

## DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

# “DISEÑO DE DISPOSITIVO POKAYOKE PARA INSERCIÓN GUIADA DE TERMINALES EN INDUSTRIA ARNESERA”

## TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERO INDUSTRIAL

**Rogelio Noriega Urtusuaztegui**

Director:

Dr. Francisco Octavio López Millán

Hermosillo Sonora, México

28 de enero de 2019





Instituto Tecnológico de Hermosillo

SECCIÓN: DIV. EST. POS. E INV.  
No. OFICIO: DEPI/369/18.  
ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN  
DE TESIS.

**12 Diciembre de 2018**

**C. ROGELIO NORIEGA URTUSUAZTEGUI,  
P R E S E N T E.**

Por este conducto, y en virtud de haber concluido la revisión del trabajo de tesis que lleva por nombre **"DISEÑO DE DISPOSITIVO POKAYOKE PARA INSERCIÓN GUIADA DE TERMINALES EN INDUSTRIA ARNESERA"**, que presenta para el examen de grado de la MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL, y habiéndola encontrado satisfactoria, nos permitimos comunicarle que se autoriza la impresión del mismo a efecto de que proceda el trámite de obtención de grado.

Deseándole éxito en su vida profesional, quedo de usted.

**ATENTAMENTE**

**DR. FRANCISCO OCTAVIO LÓPEZ MILLAN  
DIRECTOR**

**DR. OSCAR VIDAL ARELLANO TANORI  
SECRETARIO**

**DRA. MARTHA ESTELA DIAZ MURO  
VOCAL**

**M.C.O. ROSA IRENE SÁNCHEZ FERMÍN  
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**



**S.E.P.**

RISF/momv\*

INSTITUTO TECNOLÓGICO  
DE HERMOSILLO  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS  
DE POSGRADO



## **Agradecimientos**

A mi Dios y Padre.

A mi esposa y mis hijos, por su amor, comprensión y paciencia.

A mis padres por apoyarme en todo momento.

## **RESUMEN**

La industria arnesera se encuentra en un proceso de grandes retos debido a la competencia global y a los avances tecnológicos que día a día incrementan en las industrias. Los procesos que se emplean para la fabricación de arneses en algunos casos aún son poco automatizados lo que conlleva a generar mayor grado de defectos y errores en los productos, sin dejar de lado que la calidad de los mismos se encuentra comprometida al factor del error humano.

No obstante, este tipo de industria se ve afectada por los avances tecnológicos de la industria automotriz los cuales están presentando una tendencia al vehículo eléctrico y en fases de prototipo a las versiones autónomas. Por lo que el reto más grande está en cumplir con la máxima calidad de los productos por las regulaciones y la expectativa y seguridad del consumidor.

Es por ello que la utilización de estaciones de trabajo que manejen un mayor grado de automatización generara a la empresa industrial ahorros significativos y a su vez mayor grado de calidad

Para lograr lo anterior, varias herramientas de metodología de sistemas de calidad aplicada mediante Poka Yoke será un medio idóneo para las compañías arnesera mexicanas que procesan productos que exportan, ya que está proporcionara una mezcla de técnicas y herramientas para ayudar a eliminar defectos y desperdicios, aumentando la productividad y optimizar los procesos operativos.

**ABSTRACT**

The harness industry is in a process of great challenges due to global competition and technological advances that are increasing day by day in industry. The processes that are used commonly for the manufacture of harnesses are still not very automated, this generates that the quality may be compromised to the human error factor.

However, this industry is being pressure by the technological advances of the automotive industry which are presenting a tendency to the electric vehicles and at the moment in prototype phase to the autonomous versions. The biggest challenge is focus to meet the highest quality of the product by the regulations and expectation for the safety of the consumer/final costumer.

That is the reason to use workstations that handle a greater degree of automation which will generate significant savings for the industrial company and in return, a higher level of quality.

To achieve the above, several quality systems methodology applied through Poka Yoke will result in an excellent tool for Mexican harness assembly industries that process products for exportation, since it will provide several techniques to help eliminate defects and waste, increasing productivity and optimizing operational processes.

**Palabras Claves:**

*Poka Yoke*, Inserción guiada, Invertido, Disminución de defectos, Arnés,

**Keywords:**

Poka Yoke, Guided insertion, Crosswire, Decrease of defects, Harness

## Contenido

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO 1 “INTRODUCCIÓN” .....	2
1.1 Introducción .....	2
1.2 Antecedentes.....	2
1.3 El producto .....	3
1.4 Principales componentes del arnés .....	4
1.4.1 Conector.....	5
1.4.2 Terminales.....	6
1.4.3 <i>Splice</i> :.....	7
1.4.4 <i>Bracket</i> : .....	8
1.4.5 <i>Clip</i> : .....	9
1.4.6 <i>Grommet</i> : .....	10
1.5 Principales defectos en empresa ACME en el año 2016.....	11
1.6 Gastos generados en empresa ACME por defectos en el transcurso del año 2016 .....	12
1.7 Principales defectos en empresa ACME en el año 2017 .....	12
1.8 Observación en base a defectos detectados y estudiados.....	13
1.9 Estudio de trabajo.....	14
1.10 Proceso de producción.....	16
1.11 ¿Qué es reingeniería?.....	18
1.12 ¿Por qué hacer reingeniería?.....	19
1.13 Planteamiento del problema.....	20
1.14 Preguntas de investigación .....	20
1.15 Objetivos .....	20

---

1.15.1	Objetivo general:.....	20
1.15.2	Objetivos Específicos:.....	20
1.16	Justificación.....	22
1.17	Delimitaciones.....	22
CAPITULO 2 “FUNDAMENTOS CONCEPTUALES Y MARCO TEÓRICO” .....		23
2.1	Introducción.....	23
2.2	Dispositivo <i>Poka Yoke</i> de inserción guiada de terminales: DEFINICIONES Y CONCEPTOS.....	24
2.2.1	PROCESOS DE PRODUCCIÓN.....	24
2.2.1.1	Costos de producción .....	25
2.2.1.2	Productividad .....	25
2.2.2	SISTEMAS DE MANUFACTURA.....	27
2.2.2.1.1	INDICADORES Y MEDIDORES DE LOS SISTEMAS DE MANUFACTURA.....	28
2.2.3	SISTEMAS DE CALIDAD.....	30
2.2.3.1	Algunas herramientas de Sistema de calidad .....	34
2.2.3.1.1	DIAGRAMA DE CAUSAS-EFECTO DE ISHIKAWA.....	34
2.2.3.1.2	DIAGRAMA DE PARETO .....	35
2.2.3.1.3	DIAGRAMA DE FLUJO .....	36
2.2.3.1.4	<i>POKA YOKE</i> .....	38
2.2.3.1.5	DEFECTOS VS. ERRORES.....	41
	Medidores utilizados en sistemas <i>POKA YOKE</i> .....	43
2.2.3.1.6	Hoshin Kanri .....	45
	Establecer las filosofías de la organización .....	46
	Establecer directrices.....	47



---

Establecer los objetivos estratégicos .....	47
Generar estrategias .....	48
Establecer indicadores.....	48
Establecer actividades .....	49
Seguimiento y control .....	49
Revisión periódica.....	49
Presentación de indicadores .....	49
2.2.3.1.7 AMEF.....	50
2.2.4 Industria 4.0.....	62
2.2.4.1 Proceso:.....	62
2.2.4.2 Producto:.....	63
2.2.4.3 Modelo de negocio:.....	63
CAPITULO 3 “MATERIALES Y METODOS” .....	67
3.1 Metodología de la investigación.....	67
CAPITULO 4 “DESARROLLO Y RESULTADOS” .....	72
Introducción .....	72
4.1 Presentación del caso .....	72
4.2 Etapa N°1: Selección de casos .....	72
4.2.1 Descripción del proceso .....	73
4.3 Etapa N°2: Aplicación de herramientas de sistemas de calidad.....	76
4.3.1 Modelo Hoshin Kanri .....	76
4.3.2 Diagrama Causa-Efecto .....	77
4.3.3 Determinación de productividad .....	78
4.3.4 Estudio FMEA .....	79

---

4.3.5	Diagrama de Pareto .....	81
4.3.6	Análisis de datos .....	82
4.4	Etapas de Diseño de dispositivo <i>Poka Yoke</i> .....	83
4.5	Diseño del sensor inteligente.....	85
4.6	Comprobación de productividad del proyecto.....	88
4.7	Descripción de inversión y posibles beneficios.....	89
4.8	Resultados.....	90
CAPITULO 5 “CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES” .....		91
5.1	Conclusiones .....	91
5.2	Recomendaciones .....	92
BIBLIOGRAFIA .....		93

**INDICE DE IMAGENES**

Ilustración 1: Arnés automovilístico; Andrea Tapia (2016) Diseño de arneses eléctricos para General Motors .....	4
Ilustración 2: Tipos de conector; Andrea Tapia (2016) Diseño de arneses eléctricos para General Motors .....	5
Ilustración 3: Tipos de terminal; Andrea Tapia (2016) Diseño de arneses eléctricos para General Motors .....	6
Ilustración 4: Splice; Andrea Tapia (2016) Diseño de arneses eléctricos para GM.	7
Ilustración 5: <i>Bracket</i> ; Andrea Tapia (2016) Diseño de arneses eléctricos para GM .....	8
Ilustración 6: Tipos de <i>Clip</i> ; Andrea Tapia (2016) Diseño de arneses eléctricos para General Motors .....	9
Ilustración 7: <i>Grommet</i> ; Andrea Tapia (2016) Diseño de arneses eléctricos para GM .....	10
Ilustración 8: Representación de concepto Estudio del trabajo; Edwin López (2013) Análisis y propuesta de la producción en empresa VITEFAMA .....	14
Ilustración 9: Ayuda visual en el área de trabajo del concepto VPS; Empresa ACME.....	16
Ilustración 10: Ayuda visual en el área de trabajo del concepto LPS; Empresa ACME .....	17
Ilustración 11: Asignación de operaciones en estación de trabajo 1B; Empresa ACME .....	17
Ilustración 12: Evolución de los sistemas de manufactura; Oscar Pérez, Sistemas de manufactura 2009 .....	27
Ilustración 13: Mejora continua en Gestión de Calidad; Marcelo Pelayo (2009), Determinación de grado de calidad de una empresa a partir de indicadores de gestión.....	31
Ilustración 14: Diagrama de flujo AMEF .....	52

---

Ilustración 15: Grado de severidad/gravedad Fuente: <a href="http://www.itsmante.edu.mx/wp-content/uploads/2017/11/INFORME-FINAL-CONTROL-Y-REDUCCIÓN-DE-DEFECTOS.pdf">http://www.itsmante.edu.mx/wp-content/uploads/2017/11/INFORME-FINAL-CONTROL-Y-REDUCCIÓN-DE-DEFECTOS.pdf</a> .....	55
Ilustración 16: Grado de ocurrencia .....	56
Ilustración 17: Valor de detección Fuente: <a href="http://www.itsmante.edu.mx/wp-content/uploads/2017/11/INFORME-FINAL-CONTROL-Y-REDUCCIÓN-DE-DEFECTOS.pdf">http://www.itsmante.edu.mx/wp-content/uploads/2017/11/INFORME-FINAL-CONTROL-Y-REDUCCIÓN-DE-DEFECTOS.pdf</a> .....	57
Ilustración 18: 8 tipos de desperdicios o muda .....	61
Ilustración 19: Industria 4.0 .....	64
Ilustración 20: Evolución de la industria; .....	65
Ilustración 21: Metodología .....	68
Ilustración 22: Metodología a implementar; Elaboración propia .....	83
Ilustración 23: Representación visual del sensor inteligente; Elaboración propia .	85
Ilustración 24: Diagrama de flujo operación de sensor inteligente. ....	87
Ilustración 25: Simulación de prototipo .....	90



## INTRODUCCIÓN

En la actualidad con la globalización, las empresas deben de contar con altos estándares de calidad que les permitan competir a mayor escala. Es por ello, que la implementación de dispositivos *Poka Yoke* en los procesos de producción toma un rol fundamental para el aseguramiento de la calidad, por lo que al implementar un dispositivo de inserción guiada de terminales nos permitirá obtener una detección temprana de errores evitando que se conviertan en defectos.

La implementación de este tipo de tecnología se llevará a cabo incorporando el concepto de Industria 4.0 generando un proyecto novedoso y multifuncional.

## **CAPITULO 1 “INTRODUCCIÓN”**

### **1.1 Introducción**

Según Carillo (1990) la industria de los cables de arneses automotrices en México se inició en los ochentas y actualmente es el principal producto de exportación maquilador, y el segundo después de los motores dentro de la industria. Desde sus orígenes como una industria de ensamble simple con algunas plantas, ha logrado convertirse en el principal conglomerado industrial. Productores, competidores, proveedores y empresas de servicios dan cuenta de un cambio sustantivo en este proceso de aglomeración. El volumen de empleo ha aumentado considerablemente, y empresas de autopartes son actualmente la principal fuente de ocupación en México. Tan sólo en materia de arneses se cuenta con más de 40, 000 empleos.

La evolución de esta industria se refleja en el cambio de rol del producto y en el avance tecnológico. Se ha convertido en el sistema nervioso central del automóvil, y en la medida en que aumentan el contenido tecnológico de los vehículos y la producción de sistemas integrados y modulares, su papel es cada vez más relevante.

### **1.2 Antecedentes**

ACME es una empresa arnesera con presencia a nivel mundial, cuenta con gran cantidad de plantas de producción en 4 continentes. Dicha empresa tiene gran importancia en Hermosillo por contar con una planta de más de 3 000 trabajadores en sus dos ubicaciones, albergando a gran cantidad de proveedores de nivel especializado

Su origen es alemán y se estableció en Hermosillo en 1997, se fabrican arneses a clientes de vehículos comerciales y autopartes para vehículos de lujo, por lo que esta empresa tiene gran posicionamiento en el sector industrial automovilístico.

Las industrias desarrolladoras de tecnologías incorporan nuevos conocimientos principalmente por medio de actividades internas de diseño e investigación y desarrollo. Sin embargo, sabemos que uno de los factores más importantes es el tiempo de producción, por lo que incorporar nuevas técnicas o desarrollo de proyectos que permitan mejorar este punto, le permite a la industria aumentar su competitividad en el mercado.

Ya que una gran deficiencia dentro de la industria arnesera es el flujo del proceso, el cual requiere mucha manipulación por parte de los operadores y este problema se incrementa debido a la rotación de personal, la cual está presente por la presión que les genera el alto volumen y gran demanda del producto, esto implica que se tiene que producir una elevada cantidad de arneses por turno, derivando tensión y estrés en el trabajador trayendo como principal consecuencia que los trabajadores falten, cometan gran cantidad de defectos o en el peor de los casos renuncien en un periodo laboral corto, generando personal y mano de obra nueva y con falta de capacitación para el área de producción.

Además, se propicia que la velocidad con la que se trabaja es alta comparada a los estándares promedios de otros modelos y programas, lo que ocasiona numerosos defectos sobre el producto, tales como:

- Mal encintado en el arnés (circuitos expuestos)
- Terminales desensambladas y/o mal asentadas (TNA)
- Circuitos invertidos
- Candados de conectores abiertos
- Dimensiones fuera de tolerancia

### **1.3 El producto**

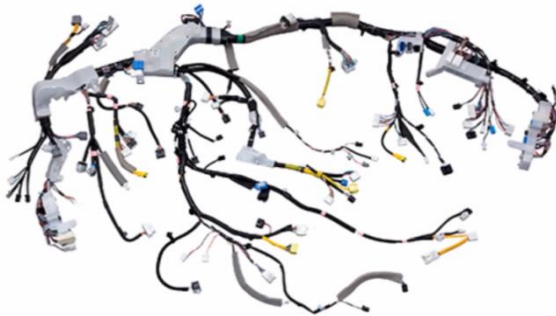
Según la investigación de Carrillo (2001) en su investigación en la revista Región y Sociedad, los arneses automotrices son un componente menor, en términos de valor, en la industria del automóvil, ya que representan aproximadamente menos del 1% del valor agregado de un auto; sin embargo, su rol es muy importante, como veremos



enseguida. Los vehículos son controlados actualmente con la asistencia de complejos sistemas eléctrico-electrónicos y cada función es operada o monitoreada electrónicamente a través de un sistema de distribución, integración de cables, conectores y centros electrónicos. Por eso, los arneses son considerados frecuentemente como el sistema nervioso de los vehículos tanto por autores (Koido, 1992), como por principales maquiladoras de arneses

#### **1.4 Principales componentes del arnés**

Tapia (2016) hace referencia a que un arnés eléctrico es un conjunto de cables, terminales, conectores, clips, cintas entre otros componentes que tienen la función de llevar una señal eléctrica de un punto a otro. La cantidad y orientación de clips, el tipo y lugar donde se aplique la cinta o la variedad, tipo y tamaño de los conectores dependerá de la zona o módulo del automóvil. Los arneses se dividen por familia de arnés y se pueden clasificar por su tamaño o características como *pigtail*, *jumper* o arnés.



**Ilustración 1: Arnés automovilístico; Andrea Tapia (2016) Diseño de arneses eléctricos para General Motors**

### 1.4.1 Conector

La tarea del conector es la de asegurar que la señal eléctrica se transmita a través de su terminal hasta la otra terminal receptora, para lograrlo los conectores pueden ir sellados o no, es decir, pueden tener una capa de plástico alrededor de la boca del conector para evitar la filtración de agua o polvo, también debe considerarse la protección contra vibración si la zona del automóvil lo demanda, o contra temperatura tomando en cuenta el material para que pueda resistir altas temperaturas evitando daño al cable. Además de la protección cada conector debe de mantener una posición adecuada durante determinado tiempo de vida del vehículo asegurando que la señal sea constante; el *lock lever* es una palanca que funciona como seguro y que abraza al conector para evitar que éste se mueva. El *CPA (Conector Position Assembled)*, es otro elemento que también tiene el mismo propósito, el cual mencionaré más adelante. Debido a la gran variedad de conectores que existe, los conectores se clasifican de acuerdo con la temperatura, vibración o presión que soporta y si son sellados o no.

