figura 53. Nuevo diseño de cono de ensamble aislador</i>	32
<i>Figura 54. Aumento en la pared exterior</i>	32
<i>Figura 55. Ranura para reducir el desgaste</i>	33
<i>Figura 56. Gráfica de datos de utilización y pérdidas semana 2 (agosto) – semana 14 (noviembre) 2017</i>	33
<i>Figura 57. Formato A3 de seguimiento sistemático y sustentable</i>	35

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Datos de utilización y pérdidas de enero – agosto 2017</i>	27
<i>Tabla 2. Datos de utilización y pérdidas de semana 2 (agosto) – semana 14 (noviembre) 2017</i>	33

## 1. Generalidades

- **Misión**

Siguiendo el espíritu de Robert Bosch, garantizamos el futuro de la compañía, impulsando con fuerza su desarrollo y preservando su independencia económica.

Lema: “We are Bosch” (Nosotros somos Bosch) engloba la misión, las metas, estrategias y los valores de la compañía para brindarle una identidad y dirección a los asociados.

El enfoque se basa en las 3 claves estratégicas: *Clientes, Cambio constante y Excelencia*, lo cual se relaciona directamente con la Rueda de la Excelencia en Bosch Planta Toluca.

- **Motivación**

Innovación para tu vida: nuestros productos entusiasman a la gente, mejoran su calidad de vida y contribuyen a proteger los recursos naturales.

Las claves estratégicas importantes:

- Enfocarnos en los consumidores
- Modelando el cambio
- Trabajando para la excelencia

- **Valores (Bosch-Zünder, 1931)**

- ❖ Transparencia y confianza
- ❖ Honestidad
- ❖ Fiabilidad, credibilidad, legalidad
- ❖ Diversidad
- ❖ Orientación hacia el futuro y beneficio
- ❖ Responsabilidad y sostenibilidad
- ❖ Iniciativa y coherencia

**“En una empresa grande bien dirigida no es muy habitual que uno pueda afirmar haber hecho tal o cual cosa. En una empresa como la que describo es necesaria la colaboración, y que cada uno se apoye en los demás”.** (Bosch-Zünder, 1931)

- **Objetivos**

El objetivo estratégico del Grupo Bosch es ofrecer innovaciones para una vida conectada. Bosch mejora la calidad de vida en todo el mundo con productos y servicios innovadores y que generan entusiasmo. En resumen, Bosch crea tecnología que es "innovación para tu vida".

## 2. Antecedentes

Robert Bosch (1861-1942) fundó la compañía en 1886 en Stuttgart como “Taller de Mecánica de Precisión en Ingeniería Eléctrica”. En 1921, Robert Bosch viajó a América en busca de nuevos mercados. En México las autopartes Bosch eran comercializadas por importadores que daban servicio a los talleres automotrices de las grandes ciudades. En 1922, la empresa “Compañía Perforadora e Importadora de Maquinaria Agrícola, S.A.” se convirtió en agente concesionario de productos Bosch en México, la cual comercializó los productos Bosch que se fabricaban en Alemania hasta 1929 cuando se le otorga la representación a la empresa Sommer Hermann y Compañía Sucesores.

En 1925 con la instalación en la Ciudad de México de la primera planta ensambladora de automóviles, Ford Motor Company y un plan ambicioso de construcción de carreteras por todo el país, México se convierte en un mercado potencial para Bosch.

En 1952, el Presidente Adolfo Ruiz Cortines impulsa el fomento a la industria, con lo cual atrae la mirada de inversionistas extranjeros. Recibió un fuerte apoyo del sector empresarial; se llevaron a cabo muchas exposiciones de equipo y tecnología industrial de los países más desarrollados y una de las más importantes fue “Alemania y su industria”, la cual se llevó a cabo en Ciudad Universitaria en 1954 y Bosch fue un fuerte exponente de la misma, exhibiendo productos automotores, eléctricos y diésel.

Finalmente en 1955, Ernesto Krause, propietario de una empresa de transportación marítima, recibió la representación exclusiva para comercializar a los productos Bosch en México a través de un convenio con Robert Bosch GmbH. Posteriormente, el Sr. Krause recibió también la representación exclusiva de Volkswagen AG y Bosch aprovechó esta alianza para entrar de manera definitiva al mercado mexicano.

El 31 de agosto de 1955 se constituyó la empresa Export – Import Mexicana Internacional S.A. (EIMISA), empezando así una presencia sólida de Bosch en México (figura 1).



*Figura 1. Taller de Servicio - Bosch*



En 1966 Robert Bosch establece su primera planta de producción en México, en la ciudad de Toluca, bajo el nombre *de Automagneto S.A de C.V.*, con una superficie productiva de 9 kilómetros cuadrados (figura 2). Al inicio se hacía solo el montaje de componentes eléctricos con piezas de importación y en 1967 se empezó con la manufactura de marchas para Volkswagen. (Robert Bosch Sistemas Automotrices S.A. de C.V., 2007)



*Figura 4. Primera planta de producción en México de productos Bosch bajo el nombre de AUTOMAGNETO.*

### 3. Marco Teorico

#### 3.1 Utilización

Existen dos términos de utilización, la utilización absoluta y la utilización relativa. La Utilización absoluta aquella que se toma de un escenario ideal donde se trabaja el 100% de las horas de un día, es decir, 24 hrs. sin tomar en cuenta descansos o cambios de turno etc. La utilización relativa es aquella que sí toma en cuenta los factores antes mencionados, y generalmente es la que se utiliza ya que está más aproximada a resultados reales, por lo que lo que necesitamos calcular es la utilización relativa.

Para calcular la utilización relativa de una línea de producción necesitamos conocer algunos datos de la línea como el tiempo ciclo (tiempo en el que se obtiene una pieza de producto final) por ejemplo  $T_c = 10$  seg. También tenemos que conocer el POT (Planned Operating Time) que es el tiempo efectivo destinado a la producción en una línea, por ejemplo, una línea con 3 turnos tiene un POT de 22.5 hrs considerando que el tiempo de cambio de turno y descansos no se toman en cuenta.

Por lo tanto, si tenemos un  $T_c = 10$  seg, la línea tiene que producir 1 pieza cada diez segundos, es decir, 360 piezas por hora. Si tomamos el ejemplo de 3 turnos el POT es de 22.5 hrs. nos da un total de 8100 piezas en un día, considerando que el 100% de las piezas son funcionales, no hubo fallos ni de máquina ni del personal y se trabajó el 100% del tiempo sin paros. Este es un escenario ideal, lo cual es muy difícil de lograr.

Entonces para poder calcular la utilización de una línea, una vez conociendo los datos anteriores la ecuación para la utilización queda de la siguiente forma:

$$UT = \frac{\text{Piezas producidas en un día}}{\text{Piezas que se pueden producir}}$$

Guiándonos del ejemplo anterior, supongamos que se produjeron 5,500 piezas en un día la utilización sería:

$$UT = \frac{5,500}{8,100} * 100\% = 67.9\%$$

Esto quiere decir que del 100% que pudimos producir en un día, con 3 turnos y una pieza cada 10 segundos, solo producimos un 67.9% y esta es la utilización relativa de la línea.

#### 3.2 OEE

El OEE (Overall Equipment Effectiveness), es una razón porcentual que sirve para medir la eficiencia productiva de la maquinaria industrial. Esta herramienta también es conocida como TTR (Tasa de Retorno Total) cuando se utiliza en centros de producción de proyectos.

La ventaja del métrico OEE frente a otras razones es que mide, en un único indicador, todos los parámetros fundamentales en la producción industrial: la disponibilidad, la eficiencia y la calidad.

Tener un OEE de, por ejemplo, el 40%, significa que de cada 100 piezas buenas que la máquina podría haber producido, sólo ha producido 40.



Figura 7. Parámetros que engloba el OEE (Overall Equipment Effectiveness).

Se dice que engloba todos los parámetros fundamentales, porque del análisis de las tres razones que forman el OEE, es posible saber si lo que falta hasta el 100% se ha perdido por *disponibilidad* (la maquinaria estuvo cierto tiempo parada), *eficiencia* (la maquinaria estuvo funcionando a menos de su capacidad total) o *calidad* (se han producido unidades defectuosas). (LeanSis, 2016)

### 3.2 Línea de producción

Las líneas de producción son sistemas de manufactura de tipo III con múltiples estaciones y un sistema fijo de ruta, pueden ser manuales, automáticas o híbridas. Es decir, las operaciones de manufactura se realizan en forma secuencial de estación de trabajo a estación de trabajo y el tipo de producto es idéntico o muy similar.

Las líneas de producción son usadas ya sea para operaciones de procesamiento o ensamble de materiales o productos semi-terminados. Es inusual que ambas operaciones se realicen en la misma línea. (IPN, 2011)

- Línea de producción manual

Una línea de ensamble manual (figura 4) consiste en múltiples estaciones de trabajo ordenadas en forma secuencial en las cuales trabajadores humanos ejecutan operaciones de ensamble, (figura). El procedimiento usual en una línea manual empieza con el “lanzamiento” de una pieza base en el extremo inicial de la línea. Con frecuencia se requiere un transportador de trabajo que contenga la pieza durante su movimiento a lo largo de la línea. La pieza base viaja por cada una de las estaciones, donde los trabajadores realizan tareas que construyen el producto en forma progresiva. En cada estación se agregan componentes a la pieza base hasta que todo el contenido de trabajo se ha terminado cuando el producto sale de la estación final. (Groover, 2007)

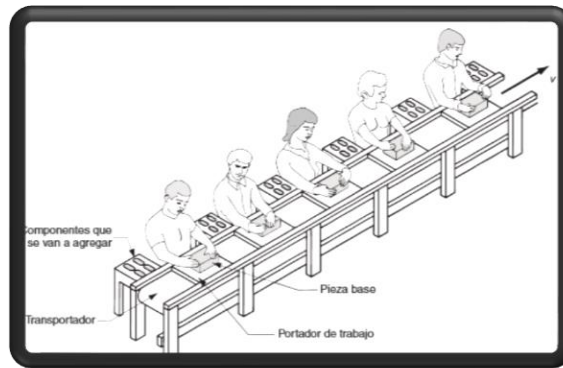


Figura 10. Línea de producción manual

- Línea de producción automatizada

Una línea de producción automatizada (figura 5) consiste en estaciones de trabajo automatizadas, conectadas a un sistema de transferencia de piezas, cuya actuación está coordinada con la de las estaciones (figura). En una situación ideal, no hay trabajadores en la línea, excepto para realizar funciones auxiliares como cambiar herramientas, cargar y descargar piezas al inicio y al final de la línea y actividades de reparación y mantenimiento. Las líneas automatizadas modernas son sistemas integrados que operan bajo el control de una computadora. (Groover, 2007)

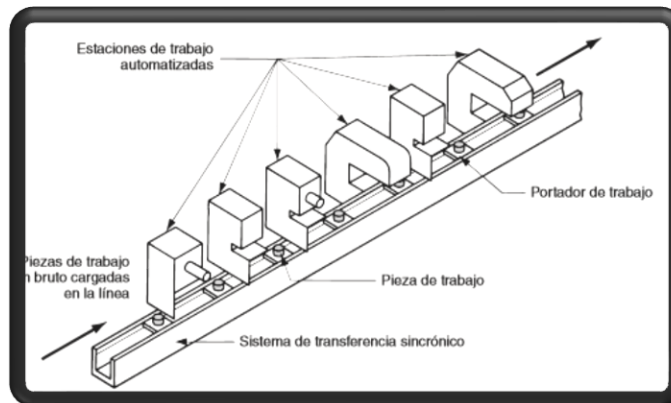


Figura 13. Línea de producción automatizada

- Línea de producción híbrida o semi automatizada

Una línea de producción semiautomatizada (figura 6) consiste en un conjunto tanto de estaciones de trabajo automatizadas como estaciones de trabajo manual. Debido a que hay ciertos procesos que no pueden automatizarse, es muy común que las empresas opten por tener un sistema de producción semi automatizado, elevando sus estándares de calidad y utilización. Las operaciones automatizadas generalmente se enfocan en procesos especiales, como operaciones de soldadura, devanado, etc. Y las operaciones manuales, por lo general se enfocan en tareas de carga y descarga de material o inspección visual.



Figura 16. Línea de producción híbrida o semiautomatizada

### 3.3 Estación de trabajo

Es un lugar específico dentro de la línea de producción, donde se realiza una o varias operaciones en un tiempo determinado, denominado: TIEMPO CICLO

- Tiempo ciclo:

Es el tiempo máximo en el que un proceso se lleva a cabo en las estaciones de trabajo de una línea de producción y se calcula de la siguiente forma:

$$T_c = \frac{\text{Jornada de trabajo (min/día)}}{\text{Producción (unidades/día)}} = (\text{min/unidad})$$

- Tiempo de ocio

Es la cantidad de tiempo que no se trabaja en la línea, debido a paros por mantenimiento, descanso de los operadores, cambios de modelo, fallos organizacionales del personal etc. Este tiempo debe ser bien calculado para que puedan calcularse bien los indicadores.

#### Operaciones cuello de botella:

Son las operaciones que tardan más tiempo en realizarse y representa una limitación en la línea para calcular el balance y la producción (figura 7). Cuando existen operaciones cuello de botella con tiempos mayores al tiempo ciclo normal, en ocasiones es necesario que se disponga de estaciones en paralelo.

- ❖ Estación en paralelo:

Son estaciones de trabajo donde se realizan actividades similares, pero con distintos operarios simultáneamente, logrando reducir el tiempo ciclo de esta estación.

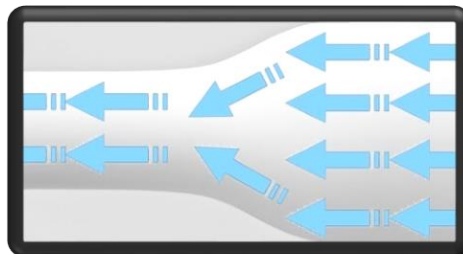


Figura 19. Cuello de botella

#### Balanceo de líneas de producción

Consiste en establecer una relación entre el conjunto de operaciones, operadores y equipos de la línea, de tal forma que el producto fluya en forma continua, entre las estaciones de trabajo con el menor ocio posible para lograr el volumen de producción deseado.

Formas de obtener el balanceo de una línea de producción:

- ✓ Dividir las tareas en elementos de trabajo y asignarlos en diferentes estaciones de trabajo, tratando de conseguir un tiempo igual para cada estación.
- ✓ Asignar grupos de operaciones a grupos de operarios.

- ✓ Mejorar las operaciones mediante estudios de métodos y aplicación de dispositivos para disminuir los tiempos de trabajo, sobre todo en las operaciones cuellos de botella.
- ✓ Variando las velocidades de las máquinas para ponerlas a tono con el resto de las operaciones de trabajo.
- ✓ Realizar las tareas correspondientes a las operaciones más lentas, así como actividades de almacenaje de materiales en sobre tiempo.

### **3.4 Pérdidas en una línea de producción**

Las pérdidas en una línea de producción se refieren a todas aquellas actividades o acciones que no tienen ningún beneficio para la compañía. Pueden ser pérdidas por una mala planeación u organización entre otras aquí descritas:

➤ **Pérdidas organizacionales:**

Las pérdidas organizacionales son aquellas que se obtienen por actividades mal planeadas o mal organizadas, por ejemplo, falta de empaque, falta de material, incluso falta de personal.

➤ **Pérdidas técnicas:**

Son las pérdidas ocasionadas por fallos en el equipo o la maquinaria, generalmente son por un uso indebido o falta de mantenimiento a los equipos, estos suelen ser un poco más complejos debido a que pueden ser muchos factores por los cuales la máquina o equipos fallaron

➤ **Cambios de modelo:**

Estas pérdidas se deben a que una línea de producción generalmente produce el mismo producto con diferentes especificaciones, dependiendo las necesidades del cliente, entonces, cada que se va a producir un producto diferente al anterior, es muy probable que se tenga que cambiar de material, o de herramientas en las máquinas, etc. Es por eso que se considera como una pérdida, ya que el tiempo en el que se realiza este cambio para toda la línea, es tiempo en el cual no se está produciendo, lo cual no genera un beneficio para la empresa.

➤ **Pérdidas de calidad:**

Estas pérdidas se originan debido a fallos de calidad en la producción de un producto, es decir, productos que no están cumpliendo con las especificaciones debido a un fallo en alguna operación. Pueden ser provocadas por fallos en la máquina o fallos en el hombre. Esto se traduce a que todas las piezas fabricadas fuera de especificación no pueden ser entregadas al cliente, por lo que el tiempo durante el cual se produjeron estas piezas no fue de provecho para la empresa.

➤ Pérdidas de rendimiento

Son pérdidas ocasionadas por un bajo desempeño del personal o de la máquina. Esto puede originarse por diversos factores, desde problemas sociales del personal, cansancio etc. hasta un mal mantenimiento de los equipos que ocasiona un rendimiento por debajo del esperado.

➤ Paros planeados

Se considera como parte de las pérdidas debido a que, aunque sea planeado durante ese tiempo la línea detiene su producción, por lo que es tiempo que no tiene beneficio para la empresa. Estos paros pueden ser planeados por distintos motivos, mantenimiento, capacitación al personal, días festivos etc.

### 3.5 Diseño para ensambles

El diseño para ensambles (DFA, por sus siglas en inglés) ha recibido mucha atención en años recientes porque las operaciones de ensamble constituyen un enorme costo de mano de obra para muchas compañías de manufactura. La clave para un diseño de ensamble exitoso se plantea en términos simples:

- 1) Diseñar el producto con la menor cantidad de piezas posibles
- 2) Diseñar las piezas restantes para que se ensamblen con facilidad.

El costo del ensamble se determina en gran parte durante el diseño de producción, debido a que en esta etapa se establece la cantidad de componentes separados en el producto y se toman decisiones acerca de cómo se ensamblarán dichos componentes. (Groover, 2007)

▪ Diseño para ensamble automatizado

Los métodos convenientes para el ensamble manual no son necesariamente los mejores para el ensamble automatizado. Algunas operaciones de ensamble, que realiza con facilidad una persona, son muy difíciles de automatizar (por ejemplo, el ensamble con pernos y tuercas). Para automatizar el proceso de ensamble, deben especificarse los métodos de sujeción de piezas durante el diseño del producto que se presten para las técnicas de inserción en máquina y de unión, y que no requieran los sentidos, la destreza y la inteligencia de los trabajadores humanos de ensamble. Las siguientes son algunas recomendaciones y principios que se aplican en el diseño de productos para facilitar el ensamble automatizado:

- **Usar el modularidad en el diseño de productos.** Aumentar la cantidad de tareas separadas que se realizan mediante un sistema de ensamble automatizado reducirá la confiabilidad del sistema. Para aliviar el problema de confiabilidad, se sugiere que el diseño del producto sea modular, donde cada módulo o subensamble tenga un máximo de 12 o 13 piezas que deben producirse en un sistema

de ensamble único. Asimismo, el subensamblable debe diseñarse alrededor de una pieza básica a la cual se le agregan otros componentes.

- **Reducir la necesidad de que se manejen varios componentes a la vez.** La práctica preferida para el ensamble automatizado es separar las operaciones en estaciones diferentes, en lugar de manejar y sujetar simultáneamente varios componentes en la misma estación de trabajo.
- **Limitar las direcciones requeridas de acceso.** Esto significa que debe reducirse el número de direcciones en las cuales se añaden componentes nuevos en el subensamblable existente. En forma ideal, todos los componentes deben agregarse de manera vertical desde arriba, si esto es posible (figura 8).

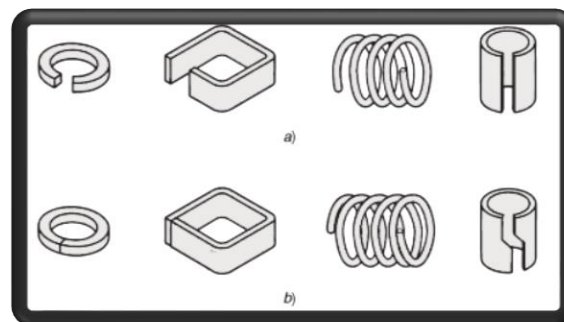


Figura 22. a) Piezas que tienden a enredarse y b) piezas diseñadas para evitar que se enreden.

- **Componentes de alta calidad.** El alto desempeño de un sistema de ensamble automatizado requiere que se añadan componentes de alta calidad en forma consistente a cada estación de trabajo. Los componentes de baja calidad producen atascamientos en los mecanismos de alimentación y ensamble, por lo que provocan pérdidas de tiempo.
- **Usar ajustes de agarre automático.** Esto elimina la necesidad de sujetadores roscados; el ensamble se realiza mediante la inserción simple, por lo general desde arriba. Sólo requiere que las piezas se diseñen con características positivas y negativas especiales para facilitar la inserción y la sujeción. (Groover, 2007)

### 3.6 Principios de inspección

La inspección implica el uso de técnicas de medición y calibración para determinar si un producto, sus componentes, subensambles o materiales iniciales se apegan a las especificaciones del diseño. El diseñador del producto establece las especificaciones, y para los productos mecánicos éstas se refieren a las dimensiones, acabados superficiales y características similares. La inspección se realiza antes, durante y después de la manufactura. Las inspecciones se dividen en dos tipos:

- 1) inspección por variables, en la cual las dimensiones del producto o pieza se miden mediante instrumentos de medición adecuados
- 2) inspección por atributos, en la cual las piezas se calibran para determinar si están dentro de los límites de tolerancia o no. (Groover, 2007)



### ▪ Inspección manual

Los procedimientos de inspección se realizan frecuentemente en forma manual. En general, el trabajo es aburrido y monótono, y aun así se necesitan precisión y exactitud altas. En ocasiones se requieren horas para medir las dimensiones importantes de una sola pieza (figura 9). Debido al tiempo y al costo de la inspección manual, generalmente se usan procedimientos de muestreo estadístico para reducir la necesidad de inspeccionar todas las piezas. (Groover, 2007)



Figura 25. Instrumentos de inspección manual

### ▪ Inspección automática

La automatización del proceso de inspección ofrece un modo de superar los problemas asociados con la inspección al 100% manual. La inspección automatizada se define como la automatización de uno o más pasos en el procedimiento de inspección como:

- 1) La presentación automatizada de las piezas mediante un sistema de manejo automatizado, donde un operador humano aún realiza el proceso de inspección real (por ejemplo, la inspección visual para buscar defectos en las piezas)
- 2) La carga manual de las piezas en una máquina de inspección automática
- 3) Una celda de inspección completamente automatizada (figura 10) en la cual las piezas se presentan y se inspeccionan en forma automática.