Las características que se deben tener en cuenta para elegir el mejor conector que se ajuste a nuestras necesidades son el tamaño, número de circuitos o cables que puede aceptar, material, color, sellado, ergonomía o fuerza de inserción.

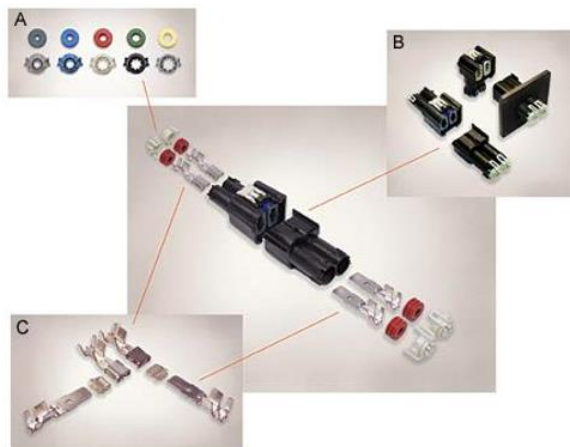


Ilustración 2: Tipos de conector; Andrea Tapia (2016) Diseño de arneses eléctricos para General Motors

### 1.4.2 Terminales

Las terminales son otro componente esencial en los arneses, ya que son las que indican el principio o fin de un circuito y facilitan la introducción del cable en las cavidades de los conectores con el fin de conducir la señal a la terminal del conector de destino. Generalmente están fabricadas de cobre o aluminio, debido a que estos materiales son buenos conductores por lo tanto tienen mayor facilidad de trasladar la señal.



Ilustración 3: Tipos de terminal; Andrea Tapia (2016) Diseño de arneses eléctricos para General Motors

Hay dos aspectos importantes a cuidar cuando se manejan terminales, la primera es que la terminal sujete perfectamente el cable descubierto, para que transmita la señal a través de ella cuidando que no quede holgada para que el cable no se suelte, ni tan ajustada que pueda llegar a cortarlo según las especificaciones que indica la USCAR- 21 que es la norma de métodos y requerimientos de prensado que deben cumplir las terminales para su uso. El segundo punto es asegurar que la terminal no salga de la cavidad del conector o que el doblez que forma el cable al salir del conector provoque su ruptura, para evitarlo se puede agregar un *TPA (Terminal Position Assurance)*, que es un sello plástico que se coloca detrás del conector y asegura la posición de la terminal dándole dirección. Otro método es mediante un *wire dress*, el cual es una cubierta que también se localiza en la parte posterior del conector y cubre a los circuitos justo en la zona donde estos salen del conector y se

doblan para tomar una nueva dirección, evitando así que otro componente pueda llegar a romper algún circuito.

### 1.4.3 *Splice*:

Un *splice* es la unión de dos o más circuitos. Para posibilitar la unión, los circuitos deben contar con desforre, dejando así expuestos los filamentos metálicos, por lo regular cobre, que serán empalmados. Ya que el empalme es la soldadura de cables, existen diferentes procesos de soldadura siendo el más moderno y limpio en su procedimiento la soldadura por ultrasonido. En dicho procedimiento los filamentos conductivos de los circuitos a unir se colocan uno sobre otro, y a través de una superficie plana que se acciona a velocidades ultrasónicas se genera suficiente calor para fundir los cables y lograr la fusión de los filamentos.

En aplicaciones automotrices, para asegurar la protección de las soldaduras, y su durabilidad se aplica una cubierta protectora a los empalmes. Dicha protección puede consistir únicamente en cinta adhesiva de vinil o de tela adherible, misma que se enrolla sobre los filamentos únicos de los circuitos que forman el *splice*.

También existen elementos protectores más especializados, como los tubos termocontráctiles (también conocidos como camisas contráctiles o *shrink tubes*). Por lo regular están manufacturados con nylon o poliolefina. Los hay con o sin adhesivo. Dicho elemento adhesivo se activa con el calor y sella la soldadura.



Ilustración 4: *Splice*; Andrea Tapia (2016) Diseño de arneses eléctricos para GM

#### 1.4.4 Bracket:

Los *brackets* son elementos que se encargan de ofrecer soporte, fijación, dirección o protección a un arnés, por lo general están contruidos de plástico y en algunas ocasiones de aluminio. Son utilizados cuando se quiere dar una dirección muy particular a un ramal y no se consigue fácilmente con *clips*, también para asegurar la posición del arnés y debido al peso de éste y al movimiento del automóvil un clip no lograría retenerlo o para servir de base donde fijar los conectores debido a que la estructura del automóvil no ofrece dónde colocar el conector.

Si se necesita utilizar un *bracket*, lo ideal es utilizar uno ya existente en el catálogo esto es con el fin de ahorrar costo en el herramental que, si se creara uno a la medida, pero en la mayoría de las veces, es complicado debido a que cada automóvil es diferente ya sea en diseño o dimensiones y por ello el *bracket* existente no ensambla adecuadamente.

El *bracket* se diseña de tal forma que pueda fabricarse con la menor cantidad de hojas posibles calculando mínimos radios internos o ángulos de desmolde. En el caso de que se necesite diseñar un *bracket* para un vehículo en específico debido a que las dimensiones, alrededores o diseño del vehículo no es parecido a algún otro que ya posea un *bracket* en la zona deseada, se busca si existe un *bracket* lo suficientemente parecido para que sirva de base y se edita el diseño para posteriormente adquirir un código alfanumérico (nombre de estudio de la pieza). Después de haber pasado determinadas pruebas de vibración, deformación, tensión, esfuerzo o térmicas para su validación recibe un número de 8 dígitos que indica que se trata de una pieza ya producible.



Ilustración 5: *Bracket*; Andrea Tapia (2016) Diseño de arneses eléctricos para GM

### 1.4.5 Clip:

Otra alternativa para asegurar la ruta de los arneses y así permitir que no roce, se enrede o se rompa con otra pieza del automóvil son los *clips*, los cuales se fijan a piezas de metal u otros arneses. Los *clips* a su vez constan de dos partes, el sujetador que es la pieza que se fija al metal o arnés y el cintillo que es quien sujetará al conjunto de circuitos.

Los *clips* se clasifican de acuerdo con varias características, según el tipo de sujetador el cual puede ser en forma de árbol, flecha, pinza o tubular y que varían dependiendo del elemento a donde se fijará (orificio, lámina, arnés o poste). Una subdivisión de los sujetadores es si son unidireccionales o no, es decir, si el sujetador tiene forma circular u ovalada respectivamente. El sujetador circular permite que éste tenga la libertad de rotar entorno al elemento del cual se encuentra retenido, mientras que los clips unidireccionales son utilizados cuando se desea restringir su movimiento debido a que el peso del arnés pueda vencer la posición del clip o para direccionar el arnés.



Ilustración 6: Tipos de *Clip*; Andrea Tapia (2016) Diseño de arneses eléctricos para General Motors

El *offset* es otro diferenciador que clasifica a los *clips*, el *offset* es la distancia que hay entre el sujetador y el *lock tab* que es el seguro por donde pasará el cintillo para amarrar al arnés que se quiere sujetar.

#### 1.4.6 Grommet:

Otro componente es el *grommet*, quien tiene la función de permitir el paso de los circuitos a través de objetos que pueden tener roce con ellos o piezas que son móviles y con el tiempo, pueden llegar a cortarlos. El *grommet* es una pieza que guía y cubre al ramal de circuitos por medio de un hule con forma tubular el cual atraviesa el objeto móvil o con filo como una lámina de metal que divide a dos zonas del automóvil y también tiene la función de sellar el orificio para impedir el paso de polvo o agua entre zonas. Por lo que si el paso es entre dos láminas de metal las cuales se mueven, por ejemplo, las puertas, el *grommet* consta de un tubo de hule que posee en los extremos dos sellos con la forma de los orificios de las láminas para poder sujetarse y evitar el paso de otros agentes que puedan perjudicar la seguridad del arnés.

La característica principal para elegir un *grommet*, es el diámetro del tubo, que debe permitir agrandarse lo suficiente como para que pase el ramal de circuitos junto con los conectores, el contorno debe quedar perfectamente justo al orificio ya que, si es más grande, requerirá más fuerza por parte del operador poder colocarlo y, si es más pequeño, el *grommet* puede moverse y aunque cubra a los circuitos, el agua o polvo pueden pasar de un área a otra.



Ilustración 7: *Grommet*; Andrea Tapia (2016) Diseño de arneses eléctricos para GM

### 1.5 Principales defectos en empresa ACME en el año 2016

#### Reporte de defectos del año 2016

Principales defectos	
TNA (Terminal Not Assembled)	264
Invertido	4506
Conector dañado	85
Candado abierto	43

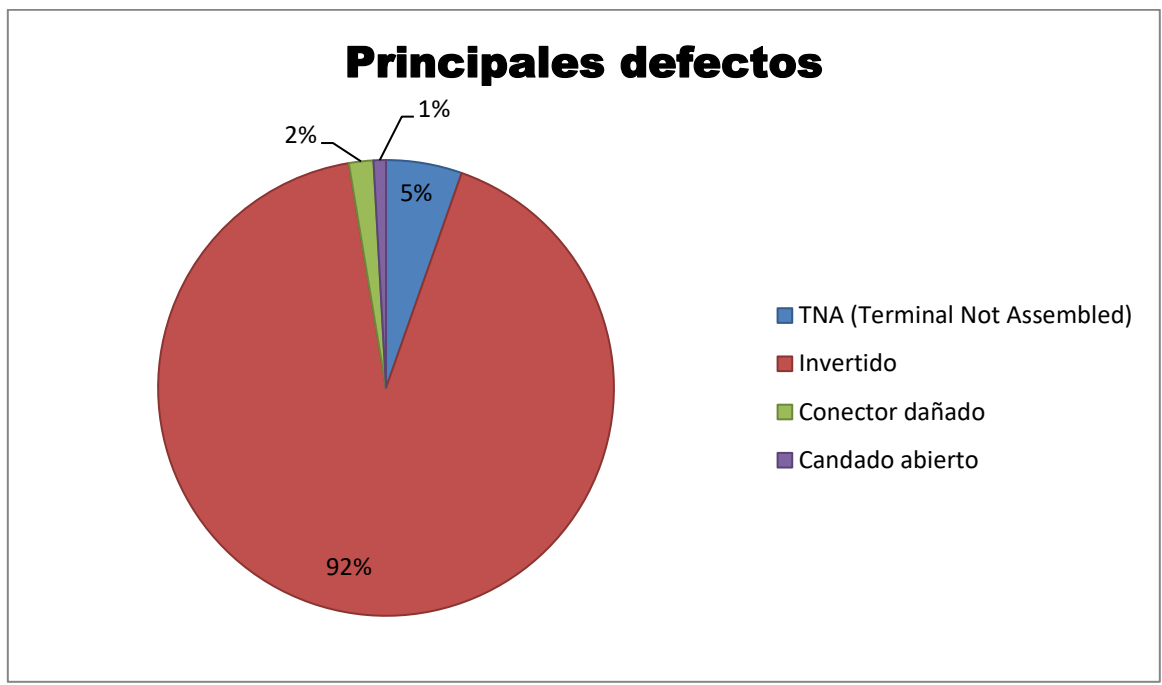


Imagen 8: Grafico de principales defectos en empresa ACME año 2016

Fuente: Elaboración propia



## 1.6 Gastos generados en empresa ACME por defectos en el transcurso del año 2016

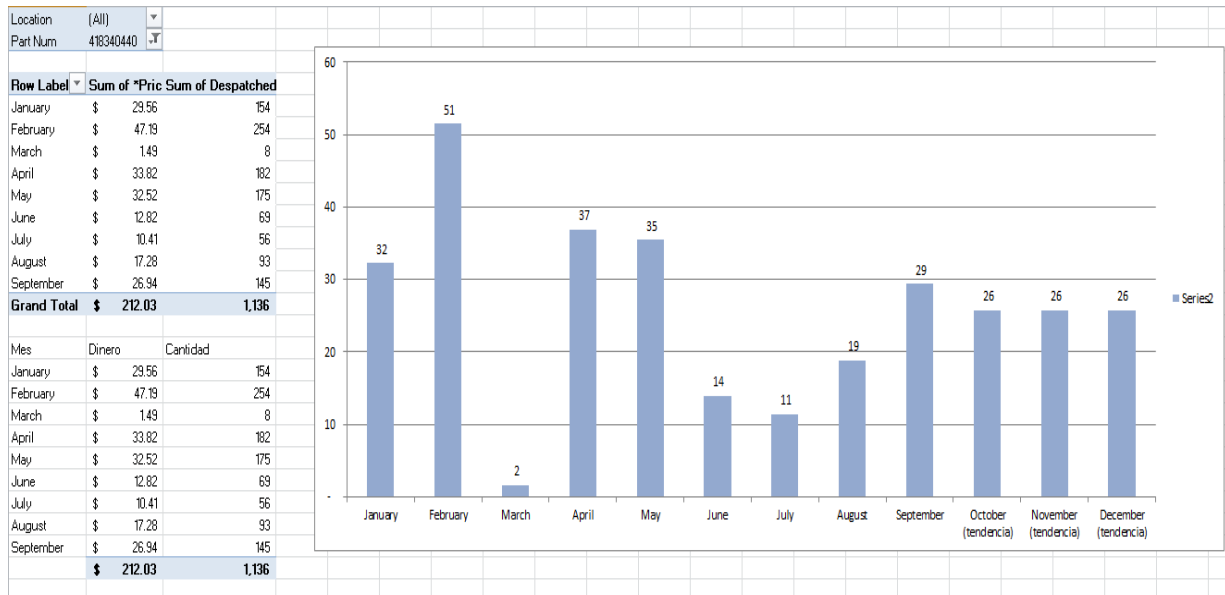


Imagen 9: Grafico de gastos generados por defectos en empresa ACME año 2016

Fuente: Información otorgada por empresa ACME

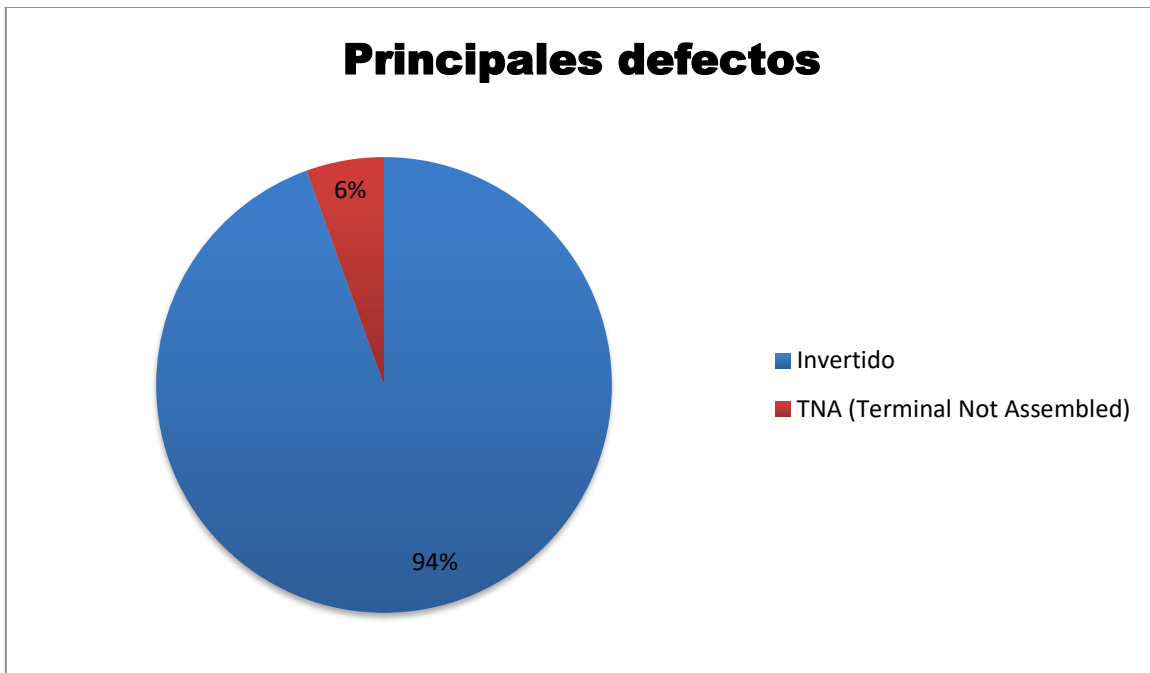
## 1.7 Principales defectos en empresa ACME en el año 2017

### Reporte de defectos del año 2017

En el año 2017 se han presentado 1027 defectos en el área de Pruebas Eléctricas en la Industria ACME.

En la siguiente gráfica se representan los 2 principales defectos que habrá que atacar.

Principales defectos	
Invertido	839
TNA (Terminal Not Assembled)	49



**Imagen 10: Grafico de defectos en empresa ACME año 2017**

**Fuente: Información otorgada por empresa ACME**

### **1.8 Observación en base a defectos detectados y estudiados**

La principal necesidad que se tiene en el proceso de producción es la de evitar los errores antes de que el producto se encuentre en su ensamble final. Sin embargo, la metodología utilizada para la producción hoy en día no logra cumplir con este objetivo, ya que no es suficiente ya que no proporciona algún tipo de indicador si es que se cometió algún defecto durante el proceso.

### 1.9 Estudio de trabajo

Según López (2013), se entiende por Estudio del Trabajo ciertas técnicas y en particular el estudio de Métodos y la medición del trabajo que se utilizan para examinar el trabajo humano en todos sus contextos y que llevan sistemáticamente a investigar todos los factores que influyen en la eficiencia y economía de la situación estudiada con el fin de efectuar mejoras

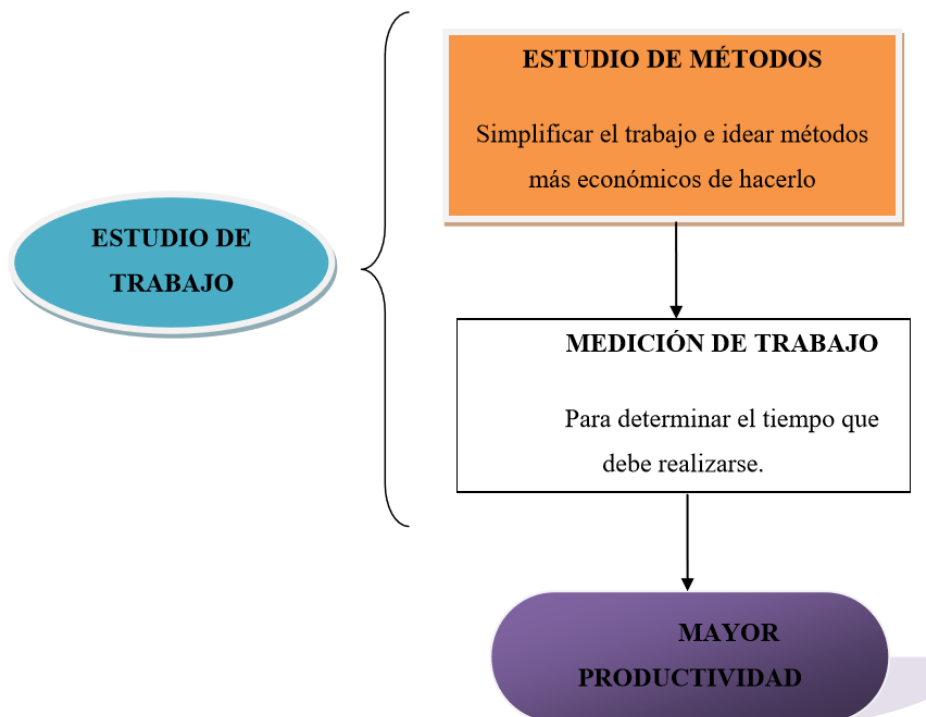


Ilustración 8: Representación de concepto Estudio del trabajo; Edwin López (2013) Análisis y propuesta de la producción en empresa VITEFAMA

Bell (1995) se refieren a las capacidades tecnológicas que permiten a las empresas en países en desarrollo alcanzar un desempeño eficiente, desde un punto de vista dinámico como: *“las capacidades domésticas para generar y administrar el cambio en las tecnologías usadas en la producción; estas capacidades están basadas*

*principalmente en recursos especializados (como el personal altamente calificado) que no están incorporado, ni se derivan automáticamente de los bienes de capital y el “know how” tecnológico . . .”*

De esta forma la construcción de las capacidades tecnológicas en una empresa sugiere una trayectoria temporal de acumulación de conocimientos mediante su participación en actividades de aprendizaje. El aprovechamiento a través del tiempo por parte de la empresa de las fuentes de conocimiento que estén a su disposición y la adecuada traducción de este conocimiento en capacidades aplicables, le permitirán responder mediante su desempeño competitivo e innovador a las condiciones que imperen en el mercado en que participe (Teece y Pisano, 1994).

De acuerdo a la propuesta de Bell (1995), las funciones técnicas de la empresa dentro de las cuales se presenta la acumulación de capacidades se derivan de dos grupos de actividades: las primarias y las de apoyo. Las actividades primarias se subdividen en funciones técnicas de inversión y de producción. Las funciones técnicas de inversión se clasifican en: toma de decisiones y control, y preparación y ejecución del proyecto. Estas funciones se refieren a la generación de cambio técnico y a la forma en que se administra durante grandes proyectos de inversión. Las funciones técnicas de producción se dividen en: centradas en el proceso y en la organización de la producción, y centradas en el producto; referidas a la generación y la administración de cambio técnico en los procesos y productos y en la organización. Por su parte, las actividades de apoyo conjuntan a las funciones de vinculación externa y producción de bienes de capital, que se consideran funciones de respaldo que pueden contribuir en la trayectoria de acumulación de las capacidades.

### 1.10 Proceso de producción

La inserción de terminales en el ensamble de arneses ha presentado constantemente problemáticas por los defectos ocasionados por descuidos del personal encargado de llevar a cabo esta tarea, por lo cual es recomendable ampliar las posibilidades de mejora que permitan ir disminuyendo los defectos presentes para a su vez aumentar la eficiencia y calidad de los productos.

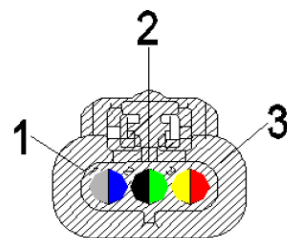
Hoy en día la empresa ACME desarrolla de la siguiente manera la inserción de terminales:

1er. Paso. Personal encargado conocido como operador debe de colocarse en su área de trabajo frente a las terminales e identificar los distintos cables mediante ayudas visuales colocas en el área superior.

2do. Paso. Operador toma conector

3er. Paso. Operador coloca conector sobre el *fixture*

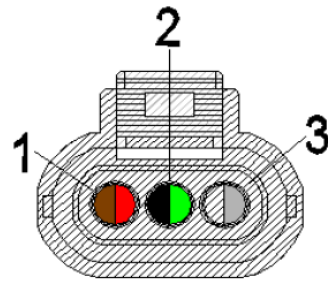
4to. Paso. Empieza el proceso de inserción basándose en las ayudas visuales.



**VPS**  
CONECTOR N/P: P00163107

ID	CAV	COLOR	MM	CONECTOR	CAV
890	1	AZUL/BLANCO	0.5	INLINE BODY HARNES	11
580C	2	NEGRO/VERDE	0.5	INLINE BODY HARNES	12
2709	3	AMARILLO/ROJO	0.5	INLINE BODY HARNES	13

Ilustración 9: Ayuda visual en el área de trabajo del concepto VPS; Empresa ACME



**LPS**

CONECTOR N/P: P00111041

LIQUID PRESSURE SENSOR				DESTINO	
ID	CAV	COLOR	MM	CONECTOR	CAV
7445	1	ROJO/ROJO	0.5	INLINE BODY HARNES	10
580D	2	NEGRO/VERDE	0.5	INLINE BODY HARNES	7
7446	3	AZUL/BLANCO	0.5	INLINE BODY HARNES	6

Ilustración 10: Ayuda visual en el área de trabajo del concepto LPS; Empresa ACME

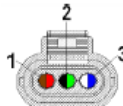
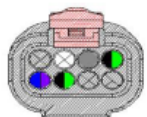
NOTA: EN CASO DE PRESENTARSE ALGUN DEFECTO EN EL MATERIAL Y/O ENSAMBLE, POR FAVOR CONSULTAR LA INSTRUCCION VA 3639 (MATERIAL Y PROCESOS NO CONFORMANTES) PARA SU DISPOSICION				
ESTACION 1B			N/P LEONI	295KD0703
#	DESCRIPCION DE LA OPERACION		N/P CLIENTE	1045807004
1	TOMAR ARNES Y ENSAMBLAR EN HOLDER.			●
2	TOMAR CONECTOR "LPS" E INSERTAR CIRCUITOS. DESPUES INSERTAR LOS CIRCUITOS EN "ITB". (APOYARSE CON AYUDA VISUAL) CERRAR CANDADO.			●
3	TOMAR CONECTOR "MRA " E INSERTAR CIRCUITOS. DESPUES INSERTAR LOS CIRCUITOS EN "ITB". CERRAR CANDADO.			●
4	COLOCAR CONVOLUTE EN RAMAL "B-C" (UNION DE RAMAL VPS Y LPS).			●
5	DESMONTAR "ITB" Y ARNES A LA SIGUIENTE ESTACION.			●

Ilustración 11: Asignación de operaciones en estación de trabajo 1B; Empresa ACME

Todo apunta a que suele ser una tarea repetitiva y simple mientras el operador no pierda la concentración necesaria para realizarla y apostando a que dicho personal identificará cuando haya algún cambio de conector (ya que cada proyecto desarrollado en la planta cuenta con especificaciones distintas).

Como sabemos confiar demasiado en la operación de nuestro personal con lleva a generarnos problemáticas constantes por las capacidades y rendimiento variable que las personas presentan en su jornada total de trabajo. Por lo tanto, se propone que implementando en dicho proceso lo que llamaremos “Dispositivo *Poka Yoke* de inserción guiada de terminales” esta tarea aumente su efectividad mediante la implementación de la herramienta de calidad.

Nuestro dispositivo, consistirá de la siguiente manera:

- El operador realizará el 1er, 2do paso y 3er paso de la manera que fueron descritas previamente.
- Sin embargo, en el 4to paso al iniciar la inserción se contará con distintos elementos que generaran una alerta visual cuando se esté haciendo erróneamente la inserción, así como correctamente, lo cual evitará cometer errores y ayudará a aumentar la efectividad de los trabajadores.
- De igual manera, el sistema deberá de aprender sobre la manera de trabajo del operador para alertar o notificar antes de cometer el error, mediante sus indicadores de luz.

### **1.11 ¿Qué es reingeniería?**

Reingeniería en un concepto simple es el rediseño de un proceso en un negocio o un cambio drástico de un proceso. La reingeniería requiere que los procesos fundamentales de los negocios sean observados desde una perspectiva funcional y en base a la satisfacción del cliente.

Para que una empresa adopte el concepto de reingeniería tiene que ser capaz de deshacerse de las reglas y políticas convencionales que aplicaba con anterioridad y estar abierta a los cambios por medio de los cuales sus negocios puedan llegar a ser más productivos.

### **1.12 ¿Por qué hacer reingeniería?**

En base a la investigación de López (2013) el ritmo del cambio en la vida de los negocios se ha acelerado a tal punto que ya no pueden ir al paso las iniciativas capaces de alcanzar mejoras incrementales en rendimiento. La única manera de igualar o superar la rapidez del cambio en el mundo que nos rodea es lograr avances decisivos. Sucede que muchas veces se culpa a los empleados, encargados o maquinaria cuando las cosas no marchan bien; cuando en realidad la culpa es sino de la forma en qué se trabaja. También es importante hacer notar que no es porque el proceso sea malo, sino que es obsoleto a como fue diseñado para cumplir la necesidades y expectativas actuales del cliente.

Según Hammer (1994) las Tres C: consumidores, competencia y cambio, son las tendencias que están provocando estos cambios. Estas tres fuerzas no son nada nuevas, aunque si son muy distintas de cómo fueron en el pasado.



### **1.13 Planteamiento del problema**

Actualmente la empresa ACME Hermosillo, Sonora presenta alta cantidad de desperdicios de material y de dinero ocasionados principalmente por la mano de obra, ya que las tareas son repetitivas y en alto volumen generan en el operador dificultad para llevar a cabo su trabajo de manera constante durante toda su jornada laboral. Además, la rotación de personal es una variable significativa en la generación de defectos, debido a la falta de experiencia, curva de aprendizaje y dificultad para realizar correctamente las tareas.

### **1.14 Preguntas de investigación**

¿La implementación de la tecnología de inserción guiada de cables a las terminales en conectores, reducirá y/o eliminará los defectos y desperdicios presentes en esta área de trabajo?

### **1.15 Objetivos**

#### **1.15.1 Objetivo general:**

Introducir el diseño de dispositivo *Poka Yoke* en la industria arnesera del sector industrial automotriz para evitar y controlar defectos ocasionados principalmente por error humano.

#### **1.15.2 Objetivos Específicos:**

- Determinar la capacidad de inversión y tiempo que conllevará realizar un proyecto de esta magnitud.

- Realizar un Análisis Costo-Beneficio que nos permita conocer la situación actual por la cual no se ha desarrollado dicho proyecto anteriormente, poniendo énfasis en lo conveniente que fuera la realización de esto para las distintas áreas debido al atraso de labores que producen los defectos en las distintas piezas.
  
- Alinearse al concepto Industria 4.0 y de sus tecnologías asociadas, así como el desarrollo de competencias.
  
- Desarrollar el prototipo de implementación de un dispositivo *Poka Yoke* para la inserción guiada de cables con terminales mediante un sistema inteligente para la disminución de defectos.

### **1.16 Justificación**

El desarrollo de este trabajo es obtener la información necesaria para llevar a cabo el proyecto de diseño de un dispositivo *Poka Yoke* para inserción guiada de cables con terminales en conectores para arneses de la industria del sector automotriz.

Hoy en día contar con un sistema de producción eficiente, logrando hacer las cosas bien desde la primera vez es primordial para alcanzar la satisfacción de los clientes.

El reto consiste en activar el cambio introduciendo el concepto de mejora continúa eliminando tareas manuales sustituyéndolas por tecnología automatizada que trabajen en colaboración con el operador, lo cual generará ahorro de tiempo, ahorro de costos y material.

### **1.17 Delimitaciones**

El presente proyecto se ve delimitado por la decisión de la junta directiva de ser implementado como un proyecto de mejora factible para la producción de la planta, otorgando los medios tecnológicos y económicos para el desarrollo del mismo.

## CAPITULO 2 “FUNDAMENTOS CONCEPTUALES Y MARCO TEÓRICO”

### 2.1 Introducción

En esta sección se analizará y describirá el marco teórico con el que se lleva a cabo nuestra investigación. Por lo tanto, nos enfocaremos primordialmente en los siguientes puntos:

- Analizar las necesidades de mejora de los modelos de producción de arneses en el área de pruebas eléctricas, específicamente en la inserción de terminales.
- Definir los distintos métodos y técnicas de las herramientas de calidad.
- Demostrar la herramienta *Poka Yoke* como una herramienta aplicable a las demandas de las exigencias del mercado global.
- Exponer el concepto de industria 4.0
- Demostrar como alternativa la inserción guiada al proceso de producción existente.

## **2.2 Dispositivo *Poka Yoke* de inserción guiada de terminales: DEFINICIONES Y CONCEPTOS**

### **2.2.1 PROCESOS DE PRODUCCIÓN**

Es un conjunto de actividades mediante las cuales uno o varios factores productivos se transforman en productos. La transformación crea riqueza, es decir, añade valor a los componentes o inputs adquiridos por la empresa. El material comprado es más valioso y aumenta su potencialidad para satisfacer las necesidades de los clientes a medida que avanza a través del proceso de producción, es necesario que en los procesos se identifiquen todos los inputs que se utilizan para obtener los outputs. Todos los procesos se componen de tareas, flujos y almacenamiento.

Dentro de las tareas se tienen las esenciales, auxiliares, de apoyo, superfluas; en los flujos de producción existen el estático, funcional, secuencial (Fernández 2006) y, según este mismo autor se establece una tipología de sistemas: producción por proyectos, artesanal, en masa, continua, por lotes, producción justo a tiempo (*Jit*). Para que la producción se realice de manera eficiente, se sugieren los siguientes métodos y disposición de la planta: Identificación de los cambios internos y externos, transformar los cambios internos a externos, facilitar el mecanismo de apertura, eliminar cambios innecesarios o ejecutarlos en paralelo (Muñoz 2009), estos métodos deben ser debidamente observados y acatados para lograr una productividad apropiada. La función de producción se define como el proceso de transformación de los factores en productos que generan valor agregado luego de la adquisición, recepción y almacenamiento de materias primas. Los procesos son un conjunto de operaciones a través de las cuales los factores se transforman en productos que pueden ser bienes físicos o servicios (D'Alessio 2002).

### **2.2.1.1 Costos de producción**

El costo es la acumulación de los elementos necesarios para obtener los productos terminados, que según los requerimientos de análisis pueden ser identificados como materias primas, mano de obra y costos indirectos; o, según su comportamiento se los identifica como fijos, que no dependen del nivel de producción y que solo pueden eliminarse cerrando (Pindyck y Rubinfeld 2009) y variables, que se generan con la producción. El costo total es el valor de mercado de los factores que utiliza una empresa en la producción (Mankiw 2007).

Si no se ha logrado definir bien los procesos de producción, los costos de producción se elevan. Hasta USD 50.000 puede costar el que un empleado deje su posición y deba ser reemplazado por otro, según análisis de la empresa Evaluar.com, por los costos de liquidación, inducción, impacto en el clima laboral (Revista Líderes 2014).

### **2.2.1.2 Productividad**

Teoría de la producción: Es la fase del proceso económico, el cual los factores productivos son transformados con la finalidad de obtener bienes y servicios para satisfacer necesidades. La teoría neoclásica también define como la creación de la riqueza que aumenta el bienestar de una sociedad, ya que se deben utilizar eficientemente los recursos escasos para generar el máximo bienestar (Asociación Fondo de Investigadores y Editores 2007). Los factores de la producción son todos los elementos que intervienen en la producción, haciendo que esta se realice de manera eficiente. En la teoría de la producción se agrupan como naturaleza, trabajo, capital, empresa y Estado (Asociación Fondo de Investigadores y Editores 2007). El concepto de productividad comenzó a adquirir significado a principios del siglo XX, pero en los años 50's la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico la definió como la relación entre producción final y factores productivos utilizados en la obtención de bienes y servicios (Miranda y Toirac

2010). Es un indicador que demuestra que tan bien se están usando los recursos en la economía de la producción de bienes y servicios. Por otro lado establece que la productividad es la relación entre recursos utilizados y los productos obtenidos y denota la eficiencia con que los recursos humanos, capital, conocimientos, son utilizados para producir bienes y servicios en el mercado (Levitan 1984), para la empresa es de suma importancia conocer este indicador ya que muestra la forma cómo se están utilizando los factores de la producción, en la que se espera alcanzar eficiencia y eficacia. Tiene su importancia en el cumplimiento de las metas nacionales, comerciales o personales. Los principales beneficios de un mayor incremento de la productividad se verán en un futuro a corto plazo ya que se podrá ampliar las producir a mayor escala con los mismos recursos. La productividad depende de factores internos como las instalaciones, equipos, insumos, mano de obra; y también de factores externos como las entregas de los proveedores, políticas comerciales y tributarias, entre otras.