Una inspección al 100% automatizada puede integrarse con el proceso de manufactura para realizar alguna acción relativa con el proceso:

- 1) *Clasificación de las piezas*: significa dividir los artículos en dos o más niveles de calidad. La separación básica incluye dos niveles: aceptable y no aceptable. Algunas situaciones incluyen más de dos niveles, como aceptable, retrabajable y desperdicio. Los datos de inspección se analizan y se envían instrucciones a la estación de clasificación, indicando qué acción se requiere para cada pieza.
- 2) *Retroalimentación de datos para el proceso*: permite realizar ajustes en el proceso para reducir la variabilidad y mejorar la calidad. Si las medidas de inspección indican que el resultado se está alejando de los límites de tolerancia (por ejemplo, debido al desgaste de herramienta), se hacen correcciones a los parámetros del proceso para mover el resultado hacia el valor nominal. (Groover, 2007)



Figura 28. Celda de inspección automatizada

Existe una variedad de tecnologías de medición y calibración para inspección. Las posibilidades pueden dividirse entre los métodos de *inspección por contacto* y *sin contacto*:

❖ Inspección por contacto:

Implica el uso de una sonda mecánica u otro dispositivo que hace contacto con el objeto que se inspecciona (figura 11). Por su naturaleza, esta inspección generalmente se utiliza para medir o calibrar alguna dimensión física de la pieza. Se realiza en forma manual o automática. (Groover, 2007)



Figura 31. Inspección por contacto

❖ Inspección sin contacto:

Utilizan un sensor localizado a cierta distancia del objeto para medir o calibrar la(s) característica(s) deseada(s). Las ventajas comunes de la inspección sin contacto son: 1) ciclos de inspección más rápidos y 2) se evita que puedan ocurrir daños a las partes debido al contacto. (Groover, 2007)



Figura 34. Inspección sin contacto

### 3.7 Visión de máquina

Implica la adquisición, procesamiento e interpretación de datos de imágenes mediante computadoras para alguna aplicación útil (figura 13). Los sistemas de visión se clasifican en dos y tres dimensiones. Los sistemas de dos dimensiones captan la escena como una imagen bidimensional, lo cual es bastante conveniente para aplicaciones que implican un objeto plano. Entre los ejemplos están la medición y la calibración de dimensiones, la presencia de componentes y características de una superficie plana (o casi plana). Los sistemas de visión tridimensional se requieren para aplicaciones que necesitan un análisis tridimensional de la escena, los cuales implican contornos o formas.



Figura 37. Cámara para sistema de visión de máquina

- Operación de los sistemas de visión de máquinas

La operación de un sistema de visión de máquina consta de tres pasos, que se muestran en la figura 14: 1) adquisición y digitalización de la imagen, 2) procesamiento y análisis de la imagen y 3) interpretación.

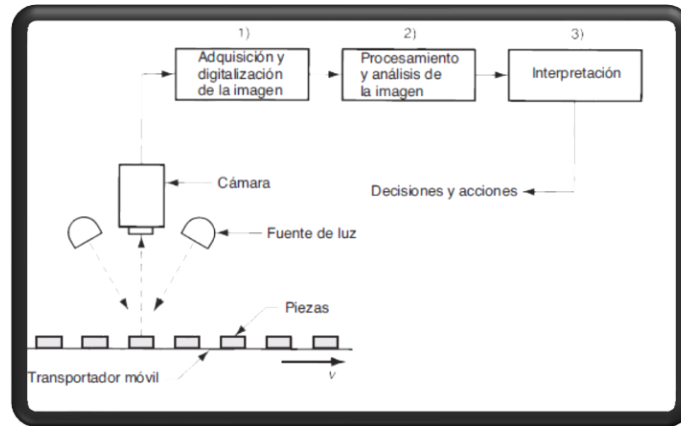


Figura 40. Pasos de un sistema de visión de máquina

- ✓ Adquisición y digitalización de la imagen: se realizan mediante una cámara de video conectada a un sistema de digitalización para almacenar los datos de imágenes que se utilizarán en el procesamiento posterior. Con la cámara enfocada en el sujeto, se obtiene una imagen que divide el área de visión en una matriz de elementos separados de la fotografía (llamados píxeles), en la cual cada elemento supone un valor proporcional a la intensidad de luz de esa porción de la escena. El valor de intensidad para cada pixel se convierte a su valor digital equivalente mediante una conversión analógica a digital. La adquisición y digitalización de imágenes se muestran en la figura 15 para un sistema de visión binaria; en éste la intensidad de la luz se reduce a dos valores (blanco o negro = 0 o 1)

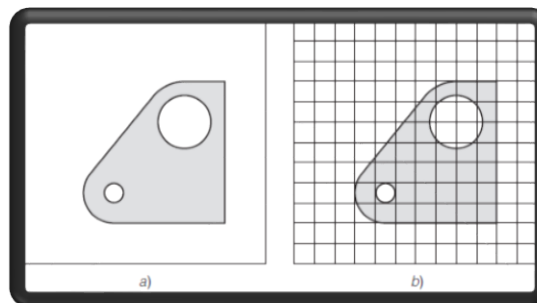


Figura 43. Adquisición y digitalización de imágenes

- ✓ Procesamiento y análisis de la imagen: Deben analizarse los datos para cada marco dentro del tiempo requerido con el fin de completar una exploración (1/30 s o 1/25 s). Se han invertido varias técnicas para analizar datos de imágenes, incluyendo detección de bordes y extracción de características. La detección de bordes implica determinar las ubicaciones de los límites entre un objeto y sus alrededores. Esto se realiza identificando

el contraste en la intensidad de la luz entre los píxeles adyacentes en las orillas del objeto. En la extracción de características se determinan los valores característicos de una imagen.

- ✓ Interpretación: Se realiza mediante características extraídas. Por lo general la interpretación tiene que ver con el reconocimiento de objetos, identificar el objeto en la imagen, comparándolo con modelos predefinidos o valores estándar. Una técnica de interpretación común es la coincidencia de plantillas, que se refiere a métodos que comparan una o más características de una imagen con las características correspondientes de un modelo (plantilla) almacenado en la memoria de la computadora.

La inspección representa alrededor del 90% de todas las aplicaciones industriales (figura 16). Las aplicaciones están en la producción masiva, en donde el tiempo para programar e instalar el programa se divide entre muchos miles de unidades. Entre las tareas de inspección típicas están: 1) medición o calibración de dimensiones, la cual implica medir o calibrar ciertas dimensiones de piezas o productos que se mueven a lo largo de un transportador; 2) funciones de verificación, las cuales incluyen verificar la presencia de componentes en un producto ensamblado, la presencia de un orificio en una pieza de trabajo y tareas similares; y 3) identificación de fallas y defectos, como la identificación de los defectos en una etiqueta impresa, por ejemplo una ubicación errónea, texto, numeración o imágenes mal impresas en la etiqueta.

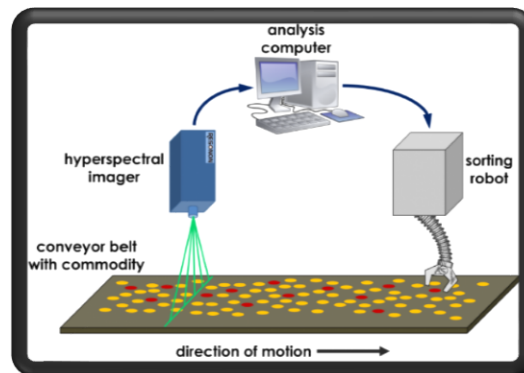


Figura 46. Inspección con un sistema de visión de máquina

### 3.8 Selección de materiales y procesos de manufactura

La elección de un material adecuado y su transformación posterior en un producto utilizable, con una forma y unas propiedades prefijadas, es un proceso complejo. Los artículos manufacturados casi todos atraviesan la secuencia proyecto - selección de materiales - evaluación- rediseño. Son muchas las decisiones técnicas. Para abordar un problema de proyecto y selección de materiales existen varios métodos. En el método del historial

se admite que antes ya funcionó algo con éxito y que piezas similares pueden construirse con los mismos materiales y los mismos métodos. Este enfoque es útil, pero leves variaciones en las condiciones de servicio pueden perfectamente requerir unos materiales o unas operaciones distintos. Además, excluye el uso de nuevas técnicas, nuevos materiales y otros adelantos industriales que hubieran aparecido desde la formulación de la solución anterior. Igualmente, imprudente sería ignorar por completo lo valioso de las experiencias pasadas. Otra aproximación, de naturaleza parecida, sería la de perfeccionar un producto ya existente, a la búsqueda normalmente de reducir costos o mejorar la calidad. Generalmente, en ese caso, los esfuerzos comienzan por evaluar el producto presente y su método de fabricación. Sin prejuicios relativos a materiales ni métodos de fabricación, el diseñador debe formarse una imagen clara de las características que necesariamente debe cumplir la pieza para que se ajuste aceptablemente a su misión. Los condicionantes generales podrían ser divididos en tres categorías principales: (1) consideraciones de forma o geometría, (2) características físicas en general, y (3) aspectos de fabricación. Las consideraciones acerca de la forma influyen primordialmente en la elección del método de fabricación.

La definición de las propiedades físicas acostumbra a ser una labor mucho más compleja. Entre los aspectos a considerar tenemos: Propiedades mecánicas, Propiedades físicas.