### 2.2.2 SISTEMAS DE MANUFACTURA

En base a la investigación de Pérez (2009) en el siguiente esquema podemos observar el proceso del desarrollo de la manufactura

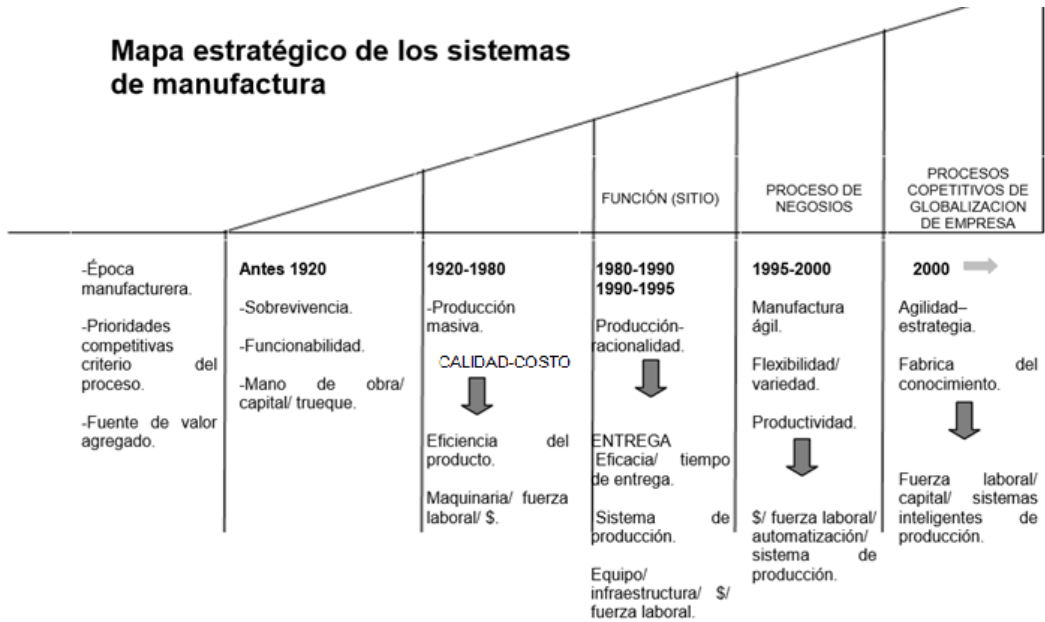


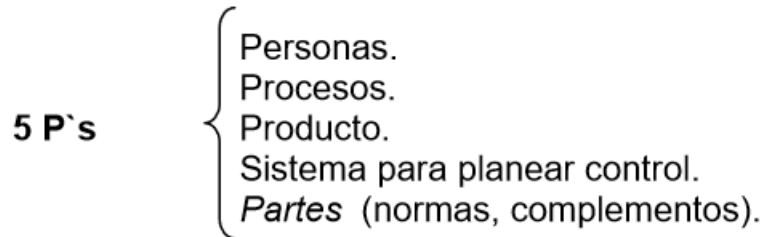
Ilustración 12: Evolución de los sistemas de manufactura; Oscar Peréz, Sistemas de manufactura 2009

Los Sistemas de Manufactura y producción son fundamentales para poder ejecutar la manufactura de los productos o piezas, es por ello que entender y describir cómo están formados, clase de sistemas de producción que hay, permite visualizar mejor el entendimiento para la elaboración de un producto, razón por la cual a continuación se describen en el apartado siguiente.

Los Sistemas de producción son un conjunto de recursos materiales, técnicos, financieros y humanos; relacionados para satisfacer las necesidades de los



clientes, la interrelación de los sistemas se da de manera interna o externa y los recursos se les conoce como las 5 P`s.



### 2.2.2.1.1 INDICADORES Y MEDIDORES DE LOS SISTEMAS DE MANUFACTURA

- Eficiencia: expresa la forma en que se hace un buen uso de los recursos de la empresa (5 P`s).
- ❖ Indicadores que permiten cuantificar esta variable.
  - Tiempos muertos (paro de máquinas, mano de obra).
  - Retraso del material (flujo del proceso).
  - Desperdicio de material o merma desechados indiscriminadamente.
  - Capacidad de manufactura o capacidad de producción.  $\text{Eficiencia} = \frac{\text{número de horas hombre programadas}}{\text{número de horas utilizadas}}$
- Eficacia: grado de cumplimiento con los objetivos, metas o estándares, que la empresa determina en la planeación, es la realización de la producción obtenida en un cierto periodo, respecto a la meta de unidades físicas de producción previamente planeadas.
- ❖ Indicadores que permiten cuantificar esta variable.
  - Grado de cumplimiento de un programa de producción.

- Tiempos de entrega.
- Demoras o retrasos en la línea de producción.

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{Producción obtenida}}{\text{Producción real}}$$

- Efectividad: expresa la relación que se logra entre el buen uso de los recursos y el tiempo estipulado para su entrega, matemáticamente se puede expresar de la siguiente manera:

Efectividad= Eficiencia\* eficiencia

- Productividad: cuando se habla de productividad se piensa que su significado consiste en hacer más con menos. La productividad es el resultado de los factores independientes: el humano y el tecnológico

Se puede medir en un sistema de manufactura bajo 4 ejes:

- a) Aumento del volumen o valor real de la producción utilizando igual o menor cantidad de recursos.
- b) Incremento en el valor de la producción; superior al aumento del valor de los insumos.
- c) Mejorar la capacidad de los productos con la misma relación del producto.
- d) Incremento del valor de la producción igual que los insumos, en especial trabajo y capital, si en ambos es un reflejo de mayor calidad.

### 2.2.3 SISTEMAS DE CALIDAD

Según el autor Pelayo (2009) define que en el mundo empresarial moderno se ha instalado el concepto de gestión, aunque este término puede resultar amplio o poco claro nosotros nos referiremos a la gestión tal como lo define la norma ISO 9000-2000 en el punto 3.2.6 donde se define a la gestión como las “Actividades Coordinadas para dirigir y controlar una organización”. Este concepto de gestión es también el que utiliza el Premio Nacional de la Calidad (1999) en sus bases.

Más específicamente nos interesa el concepto de como una empresa ha desarrollado su sistema de gestión. Existen en la industria distintos tipos de gestión, así podríamos hablar de gestión de la calidad que es definida como las “actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización en lo relativo a la calidad”.

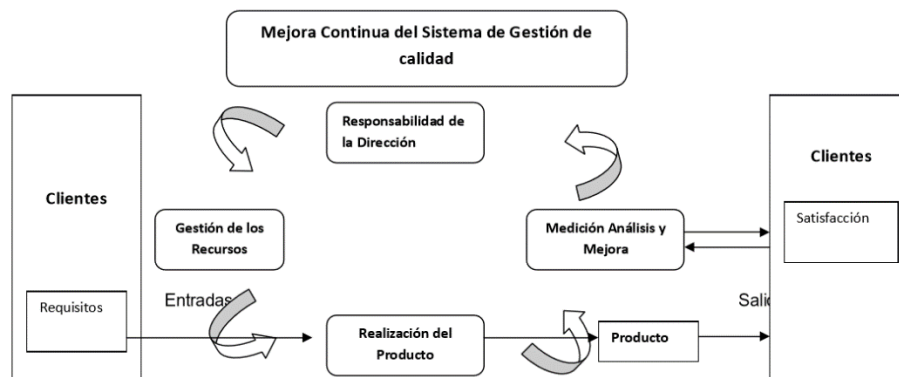
La dirección y control en lo relativo a la calidad, generalmente incluye el establecimiento de la política de calidad, la planificación de la calidad, el control de la calidad, el aseguramiento de la calidad y la mejora de la calidad”.

Es también importante aclarar que la gestión de los recursos es una de las actividades de suma importancia en la gestión de la calidad. Juran habla en su libro “Manual de Calidad de Juran”, sobre el presupuesto para la Calidad, donde queda claro que, sin un presupuesto concreto y previsto para la Calidad, esta suele terminar en solo buenas intenciones.

También resulta importante la actividad referente a la capacitación la cual debe contar con los recursos adecuados para poder ser llevada adelante sin inconvenientes. Podemos decir que una manera de ver el grado de compromiso que tiene una empresa con la capacitación es ver la cantidad de recursos que invierte por empleado en esta actividad. Ishikawa dice en forma metafórica y realzando la importancia de la capacitación que la Calidad empieza con Capacitación, sigue con Capacitación y termina con Capacitación.

También podríamos hablar de la gestión de los procesos los procesos que se define como “Conjunto de actividades mediante las cuales la empresa identifica, opera, evalúa, asegura y mejora en forma continua sus procesos. En el mismo punto Juran define la gestión de una empresa como “Un enfoque sistemático para establecer y cumplir los objetivos de calidad por toda la empresa”.

Es también conocido que las empresas presentan diferentes grados de calidad consecuencia de los sistemas que utilizan para gestionarse, aunque posiblemente no tengan conciencia de que lo estén utilizando. No obstante, esto existen una gran cantidad de sistemas y metodologías que permiten el constante grado de mejora de la empresa, ya sea en todos sus aspectos o solo en algunos específicos.



**Ilustración 13: Mejora continua en Gestión de Calidad; Marcelo Pelayo (2009), Determinación de grado de calidad de una empresa a partir de indicadores de gestión**

También existen herramientas y metodologías que permiten la mejora de los sistemas de calidad en su aplicación práctica. Algunas de estas herramientas y metodologías se mencionan a continuación:

- Las siete Herramientas de la Calidad
- *QFD (Quality Function Deployment)*.
- FMEA (Análisis de modo de falla y sus efectos).
- Control Estadístico de procesos
- *Kaizen*
- Seis Sigma
- *JIT (Just in Time)*
- Benchmarking

Es claro que la aplicación de algunas de las herramientas antes descritas por sí solo no presenta ninguna mejora si no están implementadas dentro de un sistema de gestión integral. También es importante detallar que las mencionadas herramientas producen mejora solo en algunos de los procesos de la compañía y solo algunas tienen un impacto sobre la totalidad de la empresa.

Tal es el caso del *Kaizen* que es un sistema enfocado en la mejora continua de toda la empresa y sus componentes de manera armónica y proactiva. La base del *kaizen* es eliminar el muda (Desperdicios y despilfarros), el mura (las paradas de máquina) y eliminar el trabajo estresante. No obstante, la mejora continua necesita para su puesta en marcha de otros 5 sistemas descritos anteriormente, tales como:

- a) La excelencia en la Calidad.
- b) El sistema productivo Justo a Tiempo (*Just in Time*),
- c) El mantenimiento Productivo Total (*TPM*),
- d) Despliegue de Políticas,
- e) Un sistema de sugerencias y actividades de grupos pequeños.

Como se puede apreciar algunas metodologías de mejora combinan algunas técnicas como las descritas anteriormente. Así el TPM es un sistema de gestión del mantenimiento que tiene como objetivo la eficiencia global de los equipos (*OEE*).

El *just in Time* es un sistema que se orienta a la eliminación de todas las actividades improductivas y a el control del *stock*. Si bien en algunas oportunidades se ha definido el *Just in Time* como una herramienta financiera que permite mantener los stocks bajos, con el consiguiente beneficio de no tener dinero inmovilizado, en este trabajo se lo ha considerado como una herramienta útil para el aprovechamiento del espacio y ordenamiento del proceso.

Como se puede ver el *Kaizen* combina estas herramientas a fin de lograr un sistema de mejora de la empresa.

Una metodología que ha tomado vigencia en los últimos años y que también combina varias técnicas ya conocidas es el 6 Sigma. El seis sigma, se basa en definir la estructura del personal (campeones, cintas negras, etc) en primer lugar. Luego propone la utilización de varias técnicas de análisis que se aplican den el siguiente orden:

- a) la definición correcta del problema,
- b) la selección de un proyecto seis sigma
- c) el desarrollo de la metodología del seis sigma.

El desarrollo de la metodología se basa en Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar los procesos, para lo cual se utilizan distintas técnicas estadísticas y de análisis.

### 2.2.3.1 Algunas herramientas de Sistema de calidad

#### 2.2.3.1.1 DIAGRAMA DE CAUSAS-EFECTO DE ISHIKAWA

En el libro Herramientas para la mejora de la Calidad, UNIT 2009, el diagrama de causas-efecto de Ishikawa, así llamado en reconocimiento a Kaouru Ishikawa ingeniero japonés que lo introdujo y popularizó con éxito en el análisis de problemas en 1943 en la Universidad de Tokio durante una de sus sesiones de capacitación a ingenieros de una empresa metalúrgica explicándoles que varios factores pueden agruparse para interrelacionarlos. Este diagrama es también conocido bajo las denominaciones de cadena de causas-consecuencias, diagrama de espina de pescado o *“fish-bone”*.

El diagrama de Ishikawa es un método gráfico que se usa para efectuar un diagnóstico de las posibles causas que provocan ciertos efectos, los cuales pueden ser controlables.

Se usa el diagrama de causas-efecto para:

- Analizar las relaciones causas-efecto  $f$  comunicar las relaciones causas-efecto y  $f$  facilitar la resolución de problemas desde el síntoma, pasando por la causa hasta la solución.
- En este diagrama se representan los principales factores (causas) que afectan la característica de calidad en estudio como líneas principales y se continúa el procedimiento de subdivisión hasta que están representados todos los factores factibles de ser identificados.

El diagrama de Ishikawa permite apreciar, fácilmente y en perspectiva, todos los factores que pueden ser controlados usando distintas metodologías. Al mismo tiempo permite ilustrar las causas que afectan una situación dada, clasificando e interrelacionando las mismas.

### 2.2.3.1.2 DIAGRAMA DE PARETO

Se usa un diagrama de Pareto para:

- Presentar, en orden de importancia, la contribución de cada elemento al efecto total
- Ordenar las oportunidades de mejora.

Un diagrama de Pareto es una técnica gráfica simple para ordenar elementos, desde el más frecuente hasta el menos frecuente, basándose en el principio de Pareto.

Hay consenso en admitir que en numerosas situaciones que se plantean en las organizaciones, los problemas tienen una importancia desigual, fenómeno que no está limitado a cuestiones relativas a la calidad.

En estos casos se da el principio de «los pocos vitales y los muchos triviales» que se conoce como principio de Pareto. Dicha proporción, en una gran mayoría de los casos, ha resultado ser de aproximadamente un 20% para los “pocos vitales” y de un 80% para los “muchos triviales”. Este 20% es el responsable de la mayor parte del efecto que se produce.

Esta denominación se debe a Juran, quien a fines de la década de los 40 comprendió que se trata de un principio de carácter universal.

Utilizando las curvas acumulativas de M.O. Lorenz se puede desarrollar un análisis de Pareto de fundamental interés en relación con la temática de la calidad.

El principio de Pareto es simultáneamente varias cosas: *f* es un estado de la naturaleza que se da en varias circunstancias, *f* es una forma de llevar adelante proyectos (lo que puede denominarse una herramienta de gestión) y, también, *f* es una manera de pensar con respecto a los problemas que afectan a todas las cosas (en la cual predomina el principio de la racionalización).



Si se distingue los elementos más importantes de los menos importantes, se ha de obtener el mayor mejoramiento con el menor esfuerzo.

El diagrama de Pareto presenta, en orden decreciente, la contribución relativa de cada elemento al efecto total. Dicha contribución relativa puede basarse en la cantidad de sucesos, en el costo asociado con cada elemento u otras mediciones de impacto sobre el efecto. Se usa bloques para indicar la contribución relativa de cada elemento. Se emplea una curva de frecuencias acumuladas para indicar la contribución acumulada de los elementos.

El diagrama de Pareto es un ejemplo clásico de un histograma.

### **2.2.3.1.3 DIAGRAMA DE FLUJO**

El diagrama de flujo es una representación gráfica que indica las actividades que constituyen un proceso dado y en el cual se da la ordenación de los elementos. Es la forma más fácil y mejor de comprender cómo se lleva a cabo cualquier proceso.

Se puede dibujar tanto el diagrama de flujo del proceso primario como el de procesos paralelos o alternativos.

De esta manera se puede representar la sucesión de acontecimientos que ocurren para la realización de un producto (desde los materiales hasta los productos). Esto permite, asimismo, que cada persona sepa que se hace antes y que se va a hacer después de la actividad o la tarea que ejecuta.

Se utiliza indistintamente, según el caso considerado, la simbología ingenieril o la simbología informática. También pueden usarse simplemente cuadrados o rectángulos para interrelacionar las fases. En este caso se hace referencia a la representación gráfica como diagrama de bloques.

En cualquier caso lo más importante es que la representación gráfica sea comprensible y útil para los fines para los cuales se realiza.

El diagrama de flujo puede ser usado para describir un proceso existente o para diseñar un proceso nuevo.

Las etapas para elaborar un diagrama de flujo incluyen:

- Una sesión de torbellino de ideas para la identificación de las actividades del proceso
- Empleo de un diagrama de afinidades para clasificar las ideas generadas en el torbellino de ideas y eliminar todas aquellas tareas que son parte de otra actividad (por ejemplo: limpiar un equipo al final de la jornada), las que pertenecen a otro proceso o las que se duplican - seleccionar el formato del diagrama de flujo (vertical u horizontal).