Otra zona importante para evaluar es el ambiente en que el producto debe prestar servicio a lo largo de su vida. Una última categoría de condicionantes atañe a los diversos factores que influyen en el método de fabricación. (Facultad De Arquitectura Urbanismo Y Diseño, Universidad Nacional De Córdoba )

### **3.9 Tratamiento térmico: nitruración**

La nitruración es un tratamiento mediante el cual se difunde nitrógeno en las superficies de los aceros de aleación especial, para producir una delgada capa dura sin enfriar por inmersión. Para una mayor efectividad, el acero debe contener ciertos elementos aleantes tales como aluminio (0.85 a 1.5%) o cromo (5% o más). Estos elementos forman nitruros que precipitan como partículas muy finas en la superficie del acero endurecido. Los métodos de nitruración incluyen: la nitruración gaseosa, en la cual las piezas de acero se calientan en una atmósfera de amoníaco (u otra mezcla gaseosa rica en nitrógeno); y la nitruración líquida en la cual las piezas se sumergen en sales de cianuro fundidas. Ambos procesos se llevan a cabo a temperaturas de alrededor de 500 °C (950 °F). El espesor de la corteza va desde 0.025 mm (0.001 in) hasta alrededor de 0.5 mm (0.020 in), con durezas de hasta HRC 70.

## 4. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

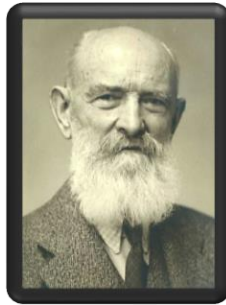
### 4.1 Capacitación por parte de recursos humanos e introducción al departamento

La primera semana fui parte de un curso denominado “Onboarding” destinado al personal nuevo en planta, para tratar algunos temas de manera general, para que sea más fácil la incorporación a la empresa.

Los temas fueron los siguientes:

#### ❖ Introducción a Bosch y temas legales

La inducción se enfoca principalmente a conocer quien fue Robert Bosch (figura 17) y como empezó desde cero la empresa internacional que hoy conocemos, cuál era su ideología para una empresa, los valores, la misión, el lema, su presencia internacional, los sectores de la industria en los que Bosch tiene presencia (Soluciones de movilidad, Tecnología industrial, Bienes de consumo y Tecnología eléctrica y de construcción), clientes y los productos que se fabrican en planta Toluca. En cuanto a los temas legales, es para tener un panorama de lo que está permitido y lo que no, dentro de la empresa. Cuestiones de confidencialidad, propiedad intelectual, seguro médico etc.



*Figura 49. Robert Bosch*

#### ❖ Seguridad patrimonial (PRS) y seguridad industrial

En el cual nos explicaron cuáles eran las normas de seguridad de la planta, las indicaciones que debíamos seguir de acuerdo con los señalamientos en la planta. Por ejemplo, está prohibido caminar mientras manipulas cualquier aparato electrónico, como celulares laptops, etc. De igual manera, no se puede caminar escuchando música o con manos libres. Así como identificar el significado de los señalamientos de EPP (Equipo de Protección Personal) que se encuentran en cada una de las áreas de la planta (figura 18). Uno de los puntos más importantes fue el de conocer la simbología que se maneja en los residuos o materiales peligrosos (figura 19), esto para saber los peligros a los que estamos expuestos al estar en contacto ya sea directo o indirecto con ellos.



*Figura 52. Equipo de protección personal*

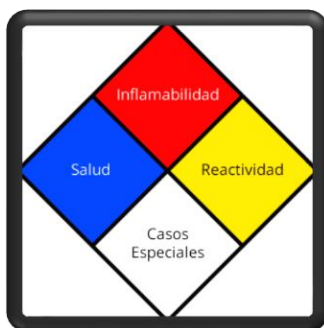


Figura 55. Simbología de materiales peligrosos

#### ❖ Seguridad y Privacidad de la Información (ISP)

Es el sistema de gestión de seguridad y privacidad de la información y sus principales objetivos son identificar y mitigar riesgos en el procesamiento de los datos del negocio, así como cumplir con los requerimientos de la ley en relación con el tratamiento de datos personales (figura 20). Nos presentaron las *Clases de Seguridad*: La información dentro de Bosch se clasifica en 4 clases, esto de acuerdo con la información que manejes:

- Estrictamente confidencial (3): Adquisición de plantas, nuevos lanzamientos, datos personales sensibles.
- Confidencial (2): Datos personales, dibujos y diseños, especificaciones de producto, cotizaciones etc.
- Interna (1): Reglamento interno, directivas, presentaciones, reporte de ventas etc.
- Pública (0): Páginas web, información liberada a la prensa etc.



Figura 58. Seguridad y privacidad de la información

Las reglas básicas para proteger la información son las siguiente:

- ✓ Cerrar la sesión cada vez que te alejes de tu equipo de computo
- ✓ Resguardar documentos confidenciales y personales
- ✓ No compartir las cuentas de usuario o contraseñas
- ✓ Asegurar dispositivos móviles en un cajón o con candado
- ✓ Respalidar información de negocio en un disco virtual

✓ Eliminar información confidencial de manera permanente

❖ Departamento de informática (CI)

De igual forma nos presentó la manera en la cual el departamento de informática da soporte a la planta. Este departamento se encarga de proporcionar a todos los empleados de la planta, equipos de cómputo, extensiones fijas o móviles para poder comunicarse dentro o fuera de la empresa, impresoras o multifuncionales para su uso en las distintas áreas y departamentos. Así como darles mantenimiento y reparación a todos estos equipos (figura 21).



*Figura 61. Departamento de informática*

❖ Calidad y BPS (Bosch Production System)

La política de calidad de la empresa es la satisfacción de los clientes a través de gente dedicada a la excelencia. El sistema de calidad es la estructura organizacional, las responsabilidades, los procedimientos, procesos y recursos que se requieren para la Gestión de calidad.

✓ *ISO TS 16949*

Regula y especifica los requerimientos del sistema de calidad para el diseño / desarrollo, producción instalación y servicio de productos relacionados con la industria automotriz.

✓ *Auditorías de calidad:*

Es una verificación al cumplimiento de nuestro Sistema de Calidad, El objetivo es detectar discrepancias entre lo que exige la norma y se define en el manual de calidad y documentos anexos o entre estos y la forma de operar en la realidad. Sirven para asegurarse que tu proceso y tu producto estén bien.

Bosch Production System

Es un Sistema integral cuya idea es convertir en el menor tiempo posible, los requerimientos del cliente en entregas, a través de la eliminación del desperdicio (figura 22).





Figura 64. Sistema de producción Bosch

Está orientado en 8 principios, los cuales ayudan a el logro de objetivos:

- ✓ Orientación al proceso
- ✓ Producir lo necesario
- ✓ Estandarización
- ✓ Calidad perfecta
- ✓ Flexibilidad
- ✓ Procesos transparentes
- ✓ Eliminar desperdicio
- ✓ Involucrar al colaborador

#### ❖ Medio ambiente y eficiencia energética

El sistema de gestión ambiental (SGA) es una estructura organizacional con responsabilidades, prácticas, procedimientos, procesos y recursos para implementar y mantener la política ambiental.

##### ➤ *ISO 14001*

Es la norma que establece los requisitos para implementar un sistema de gestión ambiental



Figura 67. Certificación ISO 14001

Una iniciativa de Robert Bosch que tiene como objetivo reducir el impacto al medio ambiente ocasionado por las emisiones de  $CO_2$  es la Eficiencia Energética (figura 24)

Para Bosch es importante optimizar los recursos energéticos en sus procesos de manufactura y reducir las emisiones de gases contaminantes ocasionadas por las operaciones y actividades de la empresa



Figura 70. Eficiencia energética

## 4.2 Entrenamiento sobre el producto y proceso

### Línea de producción de Bombas de Agua PAD2

- Producto:

#### Bomba eléctrica de agua

Funcionamiento: la bomba de agua proporciona la circulación de líquido refrigerante a través del motor de combustión interna. Funciona como un intercambiador de calor en conjunto con el radiador.

Es una bomba centrífuga que funciona con electricidad a 12v, mediante inducción magnética, lo que significa que la cámara del impulsor se encuentra totalmente sellada y no hay posibilidad a fugas. Está diseñada para soportar temperaturas de hasta 100°C y trabajar a una presión de 0.12 bar obteniendo un flujo de 15 Litros/minuto. (Metric Mind Corporation , 2016)

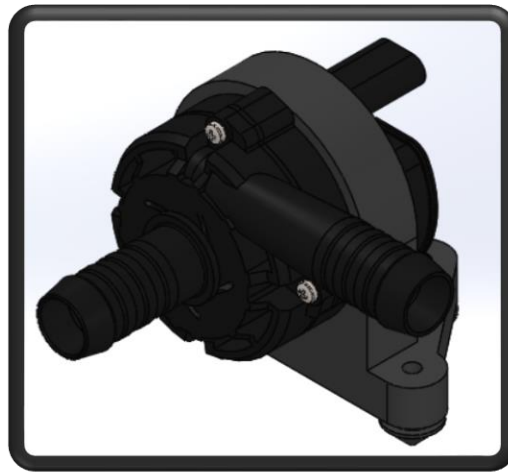


Figura 73. Bomba de Agua PAD2 ®

- Proceso:

El proceso de producción consta de 25 operaciones:

- 1) Devanado de la bobina: en esta estación se encuentra una máquina automática que realiza el proceso de devanado de la bobina con alambre de cobre (figura 26). Un pallet entra a la estación

con la estructura del embobinado y los actuadores se encargan de realizar el devanado girando la pieza y enrollando el alambre.



Figura 76. Devanadora

- 2) Medición del diámetro de la bobina: esta máquina se encarga de medir el diámetro interno y externo de la bobina (figura 27) mediante un palpador y compara los resultados con los valores de especificación del producto. Si los valores no entran en la especificación, se marca el pallet y ya no realiza las operaciones siguientes para ser tirada como desperdicio.

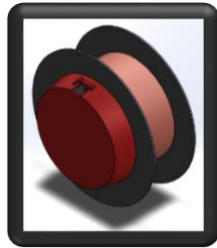


Figura 79. Bobina

- 3) Soldado de ganchos: En esta estación se encuentra una máquina automática de soldadura que suelda los ganchos (figura 28) que sujetan el alambre del devanado mediante electrodos y corriente eléctrica de alto voltaje.



Figura 82. Soldado de ganchos

- 4) Ensamble de anillo metálico: en esta estación automática se ensambla el anillo metálico (figura 29) que se encarga de proteger el devanado de la bobina



Figura 85. Bobina y anillo metálico

- 5) Prueba eléctrica del estator: En esta operación se introduce el estator a una máquina automática que realiza una prueba eléctrica del devanado (figura 30), para saber si no existe corto circuito a masa o corto entre espiras.