Cuando se desarrolla un diagrama de flujo con orientación vertical, se aconseja colocar las ramificaciones adicionales hacia cualquiera de los lados. Cuando se desarrolla un diagrama de flujo con orientación horizontal, se aconseja mantener la trayectoria principal desarrollándose de izquierda a derecha con ramificaciones adicionales extendiéndose hacia arriba y hacia abajo.

El diagrama de flujo es de gran utilidad en la planificación, realización, seguimiento y control de cualquier proceso.

El beneficio más importante del uso de diagramas de flujo para procesos es que quienes operan los mismos lo captan en los mismos términos y permiten crear climas laborales más adecuados entre sectores.

#### **2.2.3.1.4 POKA YOKE**

*Poka Yoke* es una técnica de calidad desarrollada por el ingeniero japonés Shigeo Shingo en los años 1960's, que significa "a prueba de errores". La idea principal es la de crear un proceso donde los errores sean imposibles de realizar. La finalidad del *Poka Yoke* es la eliminar los defectos en un producto ya sea previniendo o corrigiendo los errores que se presenten lo antes posible. Un dispositivo *Poka Yoke* es cualquier mecanismo que ayuda a prevenir los errores antes de que sucedan, o los hace que sean muy obvios para que el trabajador se dé cuenta y lo corrija a tiempo (SHIGEO SHINGO *Zero Quality Control*,1985).

El concepto es simple: si los errores no se permiten que se presenten en la línea de producción, entonces la calidad será alta y el re-trabajo poco. Esto aumenta la satisfacción del cliente y disminuye los costos al mismo tiempo. El resultado, es de alto valor para el cliente. No solamente es el simple concepto, pero normalmente las herramientas y/o dispositivos son también simples. Los sistemas *Poka Yoke* implican el llevar a cabo el 100% de inspección, así como, retroalimentación y acción inmediata cuando los defectos o errores ocurren. Este enfoque resuelve los problemas de la vieja creencia que el 100% de la inspección toma mucho tiempo y trabajo, por lo que tiene un costo muy alto. La práctica del sistema *Poka Yoke* se realiza más frecuentemente en la comunidad manufacturera para enriquecer la calidad de sus productos previniendo errores en la línea de producción. Un sistema *Poka Yoke* posee dos funciones: una es la de hacer la inspección del 100% de las partes producidas, y la segunda es si ocurren anomalías puede dar retro-alimentación y acción correctiva. Los efectos del método *Poka Yoke* en reducir defectos va a depender en el tipo de inspección que se esté llevando a cabo, ya sea: en el inicio de la línea, auto-chequeo, o chequeo continuo. Los efectos de un sistema *Poka Yoke* en la reducción de defectos varían dependiendo del tipo de inspección (SHIGEO SHINGO *Zero Quality Control*,1985).

## TIPOS DE INSPECCION

Para tener éxito en la reducción de defectos dentro de las actividades de producción, debemos entender que los defectos son generados por el trabajo, y que toda inspección puede descubrir los defectos. Los tipos de inspección son:

Inspección de criterio: Es usada principalmente para descubrir defectos.

Inspección para separar lo bueno de lo malo

- Comparado con el estándar
- Muestreo o 100%, cualquiera de los dos.
- Los productos son comparados normalmente contra un estándar y los artículos defectuosos son descartados.

Inspección Informativa:

Inspección para obtener datos y tomar acciones correctivas

Usado típicamente como:

- Auto inspección
- Inspección subsecuente

Auto-Inspección:

La persona que realiza el trabajo verifica la salida y toma una acción correctiva inmediata.

- Algunas ventajas son:
- Rápida retroalimentación
- Usualmente inspección al 100%
- Más aceptable que crítica exterior

- La desventaja es que la auto-inspección es más subjetiva que la inspección del operador subsecuente.

Inspección subsecuente:

- Inspección de arriba hacia abajo y resultados de retroalimentación.

Algunas ventajas son:

- Mejor que la auto-inspección para encontrar defectos a simple vista.
- Promueve el trabajo en equipo

Algunas de las desventajas son:

- Mayor demora antes de descubrir el defecto.
- El descubrimiento es removido de la causa raíz.

Inspección en la fuente (*Source Inspection*):

- Utilizada en la etapa del error
- Se enfoca en prevenir que el error se convierta en defecto

La inspección en la fuente es utilizada para prevenir defectos, para su posterior eliminación. Este tipo de inspección está basada en el descubrimiento de errores y condiciones que aumentan los defectos. Se toma acción en la etapa de error para prevenir que los errores se conviertan en defectos, no como resultado de la retroalimentación en la etapa de defecto. Si no es posible prevenir el error, entonces al menos se debe querer detectarlo (SHIGEO SHINGO *Zero Quality Control*,1985).

### 2.2.3.1.5 DEFECTOS VS. ERRORES

Según la investigación de Fuentes (2005), el primer paso para lograr cero defectos es distinguir entre errores y defectos.

#### **"DEFECTOS Y ERRORES NO SON LA MISMA COSA"**

- DEFECTOS son resultados
- ERRORES son las causas de los resultados

ERROR: Desviamos o fracasamos en alcanzar lo que se debería de hacer. Tipos de errores causados por el factor humano en las operaciones

1. Olvidar. El olvido del individuo.
2. Mal entendimiento. Un entendimiento incorrecto/inadecuado. Identificación. Falta identificación o es inadecuada la que existe.
3. Principiante/Novatez. Por falta de experiencia del individuo.
4. Errores a propósito por ignorar reglas o políticas. A propósito, por ignorancia de reglas o políticas.
5. Desapercibido. Por descuido pasa por desapercibida alguna situación
6. Lentitud. Por lentitud del individuo o algo relacionado con la operación o sistema.
7. Falta de estándares. Falta de documentación en procedimientos o estándar operación(es) o sistema.
8. Sorpresas. Por falta de análisis de todas las posibles situaciones que pueden suceder y se dé la sorpresa.
9. Intencionales. Por falta de conocimiento, capacitación y/o integración del individuo con la operación o sistema se dan causas intencionales.

Funciones reguladoras *Poka Yoke* Existen dos funciones reguladoras para desarrollar sistemas Métodos de Control Existen métodos que cuando ocurren anomalías apagan las máquinas o bloquean los sistemas de operación previniendo que siga ocurriendo el mismo defecto. Estos tipos de métodos tienen una función reguladora mucho más fuerte, que los de tipo preventivo, y por lo tanto este tipo de sistemas de control ayudan a maximizar la eficiencia para alcanzar cero defectos. No en todos los casos que se utilizan métodos de control es necesario apagar la máquina completamente, por ejemplo, cuando son defectos aislados (no en serie) que se pueden corregir después, no es necesario apagar la maquinaria completamente, se puede diseñar un mecanismo que permita "marcar" la pieza defectuosa, para su fácil localización; y después corregirla, evitando así tener que detener por completo la máquina y continuar con el proceso.

Métodos de Advertencia Este tipo de método advierte al trabajador de las anomalías ocurridas, llamando su atención, mediante la activación de una luz o sonido. Si el trabajador no se da cuenta de la señal de advertencia, los defectos seguirán ocurriendo, por lo que este tipo de método tiene una función reguladora menos poderosa que la de métodos de control. En cualquier situación los métodos de control son por mucho más efectivos que los métodos de advertencia, por lo que los de tipo control deben usarse tanto como sean posibles. El uso de métodos de advertencia se debe considerar cuando el impacto de las anomalías sea mínimo, o cuando factores técnicos y/o económicos hagan la implantación de un método de control una tarea extremadamente difícil.

### **Clasificación de los métodos *Poka Yoke***

1. Métodos de contacto. Son métodos donde un dispositivo sensitivo detecta las anomalías en el acabado o las dimensiones de la pieza, donde puede o no haber contacto entre el dispositivo y el producto.

2. Método de valor fijo. Con este método, las anomalías son detectadas por medio de la inspección de un número específico de movimientos, en casos donde las operaciones deben de repetirse un número predeterminado de veces.

3. Método del paso-movimiento. Estos son métodos en el cual las anomalías son detectadas inspeccionando los errores en movimientos estándares donde las operaciones son realizadas con movimientos predeterminados. Este extremadamente efectivo método tiene un amplio rango de aplicación, y la posibilidad de su uso debe de considerarse siempre que se esté planeando la implementación de un dispositivo *Poka Yoke*.

### **Medidores utilizados en sistemas *POKA YOKE***

Los tipos de medidores pueden dividirse en tres grupos:

1. Medidores de contacto
2. Medidores sin-contacto
3. Medidores de presión, temperatura, corriente eléctrica, vibración, número de ciclos, conteo, y transmisión de información. Comparación en la aplicación de distintos tipos de dispositivos contra errores.

Se puede observar que conforme la aplicación se torna más tecnológica, el costo también se incrementa. Lo que se necesita hacer es encontrar la solución al problema, no justificar la compra de un dispositivo muy costoso.

Las características principales de un buen sistema *Poka Yoke*:

- Son simples y baratos.
- Son parte del proceso.



## **FUNCIONES DEL SISTEMA *POKA-YOKE***

Un sistema *Poka Yoke* posee dos funciones: una es la de hacer la inspección del 100% de las partes producidas, y la segunda es si ocurren anomalías puede dar retroalimentación y acción correctiva. Los efectos del método *Poka Yoke* en reducir defectos va a depender en el tipo de inspección que se esté llevando a cabo, ya sea: en el inicio de la línea, auto-chequeo, o chequeo continuo.

Los efectos de un sistema *Poka Yoke* en la reducción de defectos varían dependiendo del tipo de inspección.

### 2.2.3.1.6 Hoshin Kanri

**Hoshin Kanri** es una técnica basada en la estrategia que ayuda a las empresas a focalizar sus esfuerzos, del mismo modo que analiza sus actividades y sus resultados. Su metodología consiste en un procedimiento sistemático para identificar, ordenar y resolver actividades susceptibles de mejora.

**Hoshin** = Dirección de la aguja

**Kanri** = Administración, control

Hoshin Kanri puede definirse entonces como "dirección y control de la organización apuntando hacia un enfoque".

Hoshin Kanri es una herramienta de planeación estratégica, y como tal tiene como propósito alinear a la organización, pretendiendo que esta persiga los objetivos estratégicos a través de las actividades desarrolladas en todos los niveles de la misma. Hoshin Kanri traduce la visión, la misión y los pilares competitivos de la organización en objetivos estratégicos, para los cuales define indicadores de desempeño y los esboza en un plan de trabajo basado en mini proyectos. De tal forma que Hoshin Kanri:

- Proporciona un enfoque a toda la organización.
- Instaura un modelo de trabajo concurrente entre las diversas áreas funcionales.
- Minimiza los esfuerzos invertidos en actividades que no contribuyen a alcanzar los objetivos estratégicos.
- Identifica objetivos críticos.
- Establece indicadores de desempeño.
- Desarrolla planes de implementación.
- Conduce revisiones periódicas.

La estrategia Hoshin Kanri se ejecuta en dos grandes fases:

1. Definición del plan estratégico.
2. Gestión estratégica.

La definición del plan estratégico puede tomar a lo sumo tres semanas. El plan estratégico puede modificarse de forma constante, y cada vez que así suceda debe efectuarse una revisión. La gestión estratégica en cambio es una labor continua.

Tal como se ha mencionado, es una metodología que se desarrolla con base en un procedimiento sistemático. Como tal, precisa de la juiciosa ejecución de las etapas que componen su implementación:

1. **Establecer las filosofías de la organización**
2. **Establecer las directrices**
3. **Establecer los objetivos estratégicos**
4. **Generar estrategias**
5. **Establecer medidas de desempeño**
6. **Establecer actividades**
7. **Seguimiento y control**
8. **Revisión periódica**

### **Establecer las filosofías de la organización**

La primera etapa es quizá la más importante de todas en el procedimiento Hoshin Kanri, en ella se establecen los pilares transversales de la estrategia, los cuales se relacionan con la identidad de cada organización y su propósito. Para establecer las filosofías de la empresa, deberán responderse las siguientes preguntas:

- Misión: ¿Quiénes somos, y para qué existimos como organización?
- Visión: ¿Hacia dónde queremos que se dirija la organización?

- Objetivos estratégicos: ¿Cómo llegar hacia donde se dirige la organización?
- Estrategia: ¿Cómo podemos lograr los objetivos estratégicos?
- Factores de competitividad: ¿Qué buscan los clientes?
- Áreas de resultados: ¿Cómo podemos lograr alcanzar los factores de competitividad?

### **Establecer directrices**

En esta etapa, y con base en la filosofía organizacional, se despliegan las categorías funcionales que la empresa precisa para mejorar su funcionamiento. Por ejemplo: "Mejorar su clima organizacional". De esta forma se proporciona una base que permite identificar cuestiones críticas de análisis antes del establecimiento de objetivos de corto plazo. En esta etapa deben de formularse las siguientes preguntas:

- ¿Cómo aumentar el valor agregado a nuestros clientes?
- ¿Qué resultados esperan los inversionistas de la organización?
- ¿Qué debemos hacer para construir el estado propuesto en la visión?

### **Establecer los objetivos estratégicos**

En esta etapa, y de acuerdo con las categorías funcionales establecidas en las directrices, se establecen los objetivos estratégicos de la organización. Los objetivos deben representar resultados, ser cuantificables, realistas y específicos en función del tiempo. Una vez establecidos, estos despliegan la hoja de ruta de la organización, permiten colaboración concurrente, y exponen los resultados ante la evaluación.

### **Generar estrategias**

Solo se pueden generar estrategias efectivas si se cumplen dos condiciones:

1. Tener objetivos estratégicos
2. Tener un diagnóstico de la organización

El diagnóstico nos da a conocer las fortalezas de la organización que nos permiten alcanzar los objetivos propuestos, de tal manera que se generarán estrategias que refuercen dichas condiciones. Del mismo modo, nos permitirá abordar las debilidades de la compañía a través de propuestas de mejora y lograr un mayor impacto en el alcance de los propósitos.

Las estrategias son el "cómo" se alcanzarán los objetivos propuestos, y se constituye en una estructura conceptual que orienta las acciones y las decisiones en la organización.

### **Establecer indicadores**

Los indicadores nos reflejan qué tanto las estrategias nos están conduciendo hacia el logro de los objetivos propuestos. Son una medida del desempeño del sistema, y como tal deben establecerse lo más representativos posibles. Cada estrategia debe asociarse a un conjunto de indicadores. Los más utilizados en la actualidad son los que reflejan el estado:

- Operativo
- De capacidad
- Financiero
- De consumo energético

Los indicadores deben establecerse de tal forma que se especifique su cálculo, las variables y elementos que lo componen; y que permita su revisión semanal o

diaria, de tal manera que debe establecerse un estricto procedimiento de actualización y seguimiento.

### **Establecer actividades**

Las actividades representan las acciones específicas de la estrategia. Lo más importante de esta etapa es la relación de estas con sus responsables, y en función del tiempo; del mismo modo en que se encuentran desplegadas y asociadas a la estrategia, de tal manera que cada responsable tendrá una guía para actuar siempre de acuerdo con un enfoque organizacional. Establecer actividades es un proceso en el cual debemos responder a las cuestiones acerca de si con ellas podremos desarrollar las estrategias, para conocer si son las correctas, si faltan o sobran.

### **Seguimiento y control**

El seguimiento se realiza sobre las actividades establecidas, de tal forma que pueda evidenciarse el avance de la ejecución de la estrategia. Deben identificarse las actividades críticas, los obstáculos, los recursos necesarios, las modificaciones y efectuarse revisiones semanales y diarias para llevar a buen término el plan estratégico.

### **Revisión periódica**

En esta etapa el seguimiento se realiza directamente sobre las estrategias propuestas. De tal forma que no se pierdan de vista las actividades críticas, los cambios representativos y los resultados más relevantes.

### **Presentación de indicadores**

Un aspecto muy importante en la técnica Hoshin Kanri se relaciona con la presentación de las medidas de desempeño. Una vez se definen los indicadores, estos deben estandarizarse en su presentación. Se recomienda que su

presentación sea lo más sencilla posible, pero que relacione las variables y las medidas que afectan el indicador. Por lo tanto, debe relacionarse:

1. Un gráfico con la tendencia del indicador (comportamiento en función del tiempo).
2. Un cuadro de Pareto en el que se relacionen los contribuyentes del indicador.
3. Un diagrama de Ishikawa en el que se relacionen las causas probables que determinan el comportamiento del indicador.
4. Las acciones ejecutadas con relación de fecha. De tal manera que se evidencie su impacto en el comportamiento del indicador.

Fuente: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/estrategia-hoshin-kanri/>

#### **2.2.3.1.7 AMEF**

Según Rodríguez 2015 AMEF es una herramienta de análisis para la identificación, evaluación y prevención de los posibles fallos y efectos que pueden aparecer en un producto/servicio o en un proceso.

#### **CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES**

- **Carácter preventivo:** El anticiparse a la ocurrencia del fallo en los productos/servicios o en los procesos permite actuar con carácter preventivo ante los posibles problemas.
- **Sistematización:** El enfoque estructurado que se sigue para la realización de un AMEF asegura, prácticamente, que todas las posibilidades de fallo han sido consideradas.

- Participación: La realización de un AMEF es un trabajo en equipo, que requiere la puesta en común de los conocimientos de todas las áreas afectadas.

## **TIPOS DE AMEF**

Existen dos tipos de AMEF:

Un producto o servicio (AMEF de producto). Sirve como herramienta de optimización para su diseño.

El proceso que permite la obtención del producto o la prestación del servicio (AMEF de proceso). Sirve como herramienta de optimización antes de su traspaso a operaciones.