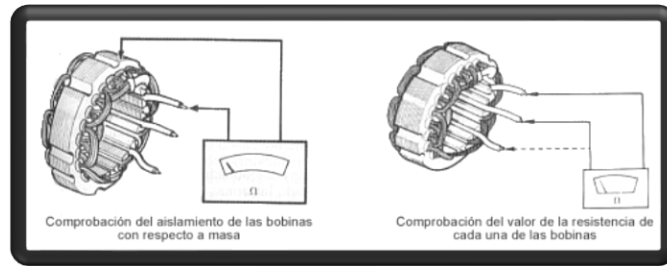


Figura 88. Prueba eléctrica del estator

- 6) Corte de alambre: En esta estación una máquina automática realiza el corte del sobrante de alambre con una cuchilla de corte
- 7) Remoción de alambre: En esta estación de igual forma una máquina automática remueve los restos del alambre cortado en la operación anterior, para evitar que la pieza vaya con material sobrante y pueda provocar fallos.
- 8) Carga y descarga del estator: En esta estación se encuentra el primer operador y se encarga de retirar el estator del pallet que pasó por las operaciones anteriores, colocarlo en la banda de la siguiente operación y colocar una pieza nueva para que la banda de retorno la transporte a la primera operación (Devanado).
- 9) Ensamble de tarjeta electrónica en carcasa de motor: En esta estación el mismo operador de la estación anterior se encarga de tomar una carcasa de motor y una tarjeta electrónica (figura 31) del riel de materiales, colocar la tarjeta en la posición dentro de la carcasa e introducir el subensamble a la máquina, que de forma automática ensambla las dos piezas.

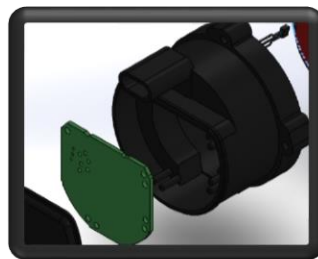


Figura 91. Tarjeta electrónica y carcasa de motor

- 10) Ensamble de sensor de efecto Hall y estator en carcasa de motor (figura 32): En esta estación el segundo operador toma un estator y un subensamble (carcasa – tarjeta electrónica) y los coloca en su posición correspondiente dentro de la máquina. El operador activa la máquina y esta comienza automáticamente con el ensamble del sensor en el estator mediante actuadores, posteriormente

toma el estator y lo ensambla dentro de la carcasa de motor de igual forma con actuadores. Por último, el operador toma el ensamble y lo coloca en el nido de la siguiente operación.

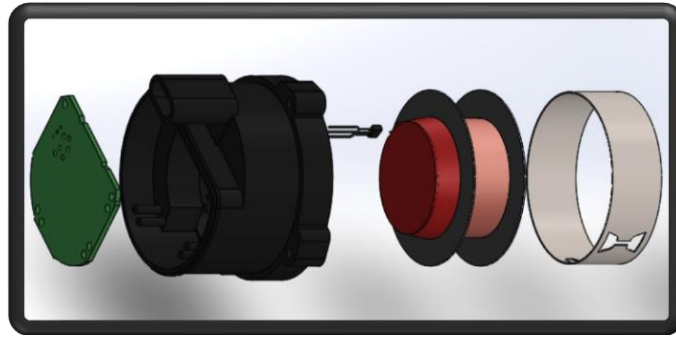


Figura 94. Tarjeta electrónica, carcasa de motor, sensor y estator

11) Lubricación del Pot, y ensamble de Pot, impulsor y sello en la carcasa de motor (figura 33): En esta estación el tercer operador, coloca el subensamble de la operación anterior en la máquina, toma un sello y lo pone en su posición, acciona la máquina y un actuador mecánico comprueba que se colocó bien el sello. El operador toma un Pot y lo coloca en el dispositivo de lubricación, toma un impulsor y lo ensambla con el Pot, este subensamble lo coloca en el que está dentro de la máquina. Por último, toma el conjunto y lo coloca en el nido de la siguiente estación.

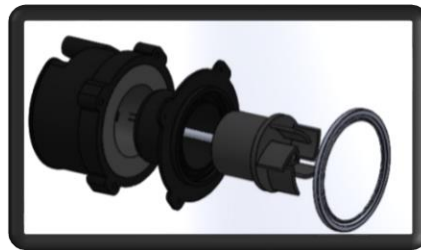


Figura 97. Ensamble de Pot, impulsor y sello

12) Ensamble de anillo, arandela y carcasa exterior (figura 34): En esta estación el cuarto operador toma el subensamble y lo coloca en la máquina, toma un anillo de plástico, lo coloca en su posición y acciona la máquina. La máquina baja automáticamente para comprobar que se colocó el anillo. El operador toma una arandela y la ensambla en la carcasa exterior, coloca el subensamble en el dispositivo de verificación y posteriormente lo coloca en el ensamble dentro de la máquina. Por último, toma el ensamble y lo pone en el nido de la siguiente operación.

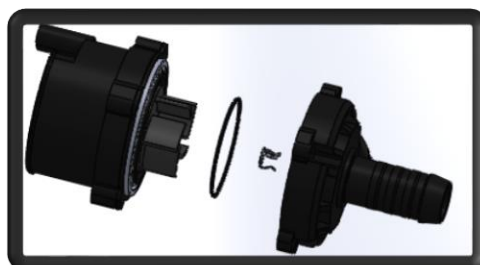
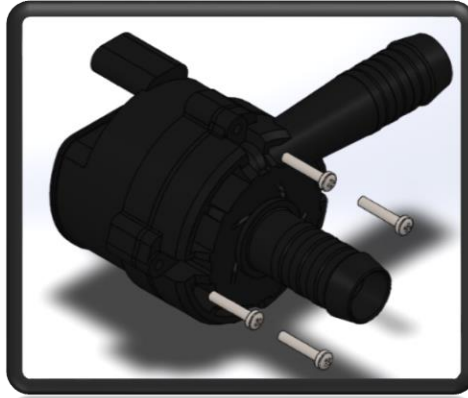


Figura 100. Ensamble de anillo, arandela y carcasa exterior

13) Atornillado de bomba (figura 35): En esta estación el quinto operador toma el ensamble de la operación anterior, lo coloca en la máquina, coloca 4 tornillos en la base y acciona la máquina. La máquina automáticamente posiciona la base con los tornillos y un actuador adicionado con herramientas de atornillado baja y realiza la operación. Por último, el operador coloca la bomba en el Pallet de la siguiente operación.



*Figura 103. Atornillado de bomba*

14) Soldadura de tarjeta electrónica (figura 36): En esta estación se encuentra una máquina automática que hace pasar los ensambles por 3 procesos de precalentamiento, después del último precalentamiento, un actuador toma el pallet que contiene las bombas y lo coloca en la mesa de soldadura, donde los herramientas que contienen la soldadura de estaño fundida realizan el proceso de soldadura por contacto específicamente en los pines de la tarjeta electrónica que se necesitan sueldar. Posteriormente pasan por un proceso de enfriamiento para pasar a la siguiente estación.



*Figura 106. Soldadura de tarjeta electrónica*

15) Inspección de puntos de soldadura: Lo ensambles que salen de la operación anterior son colocados en un nuevo pallet. La banda transportadora se detiene en la estación para comenzar con la inspección y verificar que los puntos de soldadura están dentro de la especificación mediante una cámara de alta tecnología (figura 37).



Figura 109. Máquina de inspección de puntos de soldadura

- 16) Ensamble de tapa (figura 38): Una vez completada la inspección previa, el pallet avanza y se detiene en la estación de ensamble de tapa, que consiste en una olla vibratoria que posiciona las tapas, un actuador que utiliza un gripper para tomar una tapa y colocarla en su lugar. Una vez colocada el pallet avanza a la siguiente estación.

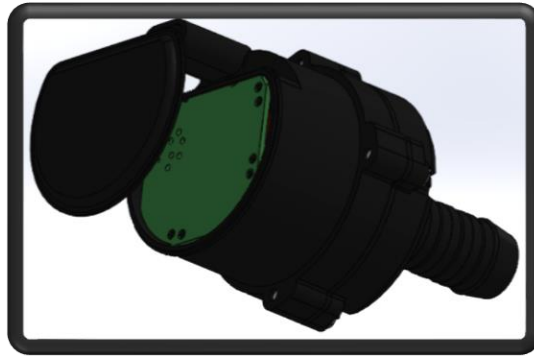


Figura 112. Ensamble de tapa

- 17) Soldado laser de tapa: Después de ser ensamblada la tapa, el pallet avanza y pasa a la estación de soldado laser, donde se suelda la tapa a la carcasa, para que queden completamente ensambladas y se mantenga hermético.
- 18) Programación de la bomba: en esta estación por medio de conectores se carga el programa a la tarjeta electrónica. Este programa es el que hará que la bomba funcione adecuadamente y según las especificaciones.
- 19) Prueba de fuga de la bomba: En esta estación el sexto operador, toma una bomba del pallet y la coloca en el banco de prueba. Donde se introduce aire comprimido y se verifica que no haya fuga en los componentes por los cuales pasará el refrigerante, una vez terminada la prueba el operador coloca de nuevo la bomba en un pallet para que pase a la siguiente operación.
- 20) Lectura del programa: En esta operación mediante un conector automático se verifica que la máquina ha sido cargada con el programa correcto de acuerdo con la especificación.

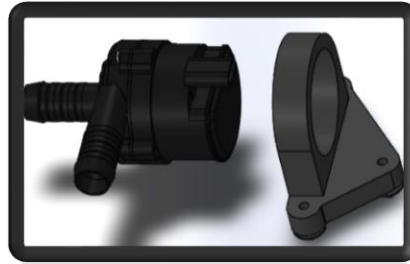
21) Marcado laser (figura 39): En esta estación una máquina automática realiza el marcado laser en la tapa de la bomba, colocando datos importantes de la bomba como el día que se produjo, número de parte, el nombre de la empresa, etc.



*Figura 115. Marcado laser en la tapa*

22) Inspección visual: En esta estación el séptimo operador toma la bomba y verifica algunos puntos, como el conector en buen estado, la soldadura de la tapa, el marcado laser etc. Para que pueda pasar a las siguientes operaciones.

23) Ensamble de aislador y colocación de etiqueta: En esta estación el octavo operador coloca la etiqueta de identificación de la bomba, coloca la bomba con etiqueta en la máquina, toma un aislador, lo coloca en posición sobre un cono y acciona la máquina. La máquina automáticamente hace el ensamble de la bomba con aislador (figura 40). Por último, coloca el ensamble en el nido de la siguiente estación.



*Figura 118. Ensamble de aislador*

24) Ensamble de soporte metálico: En esta estación el noveno operador toma un soporte y lo coloca en la máquina, posteriormente, toma la bomba, la coloca en posición y acciona la máquina. La máquina introduce los componentes al herramental y realiza el ensamble. Por último, el operador coloca el ensamble en la caja de empaque, para que pase a la siguiente y última operación.

25) Inspección final y empaque: En esta estación el operador se encarga de inspeccionar por última vez, cerciorándose de que todo está en buen estado y tiene los componentes adecuados, para empacarlo y su posterior distribución a clientes (figura 41).





Figura 121. Empaque

### 4.3 Monitorear, recolectar y analizar estadísticamente los datos de pérdidas en la línea de producción

Datos obtenidos de Enero – Agosto 2017 analizando utilización y los distintos tipos de pérdidas que se tienen en la línea (datos obtenidos del sistema SMC protegido por el ISP):

Tabla 2. Datos de utilización y pérdidas de enero – agosto 2017

	2016	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Utilización	67.00%	72.00%	75.00%	70.00%	64.00%	74.00%	72.81%	78.00%	77.00%
Pérdidas organizacionales	21.0%	16.0%	14.0%	13.0%	23.5%	14.0%	15.8%	12.5%	14.9%
Paros planeados	0.0%	1.0%	1.0%	0.0%	2.2%	3.0%	1.5%	0.0%	0.0%
Pérdidas técnicas	10.0%	8.0%	8.5%	15.5%	8.0%	5.0%	7.8%	5.7%	5.2%
Cambios de modelo	1.5%	2.3%	1.5%	1.5%	2.4%	4.0%	2.0%	2.2%	2.9%
Pérdidas de rendimiento	0.5%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.7%	0.4%
Pérdidas de calidad	0.3%	0.2%	0.2%	0.2%	0.1%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%
Meta	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
		75.0%	75.0%	75.0%	75.0%	75.0%	76.0%	77.0%	78.0%

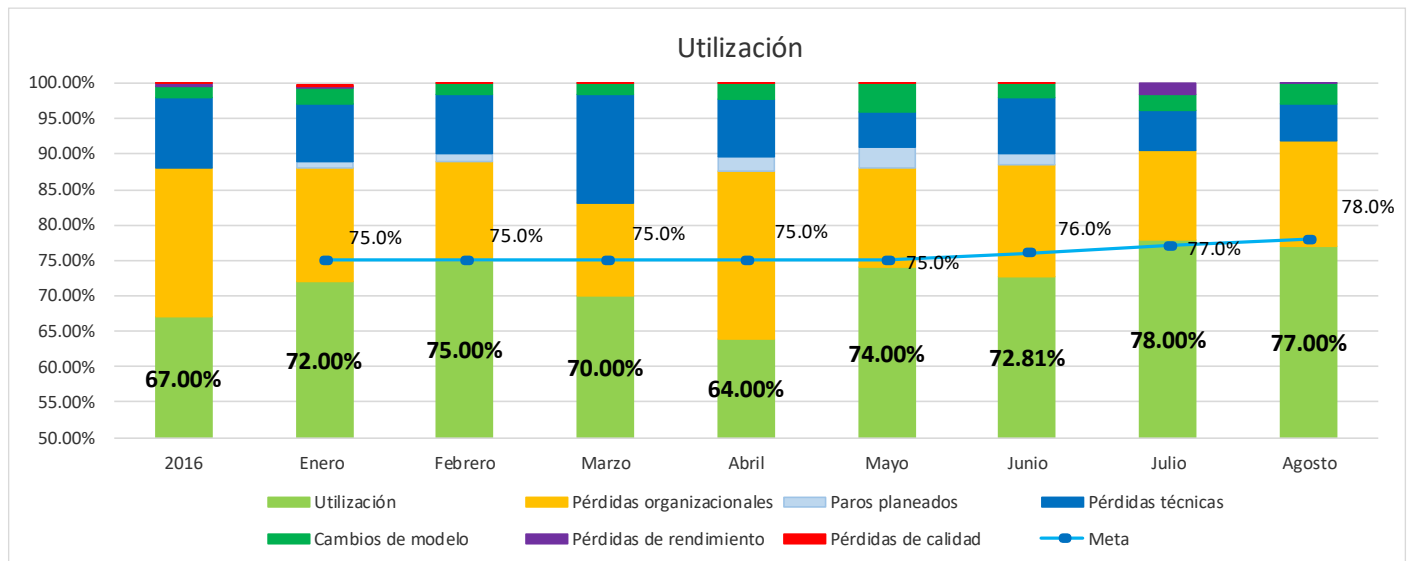


Figura 124. Gráfica de datos de utilización y pérdidas enero – agosto 2017

- ❖ Como podemos observar en la gráfica (figura 42) la utilización en estos meses ha sido muy baja debido a un exceso de pérdidas organizacionales y pérdidas técnicas. Las pérdidas por cambio de modelo son hasta cierto punto inevitables, ya que son actividades que no hay manera de reducirlas. Al igual que los paros planeados.

Las pérdidas organizacionales, son un tema muy difícil de controlar debido a que muchas veces depende de cuestiones de logística o en algunos casos de personal, por lo que se deben tratar utilizando otro tipo de métodos.

En las pérdidas que nos vamos a enfocar en este proyecto, son las pérdidas técnicas que generalmente son debido a fallas en las máquinas o en el producto. Al reducir las pérdidas técnicas, traerá consigo un notable aumento en la utilización, ya que, si se reducen las fallas, la productividad aumenta.

#### 4.4 Elaboración y presentación de plan de acción en conjunto con áreas de soporte

- ✓ Eliminación de la primera operación “cuello de botella” de la línea

La operación “Ensamble de sensor de efecto Hall y estator en carcasa de motor” representa el primer cuello de botella de la línea debido a que se están teniendo demasiadas fallas por una mala colocación del sensor de efecto Hall (figura 43) lo que afecta directamente a la utilización y al OEE, esto porque aumenta el tiempo ciclo de la estación y se obtienen más piezas de desperdicio, por lo que se dejan de producir piezas buenas.



Figura 127. Pin de sensor doblado

El plan de acción para aumentar la utilización es eliminar el cuello de botella mediante el rediseño del herramental que inserta el sensor (figura 44) dentro del estator. Esta falla se está teniendo debido a que se está insertando incorrectamente la pieza dentro del estator, lo que provoca que, al ensamblarse con la carcasa de motor y la tarjeta electrónica, se deforma uno o todos los pines del sensor.

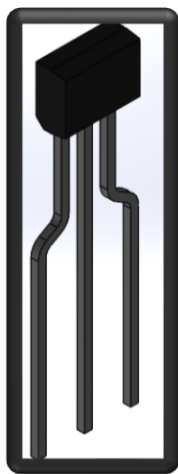


Figura 130. Sensor de efecto Hall

El herramental que lo ensambla es el siguiente:



Figura 133. Herramental de ensamble

Analizando la geometría del sensor de efecto Hall se llegó a la conclusión de que el herramental (figura 45) no está brindando el soporte necesario al sensor, por lo que a la hora de su ensamble la posición del sensor no siempre es la correcta. Por lo que se va a diseñar un herramental (figura 46) que asegure la posición del sensor a la hora de hacer el ensamble.

El nuevo diseño del herramental es el siguiente:

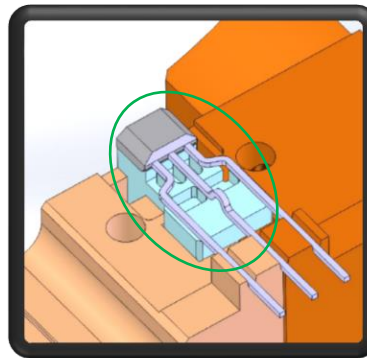


Figura 136. Nuevo diseño de herramental

✓ Implementación de un sistema de visión con cámaras

Implementación de un sistema de visión inteligente con cámaras, en las estaciones “Lubricación del Pot, y ensamble de Pot, impulsor y sello en la carcasa de motor” y “Ensamble de anillo, arandela y carcasa exterior” para reducir el tiempo ciclo de ambas estaciones. En estas dos estaciones un actuador mecánico se encarga de verificar la presencia del sello y del anillo respectivamente. Con la implementación de este sistema de visión, se planea eliminar el sistema mecánico, así como las guardas de seguridad con las que cuenta la estación ya que al no haber ningún componente mecánico no es necesario.

El sistema de visión se va a encargar de verificar lo siguiente:

- La presencia del sello y el anillo respectivamente
- La correcta posición del sello y el anillo
- Que sea el componente correcto

- ❖ Sistema de visión estación: “Lubricación del Pot, y ensamble de Pot, impulsor y sello en la carcasa de motor” (figura 47)



Figura 139. Parámetros de sello OK (izq.) Parámetros NO OK (drcha.)

- ❖ Sistema de visión estación: “Ensamble de anillo, arandela y carcasa exterior” (figura 48)

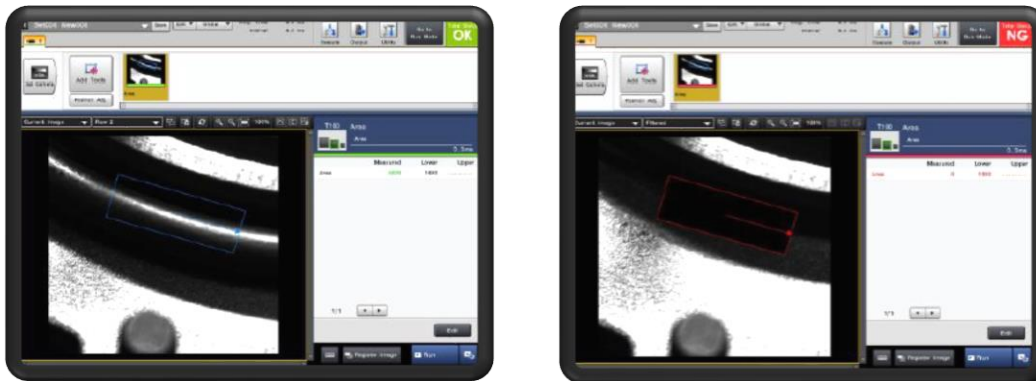


Figura 142. Parámetros de anillo OK (izq.) Parámetros NO OK (drcha.)

- ✓ Cambio de material de los centradores de tornillo debido a su alto desgaste

En la estación “Atornillado de bomba” se obtienen demasiadas piezas malas, debido a una operación de atornillado incorrecta. Esto se debe a que una pieza llamada “Centrador de tornillo” (figura 49) que como su nombre lo indica, su función es centrar el tornillo para su atornillado automático, no coloca en una correcta posición el tornillo. Esto genera que la bomba no sea correctamente atornillada y se genere desperdicio.

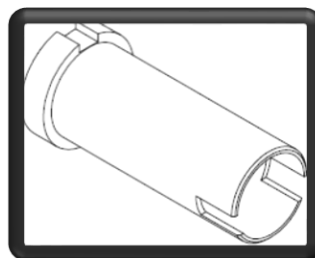


Figura 145. Centrador de tornillo

Se realizó un análisis de esta pieza y se llegó a la conclusión de que el material con el que está hecho no es resistente al desgaste y tiene una vida útil muy corta, por lo que una vez que la pieza sufría desprendimiento de material, comenzaba a no cumplir su función de centrador de tornillo debido a que su geometría cambiaba por el desprendimiento de material.