En general, los dos tipos de AMEF deben ser utilizados, en una secuencia lógica, durante el proceso global de planificación. Una vez realizado el AMEF de producto/servicio, este pondrá de manifiesto el impacto que puede tener el proceso en la ocurrencia de fallos en aquel.

Esto será el punto de partida para el análisis del proceso mediante un nuevo AMEF (AMEF de proceso). A veces no se puede modificar el producto/servicio ya que nos viene impuesto. En este caso, nuestro proceso de planificación sólo requeriría un AMEF del proceso productivo o de prestación.



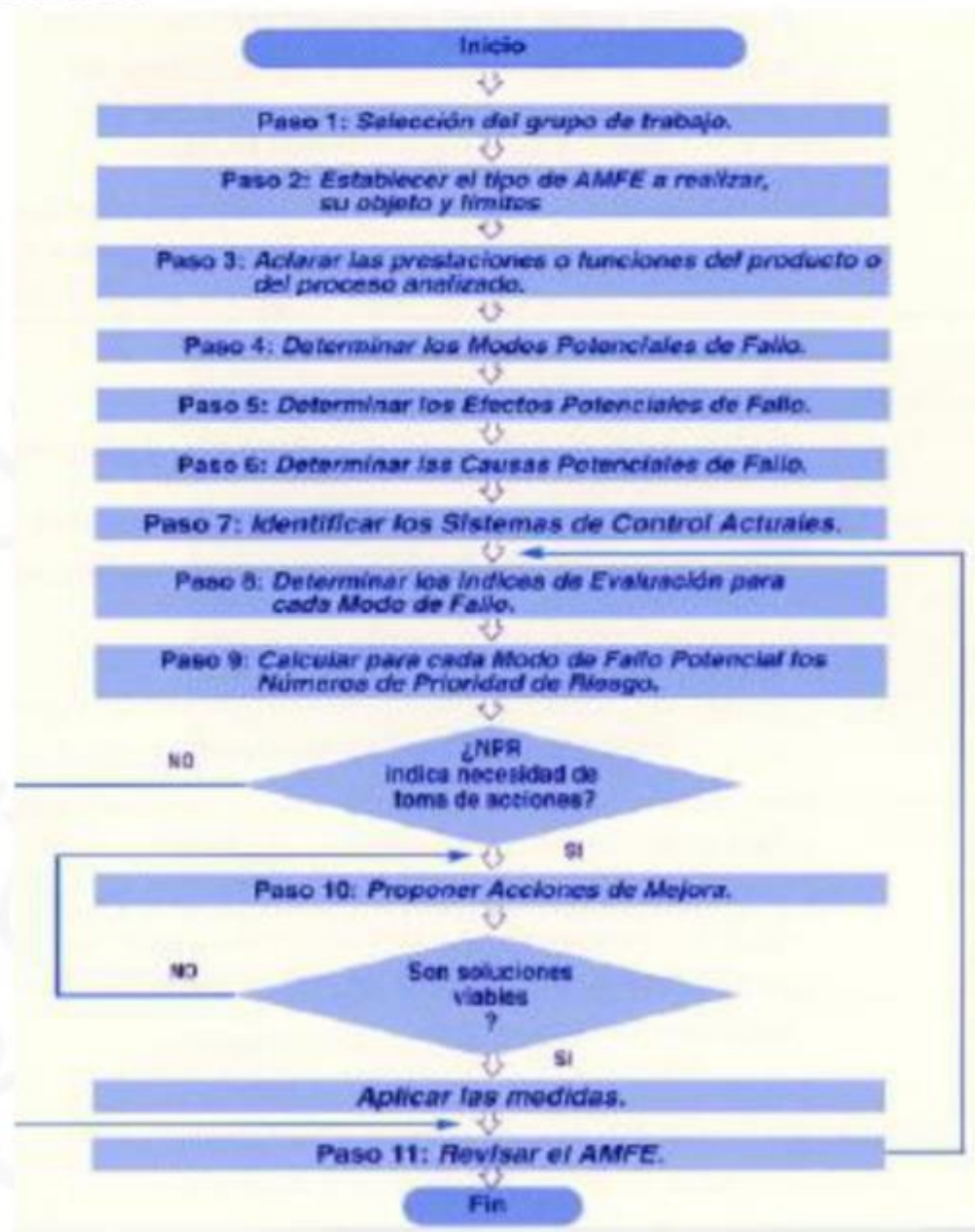


Ilustración 14: Diagrama de flujo AMEF

Fuente: <http://www.itsmante.edu.mx/wp-content/uploads/2017/11/INFORME-FINAL-CONTROL-Y-REDUCCIÓN-DE-DEFECTOS.pdf>

## **REALIZACIÓN**

### **Paso 1: Selección del grupo de trabajo**

El grupo de trabajo estará compuesto por personas que dispongan de amplia experiencia y conocimientos del producto/servicio y/o del proceso objeto del AMEF. Se designará un coordinador para el grupo que, además de encargarse de la organización de las reuniones, domine la técnica del AMEF y, por tanto, sea capaz de guiar al equipo en su realización.

### **Paso 2: Establecer el tipo de AMEF a realizar, su objeto y límites**

Se definirá de forma precisa el producto o parte del producto, el servicio o el proceso objeto de estudio, delimitando claramente el campo de aplicación del AMEF.

El objeto del estudio no debería ser excesivamente amplio, recomendando su subdivisión y la realización de varios AMEF en caso contrario.

Para la cumplimentación de este paso se requiere un conocimiento básico, común a todos los integrantes del grupo, del objeto de estudio. En el caso de un AMEF de proceso, se recomienda la construcción de un diagrama de flujo que clarifique el mismo para todos los participantes.

### **Paso 3: Aclarar las prestaciones o funciones del producto o del proceso analizado**

Es necesario un conocimiento exacto y completo de las funciones del objeto de estudio para identificar los Modos de Fallo Potenciales, o bien tener una experiencia previa de productos o procesos semejantes.

Se expresarán todas y cada una de forma clara y concisa y por escrito.

#### Paso 4: Determinar los Modos Potenciales de Fallo

Para cada función definida en el paso anterior, hay que identificar todos los posibles Modos de Fallo. Esta identificación es un paso crítico y por ello se utilizarán todos los datos que puedan ayudar en la tarea:

- AMEF anteriormente realizados para productos/servicios o procesos similares.
- Estudios de fiabilidad.
- Datos y análisis sobre reclamaciones de clientes tanto internos como externos.
- Los conocimientos de los expertos mediante la realización de Tormentas de Ideas o procesos lógicos de deducción.

En cualquier caso, se tendrá en cuenta que el uso del producto o proceso, a menudo, no es el especificado (uso previsto = uso real), y se identificarán también los Modos de Fallo consecuencia del uso indebido.

#### Paso 6: Determinar las Causas Potenciales de Fallo

Para cada Modo de Fallo se identificarán todas las posibles Causas ya sean estas directas o indirectas. Para el desarrollo de este paso se recomienda la utilización de los Diagramas Causa-Efecto, Diagramas de Relaciones o cualquier otra herramienta de análisis de relaciones de causalidad.

#### Paso 7: Identificar sistemas de control actuales

En este paso se buscarán los controles diseñados para prevenir las posibles Causas del Fallo, tanto los directos como los indirectos, o bien para detectar el Modo de Fallo resultante.

Esta información se obtiene del análisis de sistemas y procesos de control de productos/servicios o procesos, similares al objeto de estudio.

### Paso 8: Determinar los índices de evaluación para cada Modo de Fallo

Existen tres índices de evaluación:

- Índice de Gravedad (G)
- Índice de Ocurrencia (O)
- Índice de Detección (D)

Índice de Gravedad (G):

Evalúa la gravedad del Efecto o consecuencia de que se produzca un determinado Fallo para el cliente. Cada una de las Causas Potenciales correspondientes a un mismo Efecto se evalúa con el mismo Índice de Gravedad. En el caso en que una misma causa pueda contribuir a varios Efectos distintos del mismo Modo de Fallo, se le asignará el Índice de Gravedad mayor.

Efecto	Rango	Criterio
No	1	Sin efecto
Muy poco	2	Cliente no molesto. Poco efecto en el desempeño del artículo o sistema.
Poco	3	Cliente algo molesto. Poco efecto en el desempeño del artículo o sistema.
Menor	4	El cliente se siente algo insatisfecho. Efecto moderado en el desempeño del artículo o sistema.
Moderado	5	El cliente se siente algo insatisfecho. Efecto moderado en el desempeño del artículo o sistema.
Significativo	6	El cliente se siente algo inconforme. El desempeño del artículo se ve afectado, pero es operable y está a salvo. Falla parcial, pero operable.
Mayor	7	El cliente está insatisfecho. El desempeño del artículo se ve seriamente afectado, pero es funcional y está a salvo. Sistema afectado.
Extremo	8	El cliente muy insatisfecho. Artículo inoperable, pero a salvo. Sistema inoperable.
Serio	9	Efecto de peligro potencial. Capaz de discontinuar el uso sin perder tiempo, dependiendo de la falla. Se cumple con el reglamento del gobierno en materia de riesgo.
Peligro	10	Efecto peligroso. Seguridad relacionada - falla repentina. Incumplimiento con reglamento del gobierno.

Ilustración 15: Grado de severidad/gravedad Fuente: <http://www.itsmante.edu.mx/wp-content/uploads/2017/11/INFORME-FINAL-CONTROL-Y-REDUCCIÓN-DE-DEFECTOS.pdf>

### Índice de Ocurrencia (O)

Evalúa la probabilidad de que se produzca el Modo de Fallo por cada una de las Causas Potenciales en una escala del 1 al 10 en base a una "Tabla de Ocurrencia". Para su evaluación, se tendrán en cuenta todos los controles actuales utilizados para prevenir que se produzca la Causa Potencial del Fallo.

Ocurrencia	Rango	Criterios	Probabilidad de Fallo
Remota	1	Falla improbable. No existen fallas asociadas con este proceso o con un producto casi idéntico.	<1 en 1,500,000
Muy Poca	2	Sólo fallas aisladas asociadas con este proceso o con un proceso casi idéntico.	1 en 150,000
Poca	3	Fallas aisladas asociadas con procesos similares.	1 en 30,000
Moderada	4	Este proceso o uno similar ha tenido fallas ocasionales	1 en 4,500
	5		1 en 800
	6		1 en 150
Alta	7	Este proceso o uno similar han fallado a menudo.	1 en 50
	8		1 en 15
Muy Alta	9	La falla es casi inevitable	1 en 6
	10		>1 en 3

Ilustración 16: Grado de ocurrencia

Fuente: <http://www.itsmante.edu.mx/wp-content/uploads/2017/11/INFORME-FINAL-CONTROL-Y-REDUCCIÓN-DE-DEFECTOS.pdf>

### Índice de Detección (D)

Evalúa, para cada Causa, la probabilidad de detectar dicha Causa y el Modo de Fallo resultante antes de llegar al cliente en una escala del 1 al 10 en base a una "Tabla de Detección". Para determinar el índice D se supondrá que la Causa de Fallo ha ocurrido y se evaluará la capacidad de los controles actuales para detectar la misma o el Modo de Fallo resultante.

Probabilidad	Rango	Criterio	Probabilidad de detección de la falla.
Alta	1	El defecto es una característica funcionalmente obvia	99.99%
Medianamente alta	2-5	Es muy probable detectar la falla. El defecto es una característica obvia	99.7%
Baja	6-8	El defecto es una característica fácilmente identificable	98%
Muy Baja	9	No es fácil detectar la falla por métodos usuales o pruebas manuales. El defecto es una característica oculta o intermitente	90%
Improbable	10	La característica no se puede checar fácilmente en el proceso. Ej: Aquellas características relacionadas con la durabilidad del producto.	Menor a 90%

Ilustración 17: Valor de detección Fuente: <http://www.itsmante.edu.mx/wp-content/uploads/2017/11/INFORME-FINAL-CONTROL-Y-REDUCCIÓN-DE-DEFECTOS.pdf>

### Paso 9: Calcular para cada Modo de Fallo Potencial los Números de Prioridad de Riesgo (NPR)

Para cada Causa Potencial, de cada uno de los Modos de Fallo Potenciales, se calculará el Número de Prioridad de Riesgo multiplicando los Índices de Gravedad (G), de Ocurrencia (O) y de Detección (D) correspondientes.

$$NPR = G \cdot O \cdot D$$

El valor resultante podrá oscilar entre 1 y 1.000, correspondiendo a 1.000 el mayor Potencial de Riesgo. El resultado final de un AMEF es, por tanto, una lista de Modos de Fallo Potenciales, sus Efectos posibles y las Causas que podrían contribuir a su aparición clasificados por unos índices que evalúan su impacto en el cliente.

### Paso 10: Proponer Acciones de Mejora

Cuando se obtengan Números de Prioridad de Riesgo (NPR) elevados, deberán establecerse Acciones de Mejora para reducirlos. Se fijarán, asimismo, los responsables y la fecha límite para la implantación de dichas acciones. Con carácter general, se seguirá el principio de prevención para eliminar las causas de los fallos en su origen (Acciones Correctoras). En su defecto, se propondrán medidas tendentes a reducir la gravedad del efecto (Acciones Contingentes).

Finalmente, se registrarán las medidas efectivamente introducidas y la fecha en que se hayan adoptado.

#### Paso 11: Revisar el AMEF

El AMEF se revisará periódicamente, en la fecha que se haya establecido previamente, evaluando nuevamente los Índices de Gravedad, Ocurrencia y Detección y recalculando los Números de Prioridad de Riesgo (NPR), para determinar la eficacia de las Acciones de Mejora.

### **INTERPRETACIÓN**

El AMEF es una herramienta útil para la priorización de los problemas potenciales, marcándonos mediante el NPR (Número de Prioridad de Riesgo) la pauta a seguir en la búsqueda de acciones que optimicen el diseño de un producto/servicio o el proceso planificado para su obtención.

Los puntos prioritarios en la actuación serán:

- Aquellos en que el Número de Prioridad de Riesgo es elevado.
- Aquellos en que el Índice de Gravedad es muy elevado, aunque el NPR se mantenga dentro de los límites normales.

Las acciones que surgen como consecuencia del análisis del resultado del AMEF pueden ser orientadas a:

- Reducir la Gravedad de los Efectos del Modo de Fallo.

Es un objetivo de carácter preventivo que requiere la revisión del producto/servicio. Es la solución más deseable, pero en general, la más complicada. Cualquier punto donde G sea alto debe llevar consigo un análisis pormenorizado para asegurarse de que el impacto no llega al cliente o usuario.

### **2.2.3.1.8 Los 8 tipos de Muda o desperdicios**

Según Tapia, 2016 existen 8 tipos de desperdicios o también conocidos como Muda:

#### **1. *Muda* de rechazos, fallos y defectos**

Corrección de errores y re-trabajo derivado de la identificación de no conformidades o por devoluciones del cliente, destruir o re-procesar productos que no reúnen las condiciones óptimas de calidad, etc.

#### **2. *Muda* de sobreproducción**

Procesar artículos más temprano o en mayor cantidad que la requerida por el cliente. Se considera como el principal desperdicio y la causa de la mayoría de los otros desperdicios.

#### **3. *Muda* de exceso de inventario o de *stock***

Excesivo almacenamiento de materia prima o materiales, producto en proceso y producto terminado.

#### **4. *Muda* de retrasos, esperas y paros**

Personal esperando por información, instrucciones de trabajo, materiales, piezas o herramientas necesarias para realizar su trabajo; clientes o visitantes esperando a



ser atendidos; piezas esperando para continuar su procesamiento; maquinaria parada por averías, etc.

#### **5. *Muda* de transporte y envíos**

Mover trabajo en proceso de un lado a otro, incluso cuando se recorren distancias cortas; también incluye el movimiento de materiales, partes o producto terminado hacia/desde el almacén, o hacia/desde otras áreas o procesos.

#### **6. *Muda* de desplazamientos y movimientos**

Cualquier movimiento físico o desplazamiento que el personal realice que no agregue valor al producto o servicio, p. ej. Cuando las personas deben bajar y subir documentos, desplazarse para buscar materiales, entre otros.

#### **7. *Muda* de sobre-procesamiento y actividades que no agregan valor**

Realizar procedimientos innecesarios o que no agregan valor: contar, acomodar, inspeccionar, revisar o duplicar procesos. Utilizar herramienta o equipo inapropiado, desarrollar características o funciones en los productos que no son valoradas por los clientes, etc.

#### **8. *Muda* de competencias y talento humano**

No aprovechar la creatividad e inteligencia de los colaboradores, sus competencias y potencial para eliminar desperdicios, mejorar la productividad, resolver los problemas de calidad e innovar.



Ilustración 18: 8 tipos de desperdicios o muda

## 2.2.4 Industria 4.0

En base a la investigación de Buisán (2017) el término 'Industria 4.0' se refiere a la cuarta revolución industrial, impulsada por la transformación digital, y significa un salto cualitativo en la organización y gestión de la cadena de valor del sector.

- La primera revolución industrial vino marcada por el paso de la producción artesanal al desarrollo de la maquinaria y la fabricación en mayor escala.
- La segunda, por la utilización de la energía eléctrica y la producción masiva en cadenas de montaje.
- La tercera, por la automatización de la fabricación y la informatización de las empresas industriales.

Y esta cuarta revolución consiste en la introducción de las tecnologías digitales en la industria.

Estas tecnologías digitales permiten la hibridación entre el mundo físico y el digital, es decir, posibilitan la vinculación del mundo físico (dispositivos, materiales, productos, maquinaria e instalaciones) al digital (sistemas). Esta conexión habilita que dispositivos y sistemas colaboren entre ellos y con otros sistemas para crear una industria inteligente.

### 2.2.4.1 Proceso:

La transformación digital aplicada a los procesos supone incorporar tecnologías 4.0 para hacerlos más eficientes y flexibles, ya sea mediante una optimización de los ya existentes o un cambio de los mismos.

Un ejemplo sería la impresión 3D, que hace posible la producción de prototipos mucho más rápidamente y agiliza el proceso de diseño. Por otro lado, la robótica

permite flexibilizar los procesos para que estos se adapten mejor a los requisitos de los clientes.

Así, la aplicación de tecnologías digitales garantiza una mayor eficiencia (optimización de recursos energéticos o materias primas y reducción de costes), mayor flexibilidad (posibilidad de personalizar los productos) y la reducción de plazos (acortando el tiempo de espera del cliente para obtener su compra).

#### **2.2.4.2 Producto:**

La digitalización de los productos de la industria puede suponer la incorporación de tecnología a los ya existentes, mejorando así sus funcionalidades, o permitir la aparición de otros nuevos.

Un ejemplo que lo ilustra es el automóvil y su evolución hacia la integración con la electrónica y los componentes digitales, que en los nuevos desarrollos ya representa el 45% del valor del producto.

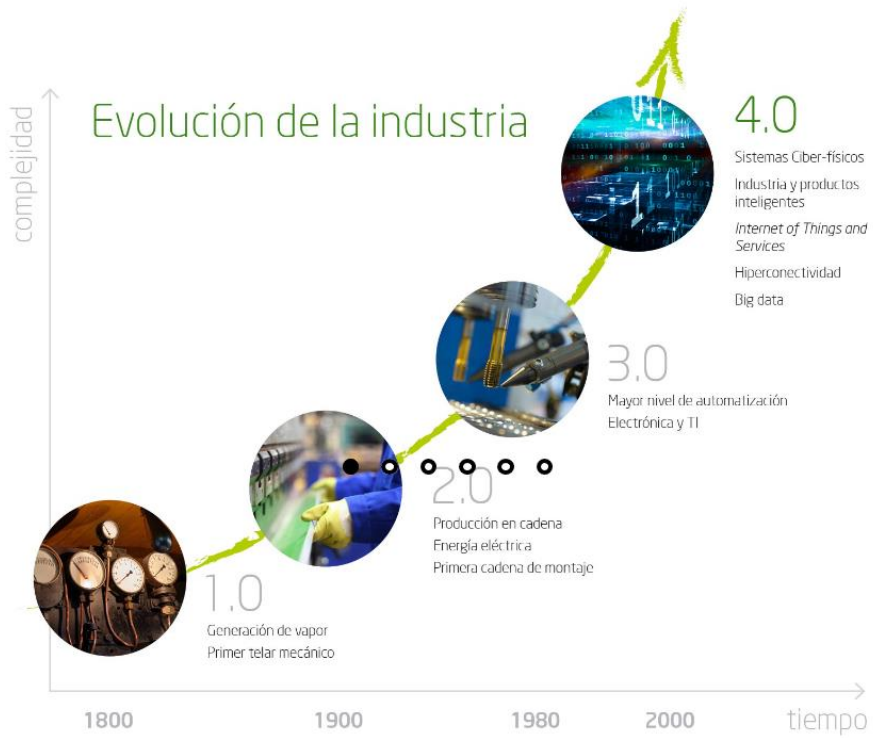
#### **2.2.4.3 Modelo de negocio:**

La Industria 4.0 y sus tecnologías también posibilitan la aparición de nuevos modelos de negocio, al cambiar el modo en que se pone a disposición del cliente un producto o servicio. La transformación digital permite, por ejemplo, incorporar sensores a los vehículos, habilitando un nuevo modelo de negocio que consiste en alquilar automóviles por horas ('coche compartido').



Ilustración 19: Industria 4.0

Fuente: <http://www.industriaconectada40.gob.es/Paginas/Index.aspx#industria-4>



**Ilustración 20: Evolución de la industria;**

**Fuente:** <http://www.industriaconectada40.gob.es/Paginas/Index.aspx#industria-4>



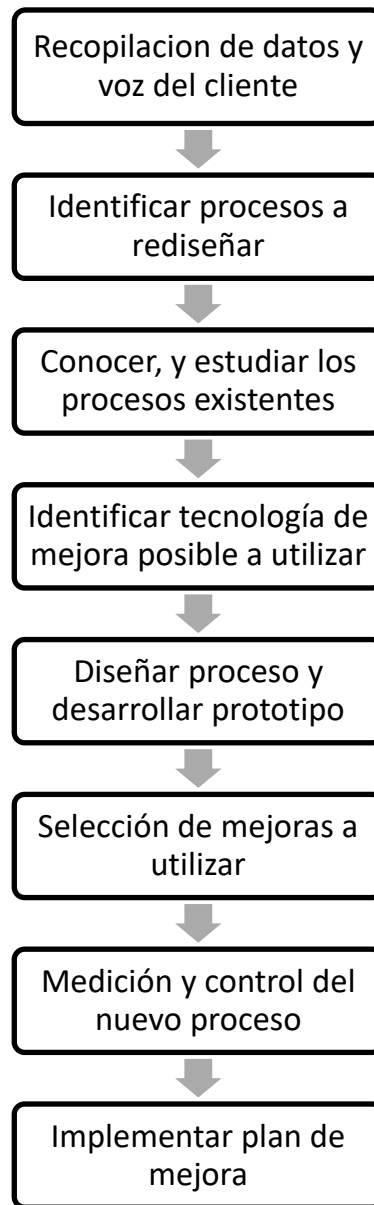
## CAPITULO 3 “MATERIALES Y METODOS”

### 3.1 Metodología de la investigación

Para poder analizar las causas de defectos, fue necesaria la recopilación de datos de la estación de trabajo denominada *preblock* o de inserción, esto se llevó a cabo mediante la búsqueda de reportes que se habían generado durante el transcurso de los años 2016 y 2017 que se generaron por procedimientos internos de la empresa en donde en la estación de inserción o prueba eléctrica es capaz de detectar los principales defectos descritos en la sección 1.5 de este trabajo. En los reportes recopilados se identifica el defecto, se clasifica y por último se notifica a las partes involucradas en el proceso para buscar la causa raíz y tomar acciones correctivas.

Al conocer los principales defectos que se presentaban, se llegó a la conclusión que la metodología que proporcionaría mejores resultados es la que se muestra en la siguiente imagen.





**Ilustración 21: Metodología**

**Fuente: Elaboración propia**

### **1. Recopilación de datos y voz del cliente.**

Es importante identificar cuáles son las necesidades principales del cliente, para lo cual se implementará la herramienta Hoshinri Kanri, la cual es utilizada de manera estándar dentro de la compañía para ejemplificar la voz del cliente. De igual modo y apegándose a los procedimientos internos de ACME se utilizó la recopilación de datos a través de los filtros de inspección y prueba eléctrica.

### **2. Identificar procesos a rediseñar**

El problema identificado es claro para lo cual se utilizarán herramientas para su optimización: AMEF (permitirá hacer el análisis de los modos de falla y asignarles un valor para determinar su prioridad) y Diagrama causa efecto (permitirá identificar principales causas que originan alteraciones en el proceso).

### **3. Conocer y estudiar los procesos existentes**

El estudio cuidadoso de equipos disponibles por la compañía se llevó a cabo a través de su red global de equipamiento liberado, cabe mencionar que el proceso de detección en prueba eléctrica es uno de los más robustos de la industria arnesera. Sin embargo, no existe ninguna detección durante el proceso de inserción ya que esta recae en el proceso de ruteo y no en el de ensamble final (en el que recae prueba eléctrica).

### **4. Identificar tecnología de mejora posible a utilizar**

Para ello se requiere de la participación de un equipo multidisciplinario en manufactura de arneses, que en conjunto analicen las posibilidades de

mejora que ofrece el dispositivo *Poka Yoke*, el impacto y los costos. Ya que la tecnología actual permite encontrar solución a cualquier problemática, pero el costo deberá ser analizado por el lado de producción, manufactura, calidad y por último ingeniería de procesos para que sea viable.

## **5. Diseñar proceso y desarrollo de prototipo**

Se determinó mediante el cálculo de productividad que el proceso puede presentar mejora, de igual modo se desarrolló el diseño *CAD* para presentar y analizar la integración de los componentes que serán utilizados. Una vez aprobado en conjunto se procede con el armado de los componentes y programación para presentar el prototipo a la gerencia.

## **6. Selección de mejoras a utilizar**

El prototipo en etapa inicial dio como resultado la observación de oportunidad de mejora de llevarlo más allá que un proceso *simple Poka Yoke* de inserción, sino que además integrar sensores avanzados para realizar un sistema de inserción inteligente, que garantice la asistencia *Poka Yoke* al operador.

La principal mejora considerada en general fue la de retroalimentación en tiempo real de las inserciones llevadas a cabo.

## **7. Medición y control del nuevo proceso**

Mediante simulaciones del proceso se obtuvieron mediciones positivas al obtener un 100% de detección durante la etapa de inserción de cables con terminales.

La siguiente fase consistirá en la interconexión de un servidor capaz de almacenar la información del proceso en tiempo real y generar estadísticos y reportes de defectos y piezas producidas alcanzando la demanda del cliente de buscar la visión de industria 4.0 en los procesos productivos.

## **8. Implementar plan de mejora**

La importancia de este paso se centra en la correcta implementación del dispositivo *Poka Yoke* enfocándolo como un proceso de industria 4.0. Metodología de trabajo que permitirá al dispositivo no sólo ser un *gadget* o accesorio más, sino un sistema de control inteligente que permitirá notificar al cliente en tiempo real acerca de los defectos, piezas producidas y tomar acciones correctivas en el momento para evitar futuros errores.

## **CAPITULO 4 “DESARROLLO Y RESULTADOS”**

### **Introducción**

#### **4.1 Presentación del caso**

Empresa ACME se dedica a la fabricación de arneses automotrices con presencia global y más de 100, 000 números de partes (variables de arneses).

En el transcurso de los últimos años dada la competencia y globalización se ha buscado la mejora continua en los procesos productivos para lograr mejoras en competitividad, tecnología, eficiencia y calidad total.

Debido a los retos y nuevas necesidades del cliente se detectó la oportunidad de mejora dentro del proceso de pre-block ya que dicha área presentaba un gran número de defectos que disminuían y afectaban directamente en la calidad y eficiencia de la empresa.

Siendo esto así el objetivo principal del proyecto será disminuir/ eliminar el principal defecto ofensor que es: cables invertidos.

#### **4.2 Etapa N°1: Selección de casos**

Empresa ACME en Hermosillo, tiene alrededor de 10,000 números de partes. El proyecto a realizar como dispositivo Pokayoke para inserción guiada de terminales se seleccionó para un específico número de parte debido a:

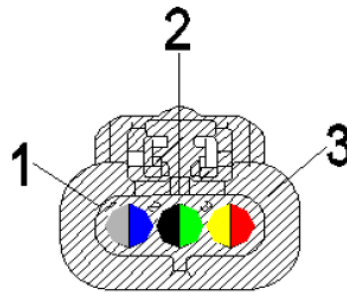
1. Exigencias del cliente

2. Requerimiento específico del cliente (cualquier defecto es causa de scrap del producto)
3. Alto volumen de producción
4. Deficiencia de sistema de calidad robusto para evitar defectos

Basados en que nuestro objetivo principal es la disminución de defectos y errores, debemos de enfocar nuestras herramientas a esta principal causa, por lo que consideramos que la aplicación de los sistemas de calidad, nos brindarán mayores beneficios.

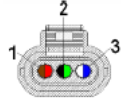
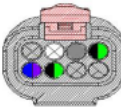
Las siguientes páginas muestran una descripción general de la aplicación de algunos procesos de sistemas de calidad ejecutados en el área de Pre-block durante la inserción de cables a conectores

#### 4.2.1 Descripción del proceso



**VPS**  
 CONECTOR N/P: P00163107

ID	CAV	COLOR	MM	CONECTOR	CAV
890	1	AZUL/BLANCO	0.5	INLINE BODY HARNESS	11
580C	2	NEGRO/VERDE	0.5	INLINE BODY HARNESS	12
2709	3	AMARILLO/ROJO	0.5	INLINE BODY HARNESS	13

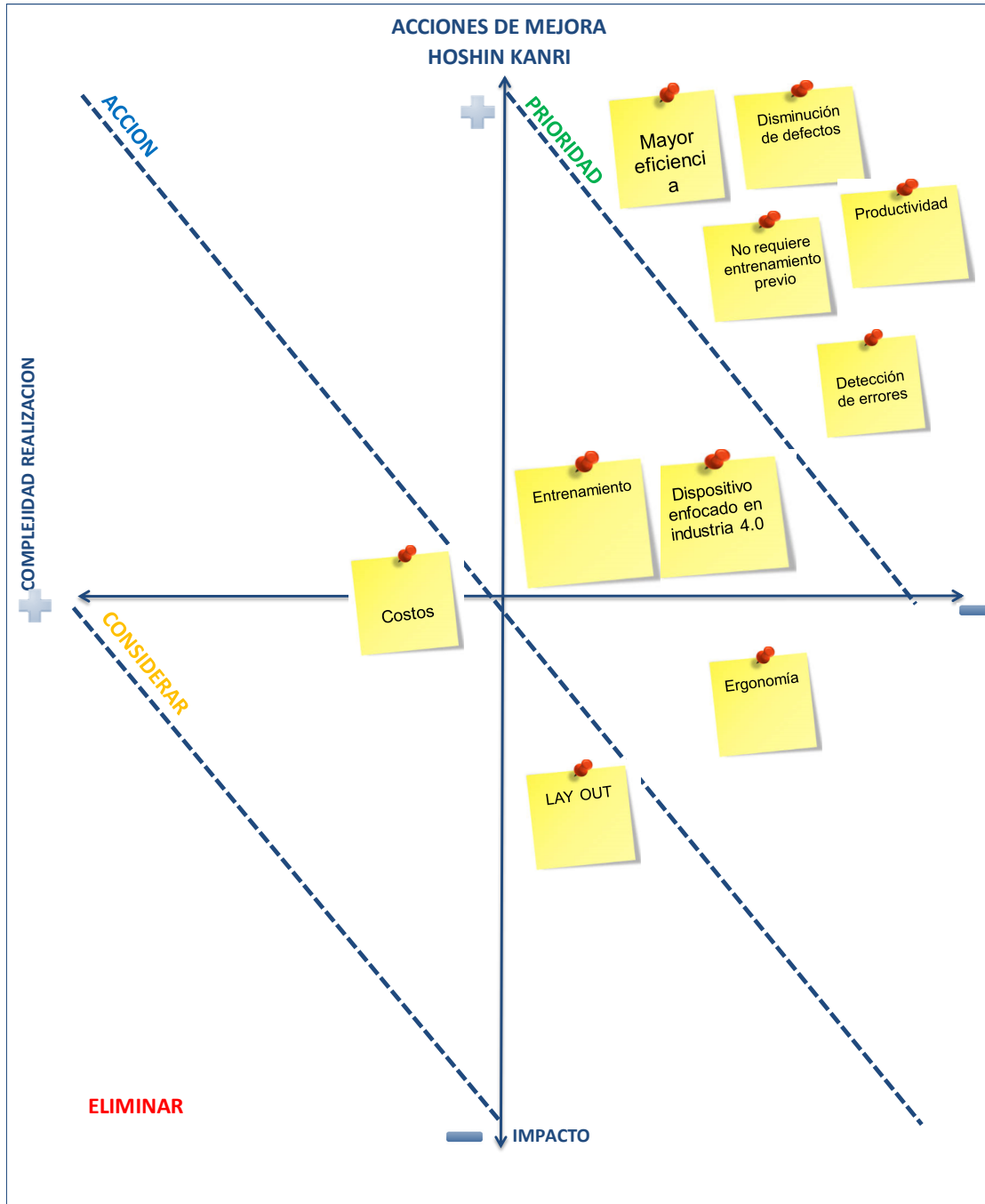
ESTACION 1B		N/P LEONI	295KD0703
#	DESCRIPCION DE LA OPERACION	N/P CLIENTE	1045807004
1	TOMAR ARNES Y ENSAMBLAR EN HOLDER.		●
2	TOMAR CONECTOR "LPS" E INSERTAR CIRCUITOS. DESPUES INSERTAR LOS CIRCUITOS EN "ITB". (APOYARSE CON AYUDA VISUAL) CERRAR CANDADO.		●
3	TOMAR CONECTOR "MRA " E INSERTAR CIRCUITOS. DESPUES INSERTAR LOS CIRCUITOS EN "ITB". CERRAR CANDADO.		●
4	COLOCAR CONVOLUTE EN RAMAL "B-C" (UNION DE RAMAL VPS Y LPS).		●
5	DESMONTAR "ITB" Y ARNES A LA SIGUIENTE ESTACION.		●

<b>Empresa</b>	ACME
<b>Actividad</b>	Arnesera
<b>Descripción del proyecto</b>	Diseño del dispositivo Pokayoke para la inserción de terminales para evitar defectos en el área Pre-block
<b>Numero de operarios en línea de trabajo</b>	4
<b>Línea de negocio</b>	Arnés para lámparas para automóvil de lujo
<b>Procesos principales</b>	Inserción de cables con terminales
<b>Configuración producto-proceso</b>	Bajo número de mezcla de numero parte y elevado volumen de productos terminados
<b>Numero de referencias en la familia de productos</b>	1
<b>Tipo de distribución de planta</b>	Línea dinámica
<b>Producción, contra stock, bajo pedido</b>	Bajo pedido