El material actual del que está hecha esta pieza es:

- Acero 1.2826 60MnSiCr4 (figura 50)

Dureza al suministrar (máx.)	220 HB
Resistencia a la tracción (aprox. al suministrar)	750 N/mm2
Dureza de trabajo máx.	60 HRC
Resistencia a la tracción (con máx. dureza de trabajo)	>2.180 N/mm2
Temperatura de trabajo	20 hasta 200°C
Maquinabilidad	★★★★★
Tenacidad	★★★★★
Resistencia al desgaste	★★★★★
Resistencia a la corrosión	★★★★★

Figura 148. Propiedades del material 1.2826

Y tiene un tratamiento térmico de Zincado que protege a la pieza contra la corrosión. Esta pieza tiene un costo aproximado de producción de \$1,500 MXN

El material que se seleccionó para esta pieza es el siguiente:

- Acero 1.7147 20MnCr5 (figura 51)

Dureza al suministrar (máx.)	217 HB
Resistencia a la tracción (aprox. al suministrar)	720 N/mm2
Dureza de trabajo máx.	60 HRC
Resistencia a la tracción (con máx. dureza de trabajo)	1.300 N/mm2
Temperatura de trabajo	20 hasta 200°C
Maquinabilidad	★★★★★
Tenacidad	★★★★★
Resistencia al desgaste	★★★★★
Resistencia a la corrosión	★★★★★

Figura 151. Propiedades del material 1.7147

Como podemos observar tiene una muy buena maquinabilidad lo que significa que su costo de fabricación no será tan elevado como el anterior y su resistencia al desgaste de igual forma es mucho mejor, lo cual nos asegura que tendrá una mejor vida útil. En cuanto a su resistencia a la corrosión para mejorarla, así como sus propiedades en general se optó por darle un tratamiento térmico de nitruración por plasma que aumentará la dureza y mejorará sus propiedades contra la corrosión. (Dorrenberg, s.f.)

Grupo Materiales	Denominación	Material W.-Nr.	UNE	HRC base recomendada	Dureza capa HV <sub>1</sub>	Equiv.matemática HRC	Espesor capa (mm) hasta:
Construcción no aleados	S235 (St37)	1.0116	-	14-18	150 - 350	<35	0,80
	St52-3N	1.0811	-	14-18	600 - 700	55-60	0,60
	F335 (St60-2)	1.0060	-	14-18	150 - 450	<45	0,70
Aceros	9S20	1.0711	F2121	14-18	200 - 250	<22	0,70
Decoletaje	9SMnPb28	1.0718	F2112	14-18	200 - 250	<22	0,70
Aceros	16MnCrS5	1.7139	F1516S	14-18	650 - 750	57-62	0,70
Cementación	16MnCr5	1.7131	F1516	14-18	650 - 750	57-62	0,70
	20MnCr5	1.7147	-	14-18	650 - 800	57-64	0,70

Figura 154. Propiedades del material después del proceso de nitruración

✓ Rediseño de “Cono de ensamble de aislador”

En la estación “Ensamble de aislador y colocación de etiqueta” se utiliza un cono para ensamblar el aislador en la bomba, de tal manera que el actuador mecánico baje y deforme el aislador en la forma del cono, y se ensamble a la bomba.

El cono al verse sometido a un esfuerzo al realizar el ensamble sufre un gran desgaste en la parte que cubre el conector de la bomba debido a un mal diseño esto provoca que se generen piezas No Ok debido al daño en el conector de la bomba, por lo que la producción se ve afectada y baja la utilización. Se planea rediseñar el cono de tal forma que la parte que cubre al conector sea más resistente, así como dividir en dos partes la pieza para abaratar su costo. Ya que cada vez que la parte del conector se desgasta se tiene que comprar todo el cono nuevo.

➤ Diseño propuesto (figura 53):

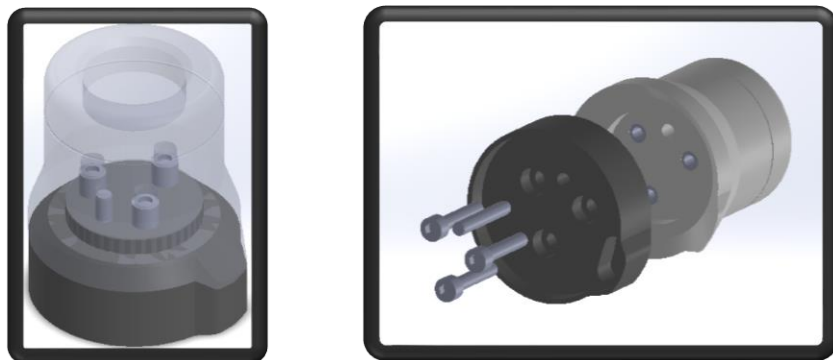


Figura 157. Nuevo diseño de cono de ensamble aislador

Mejora en la parte del conector:

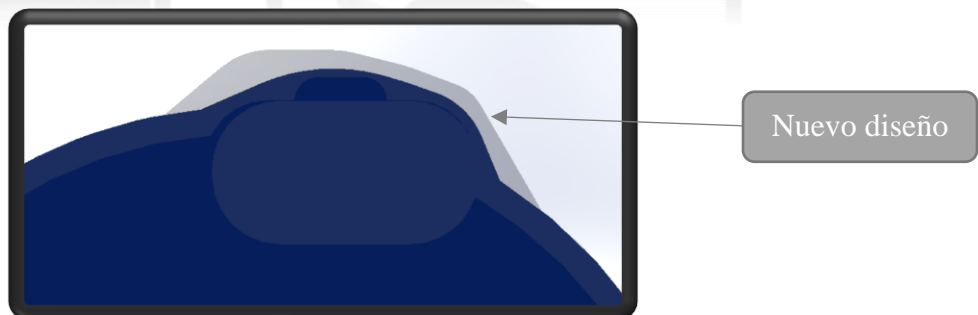


Figura 160. Aumento en la pared exterior

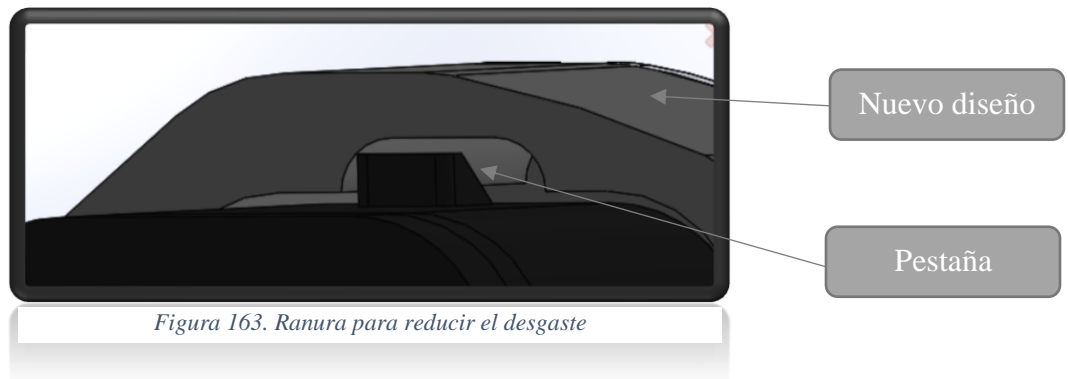


Figura 163. Ranura para reducir el desgaste

Justificación:

La parte que cubre al conector de la bomba no tenía un espacio para la pestaña (figura 55) por lo que se agregó este espacio en el cono para que no exista rozamiento, también se aumentó 1 mm la pared externa del cono (figura 54) esto para aumentar el área que se ve sometida a esfuerzo a la hora de hacer el ensamble y como consecuencia tenga un mayor tiempo de vida.

#### 4.5 Implementación, seguimiento y revisión sobre la efectividad del plan de acción

Datos obtenidos del sistema SMC protegido por el ISP:

Tabla 5. Datos de utilización y pérdidas de semana 2 (agosto) – semana 14 (noviembre) 2017

	Agosto	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14
Utilización	77.00%	78.00%	78.00%	77.00%	78.00%	79.00%	77.00%	79.00%	79.00%	78.00%	80.00%	81.00%	81.00%	82.00%
Pérdidas organizacional	14.9%	16.8%	15.0%	16.7%	16.5%	14.5%	17.3%	14.3%	16.1%	17.0%	15.8%	16.5%	14.4%	14.1%
Paros planeados	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Pérdidas técnicas	5.2%	1.6%	2.1%	2.2%	2.0%	1.7%	2.4%	2.0%	1.2%	1.1%	1.2%	1.0%	1.6%	1.3%
Cambios de modelo	2.9%	3.4%	4.4%	3.3%	2.8%	3.6%	3.0%	4.0%	3.0%	2.9%	2.6%	1.4%	2.7%	3.0%
Pérdidas de rendimiento	0.4%	0.2%	0.5%	0.8%	0.6%	0.1%	0.6%	0.7%	0.7%	0.9%	0.4%	0.1%	0.2%	0.0%
Pérdidas de calidad	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Meta	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	78.0%	78.0%	79.0%	79.0%	79.0%	79.0%	81.0%	81.0%	81.0%	81.0%	82.0%	82.0%	82.0%	82.0%

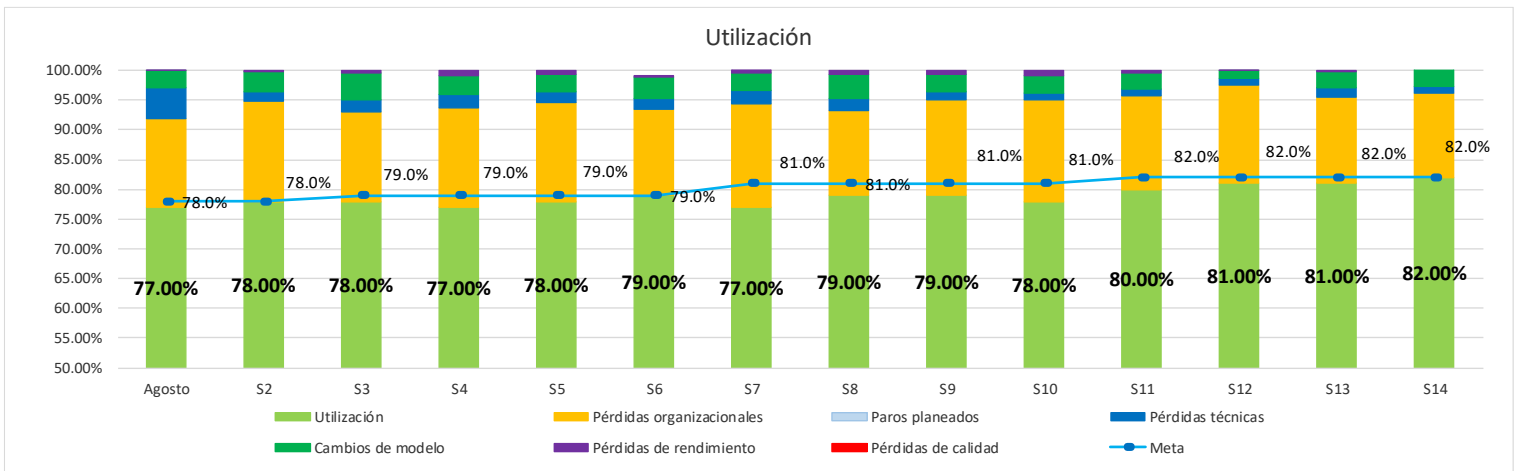


Figura 166. Gráfica de datos de utilización y pérdidas semana 2 (agosto) – semana 14 (noviembre) 2017

- En la semana 9 se instaló el herramental que ensambla el sensor de efecto Hall y cómo podemos ver en la gráfica (figura 56) se tuvo una notable reducción en las pérdidas técnicas debido a que el herramental cumplió correctamente con su función tal y como se diseñó.
- En la semana 10 se instalaron las cámaras de las estaciones “Lubricación del Pot, y ensamble de Pot, impulsor y sello en la carcasa de motor” y “Ensamble de anillo, arandela y carcasa exterior”. La instalación de estas cámaras provocó una ligera disminución de la utilización debido a que una vez instaladas se tuvieron que hacer distintas pruebas para la definición de los parámetros, esto hizo que aumentara el tiempo ciclo en este periodo y la producción disminuyera. Pero esto se ve compensado en la semana 11 ya que una vez definidos los parámetros de detección de las cámaras se redujo el tiempo ciclo y por lo tanto aumentó la utilización.
- En la semana 11 se realizó el cambio del centrador de tornillo anterior de la estación “Atornillado de bomba” por el nuevo con la selección de material que se realizó en base al análisis. De igual forma se comenzó a utilizar el cono rediseñado de la estación “Ensamble de aislador y colocación de etiqueta”. De la instalación de igual forma se vio una mejora en la utilización debido a una mayor producción, esto porque con los nuevos diseños de estas piezas se dejaron de obtener piezas dañadas en las estaciones mencionadas.

#### **4.6 Definición de estándar para seguimiento sistemático y sustentable de análisis de rendimiento de la línea de producción**

##### **FORMATO A3:**

Se propone un proyecto de seguimiento sistemático utilizando el formato denominado A3 (figura 57). En este formato se contemplan los siguientes aspectos:

- 1) Descripción: en esta parte del formato se detalla el nombre del proyecto, objetivos, equipo que trabajará en el proyecto, el moderador y la fecha de su revisión.
- 2) Tema y análisis previo: es donde se define el motivo por el cual se necesita un seguimiento sistemático del proyecto.
- 3) Estado actual y causas del problema: es donde se presenta el estado actual puntualizando las razones por las cuales se hace un seguimiento del proyecto, utilizando gráficas, estadísticas, etc. Posteriormente se definen las causas de los problemas que se están encontrando en el estado actual.
- 4) Estado futuro: es aquí donde se hace un pronóstico de cuál será el estado futuro una vez que se defina un plan de acción y se aplique, de igual forma se pueden utilizar gráficas, estadísticas, etc.



- 5) Validación: es donde se definen los indicadores en los que se va a trabajar, así como los objetivos y estándares que se utilizarán para la mejora en los indicadores.
- 6) Plan de acción: es donde se definen las acciones que se van a realizar para alcanzar los objetivos, se les asigna un responsable y una fecha de entrega.
- 7) Indicadores y metas: Donde se lleva un registro de los resultados del plan de acción

Teniendo juntas diarias con el equipo de la línea y el equipo de operaciones, se trabaja en conjunto con todas las áreas de soporte para poder definir y dar seguimiento a los planes de acción.

El formato A3 está basado en el sistema PDCA (Plan-Do-Check-Act) que permite un seguimiento sistemático y sustentable para cerrar el ciclo

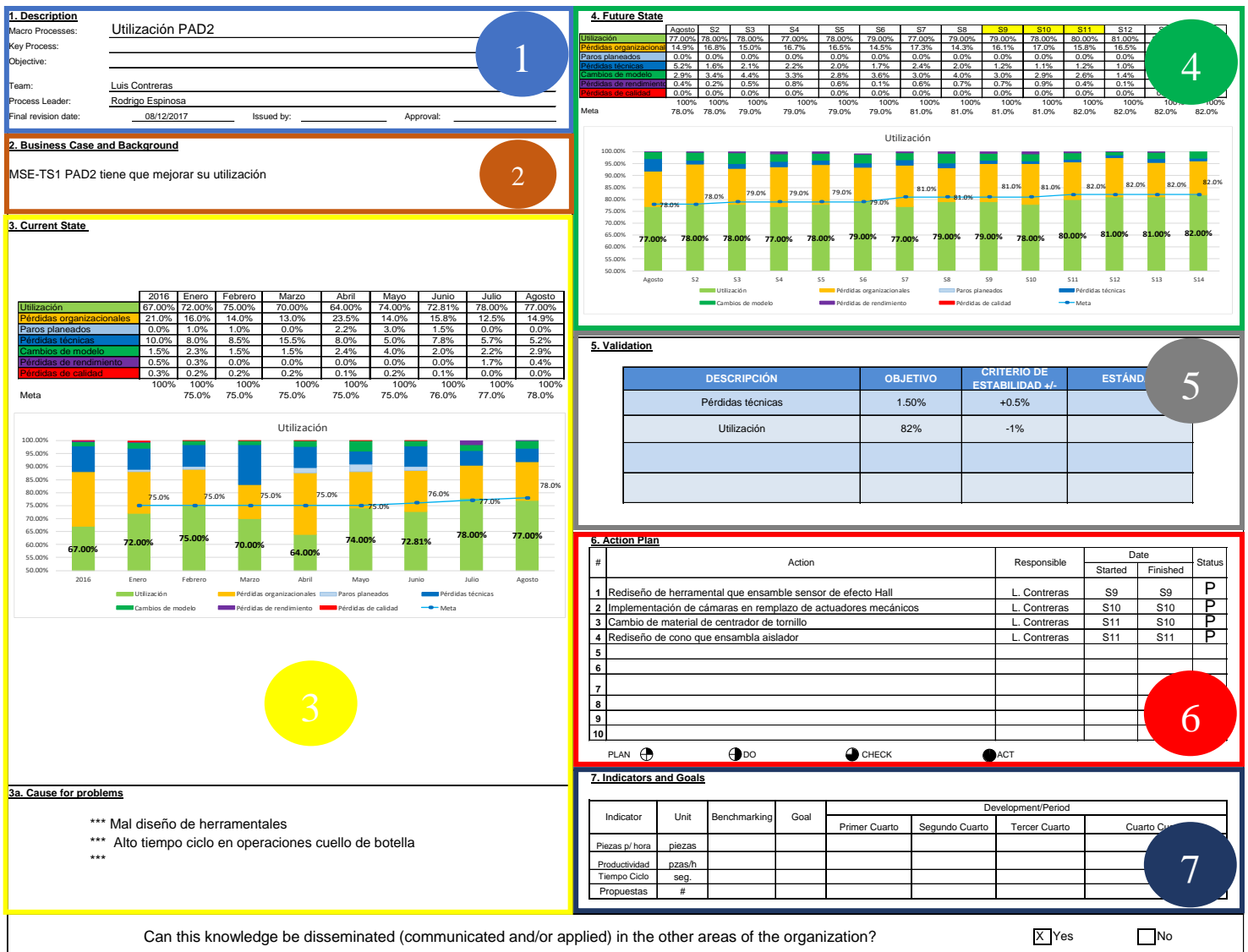


Figura 169. Formato A3 de seguimiento sistemático y sustentable

## 5. CONCLUSIONES

En el proyecto previamente descrito el objetivo principal era mejorar la utilización de la línea de producción de bombas de agua PAD2 y de acuerdo con las acciones se obtuvieron las siguientes conclusiones:

1. Se eliminó la primera estación “cuello de botella” mediante el rediseño del herramental que ensambla el sensor. Esto ocasionó que se redujeran las pérdidas técnicas que se originaban por el mal funcionamiento del herramental. Como consecuencia se aumentó la utilización de la línea al tener una mayor productividad.
2. Se implementó un sistema de cámaras que reemplazó el sistema mecánico de verificación de piezas que provocaba un mayor tiempo ciclo. Esto trajo una mejora en la utilización debido a que al reducir el tiempo ciclo se obtiene una mayor productividad.
3. Se hizo el cambio de material de los centradores de tornillo, en base a un análisis previo. Lo cual provocó la reducción de las pérdidas técnicas y como consecuencia un aumento en la utilización de la línea.
4. Se rediseñó el cono que ensambla el aislador con la bomba, debido a que el diseño anterior provocaba un daño a las piezas y un costo alto por su corta vida útil. Con el nuevo diseño se abarataron los costos y se dejaron de tener pérdidas técnicas por daño al conector en esta estación. Lo cual provocó de igual forma una mejora en la utilización de la línea.
5. Para la implementación del estándar de seguimiento sistemático y sustentable se propuso el uso del formato A3, que permite tener un seguimiento cíclico ya que está basado en el sistema PDCA. El uso de este formato permite que con el seguimiento de las acciones se mantenga un proceso de mejora continua y se trabaje de manera efectiva.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (s.f.). Obtenido de Dorrenberg: [http://www.dorrenberg.es/download/PLASMANitruracion\\_DTT.pdf](http://www.dorrenberg.es/download/PLASMANitruracion_DTT.pdf)
- Bosch-Zünder. (1931). Memorias de Robert Bosch. pág. 197.
- Facultad De Arquitectura Urbanismo Y Diseño, Universidad Nacional De Córdoba . (s.f.). Obtenido de Selección de materiales y procesos de manufactura. : <https://catedrad3.files.wordpress.com/2013/08/guia-definicion-diseno-tecno3.pdf>
- Groover, M. P. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna*. Mc Graw Hill.
- IPN. (Septiembre de 2011). Obtenido de Mantenimiento y Sistemas de Manufactura : <https://sistemasmanufactura.files.wordpress.com/2011/09/sesion-10-022011.pdf>
- IPN. (Agosto de 2011). Obtenido de Mantenimiento y sistemas de manufactura: <https://sistemasmanufactura.files.wordpress.com/2011/08/sesion-9-02-2011.pdf>
- LeanSis. (2016). Obtenido de LeanSis personas procesos productividad: <http://www.leansisproductividad.com/que-es-el-oeo/>
- Metric Mind Corporation . (2016). Obtenido de Metric Mind Corporation : <http://www.metricmind.com/products/bosch-pa-66-gf-30/>
- Robert Bosch Sistemas Automotrices S.A. de C.V. (2007). *Historia de Robert Bosch en México*. Ciudad de México.