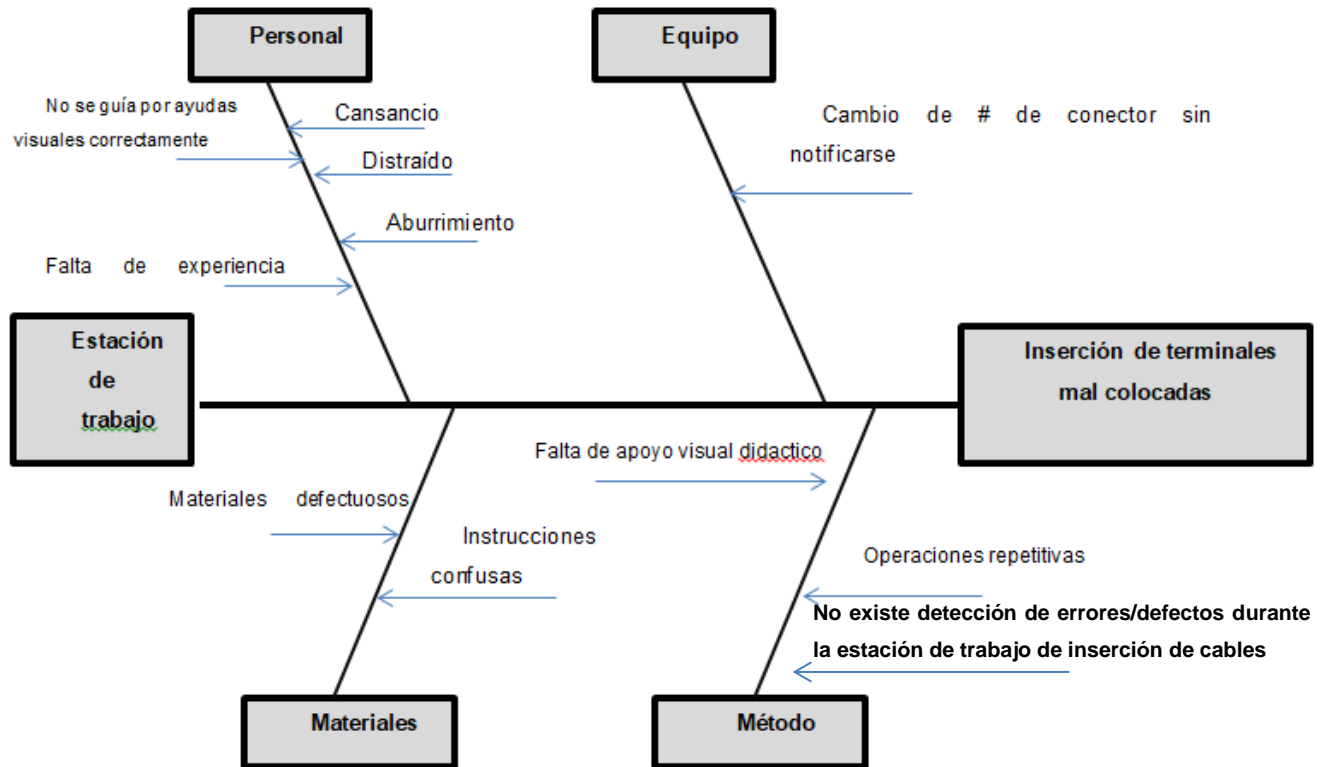
### 4.3 Etapa N°2: Aplicación de herramientas de sistemas de calidad

#### 4.3.1 Modelo Hoshin Kanri



En la gráfica anterior podemos se representa la voz del cliente como parte de nuestra caracterización del proyecto.

### 4.3.2 Diagrama Causa-Efecto



### 4.3.3 Determinación de productividad

Para este proceso desarrollaremos la siguiente formula que nos ayudará a definir y a caracterizar las prioridades que solucionarán la problemática a resolver.

$$X = (E / F) * (A+C / B)$$

A = Numero de defectos encontrados

B = Total de piezas terminadas

C = Numero de errores

E= Tiempo real

F= Tiempo disponible

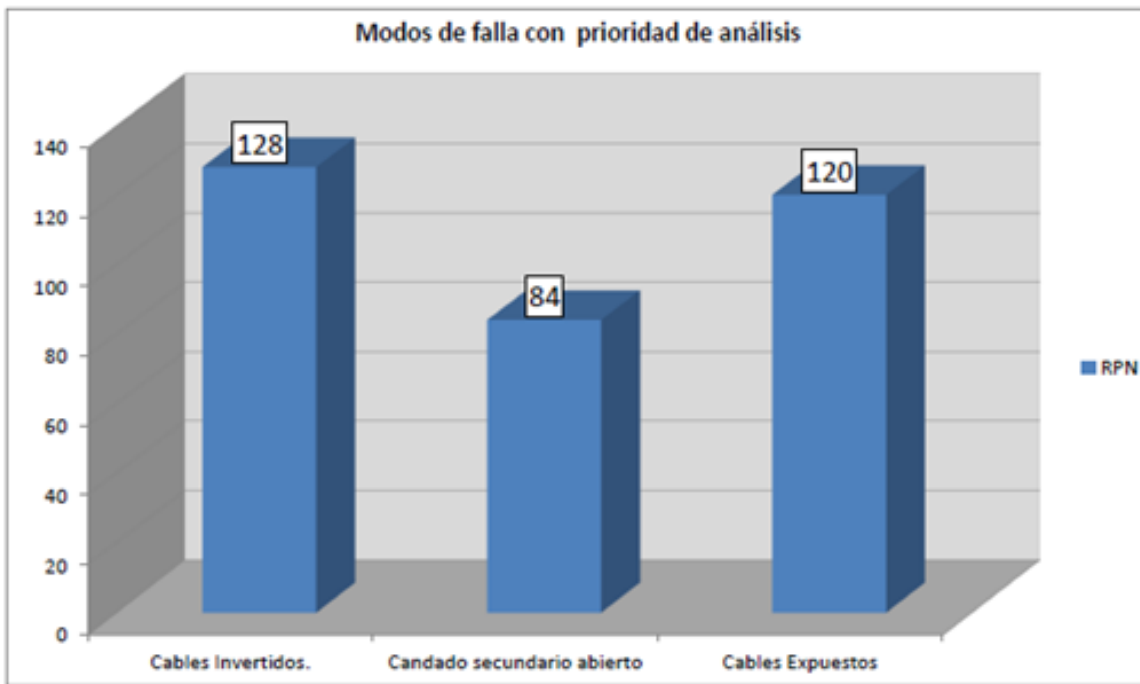
IF

$X \geq 10\%$  La productividad de nuestro proceso no está al nivel de lo que nuestros clientes esperan

## 4.3.4 Estudio FMEA

VERIFICACION	SI	NO	COMENTARIO
1.- ¿Se cuenta con acción recomendada en donde el producto de severidad por ocurrencia es mayor a 40?	X		
2.- ¿Se tiene determinado el valor límite para RPN?	X		
3.- ¿Las severidades de cada modo de falla tienen el mismo valor?	X		
4.- ¿Los valores de Severidad corresponden al tipo de control según la tabla proporcionada por el Software IQ-RM?	X		
5.- ¿Los valores de ocurrencia corresponden al tipo de control según la tabla proporcionada por el Software IQ-RM?	X		
6.- ¿Los valores de detección corresponden al tipo de control según la tabla proporcionada por el Software IQ-RM?	X		
7.- ¿En los casos donde la Severidad sea 9 o 10, están estos identificados como Característica Crítica (IC)?		X	No existe ningún valor arriba de 8.
8.- ¿Se identificaron como característica significativa (IS) los modos de falla donde la severidad es igual 8 y la ocurrencia mayor a 5?	X		
9.- En los casos donde se presenta una queja del cliente, el modo de falla es verificado y se documentan acciones recomendadas?		X	No se ha tenido ninguna queja de cliente en el periodo analizado en el FMEA.
10.- Se re-calcula del RPN después de una acción correctiva implementada y este es comparado con los RPN que resultaron de las otras acciones correctivas del mismo modo de falla?	X		
11.- En los casos donde el plano del producto o la especificación del cliente requiere características críticas, son éstas incluidas en el modo de falla correspondiente?	X		
12.- En el caso de acciones correctivas debido a queja de cliente, estas coinciden con las plasmadas en el reporte de 8D?		X	No se ha tenido ninguna queja de cliente en el periodo analizado en el FMEA.
13.- Al realizar el FMEA se verificó el formato FCA-053-73 para evaluar las características críticas del cliente?	X		
14.- La simbología mostrada en el plano para indicar las características críticas del cliente está incluida en el FMEA especificando cada una de las características críticas.		X	No se tiene la simbología en el software del FMEA para mostrar la simbología del plano.
15.- Se definió la fase en la que se encuentra el Proyecto / Programa en la portada del FMEA?	X		
16.- ¿Están todos los Poka Yokes utilizados en el área de Producción debidamente documentados en el FMEA?	X		
17.- ¿Las Operaciones tanto del FMEA, Diagrama de Flujo del Proceso así como el Control Plan están identificadas con el mismo número (coinciden)?	X		
18.- ¿Se identificaron y graficaron los 3 modos de falla con prioridad de análisis y se asignaron acciones recomendadas?	X		

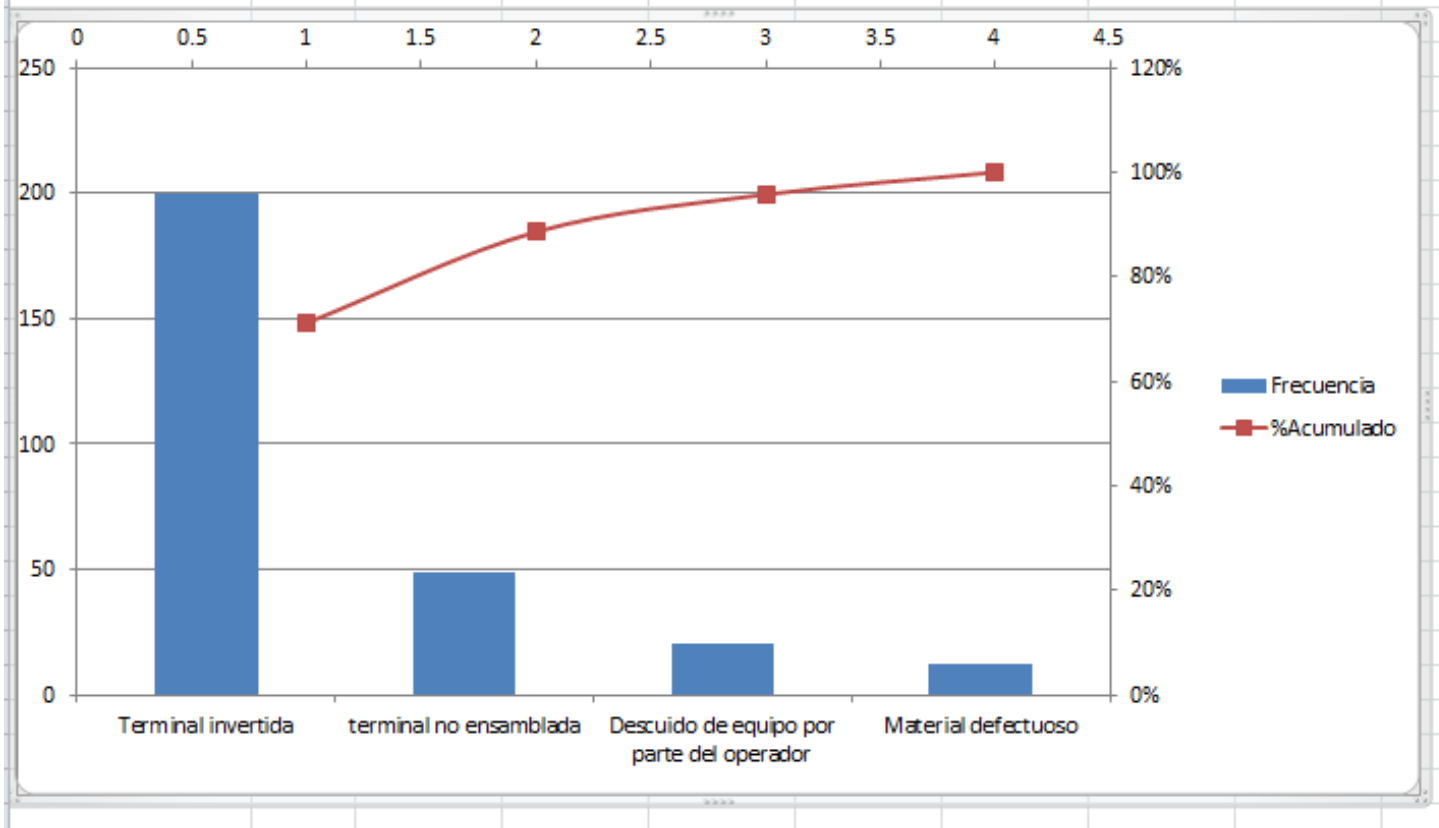
Modo de falla	S	O	D	RPN	Acción recomendada	Responsable	Fecha
Cables Invertidos.	8	4	4	128	Fotografía del conector con los cables que se insertan por estación a color, en la instrucción de trabajo.	Oscar Padilla	7/15/2018
Candado secundario abierto	7	3	4	84	Se colocara modulo de cierre neumatico para el candado secundario.	Oscar Padilla	6/29/2018
Cables Expuestos	6	5	4	120	Se colocara tape reflejante para visualizar la parte posterior del ames.	Oscar Padilla	7/30/2018



### 4.3.5 Diagrama de Pareto

En la siguiente representación gráfica de Diagrama de Pareto se describe los principales defectos ocasionados por la falta de un sistema que nos ayude a mejorar la calidad en el proceso de inserción de terminales.

Problemática	Frecuend	%Acumulado	
Terminal invertida	200	71%	200
terminal no ensamblada	49	89%	249
Descuido de equipo por parte del operador	20	96%	269
Material defectuoso	12	100%	281



Después de aplicar nuestro proyecto los índices de ocurrencia de los principales defectos que se genera por el encargado de realizar la inserción de terminales

(conocido como operador) se estipula que serán mínimos, ya que al contar con un sistema que le permita darse cuenta del posible error antes de terminar la pieza con la que se encuentra trabajando mediante indicadores visuales que llamen su atención y evidencien el error hará que pueda corregirlo antes de que el producto llegue a la siguiente fase de la línea de producción.

#### **4.3.6 Análisis de datos**

Este dispositivo *Poka Yoke* consistirá en reducir/eliminar el defecto de invertido dentro del proceso de ruteo y ensamble del arnés. Esto será posible mediante el análisis oportuno y eficaz, guiando al operador por una secuencia de inserción de cables sistematizada y controlada hasta la inserción en el conector.

La etapa de inserción de terminales en el conector ocurre durante la estación de *preblock*, esta es considerada dentro del ensamble del arnés como una estación crítica y de suma relevancia ya que aquí se preforman los conectores con su respectivo cableado para después ser procesado en las etapas de ruteo, colocación de accesorios y/o enteipado. El operador responsable de esta tarea deberá ser una persona certificada y calificada para realizar el trabajo con la mayor calidad posible. Sin embargo, el factor de error humano siempre está latente, como lo es: cansancio, distracción, enfermedad, tareas repetitivas por jornadas laborales largas, entre otros. Otro factor de importancia en esta estación es el hecho de que no cualquier operador puede reemplazar las actividades de un personal calificado, por procedimiento interno de la compañía no es posible así como para evitar defectos debido a la rotación es recomendable permanecer con operadores con experiencia.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente es donde se evaluó desarrollar un dispositivo *Poka Yoke* capaz de asegurar la eficiencia y evitar el mayor defecto presentado dentro de la industria arnesera: cable invertido o *crosswire*.

#### 4.4 Etapas de Diseño de dispositivo *Poka Yoke*

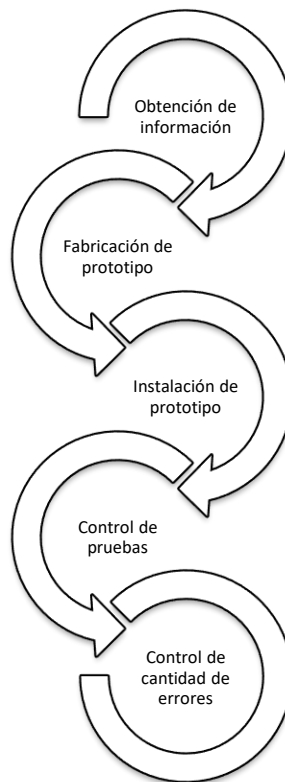


Ilustración 22: Metodología a implementar; Elaboración propia

El dispositivo *Poka Yoke* se desarrolló en las siguientes etapas:

**Obtención de la información:** la cual consistió en la recopilación de los datos que nos brindaran un apoyo para realizar un análisis costo-beneficio que



respaldará la inversión necesaria para desarrollar un proyecto de mejora en dicho proceso.

Algunos de los documentos recopilados fueron:

- Cotizaciones
- Análisis de defectos y costos implicados
- Manual de operación

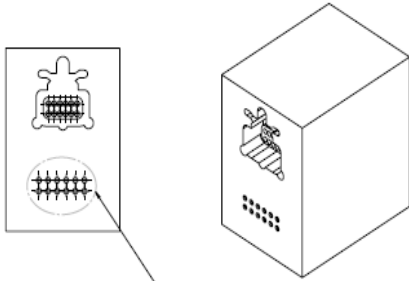
**Fabricación de prototipo:** Consiste en la integración de los componentes cotizados para obtener un proyecto capaz de demostrar funcionalidad y resultados de mejora que aporten a la empresa un ahorro significativo en reducción de gastos y desperdicios, aumentando la productividad, eficiencia con la eliminación de defectos.

**Instalación del prototipo:** una vez ya visualizado el prototipo se instalará en un área de producción chica para poner a prueba el dispositivo y evaluar su desempeño y resultados.

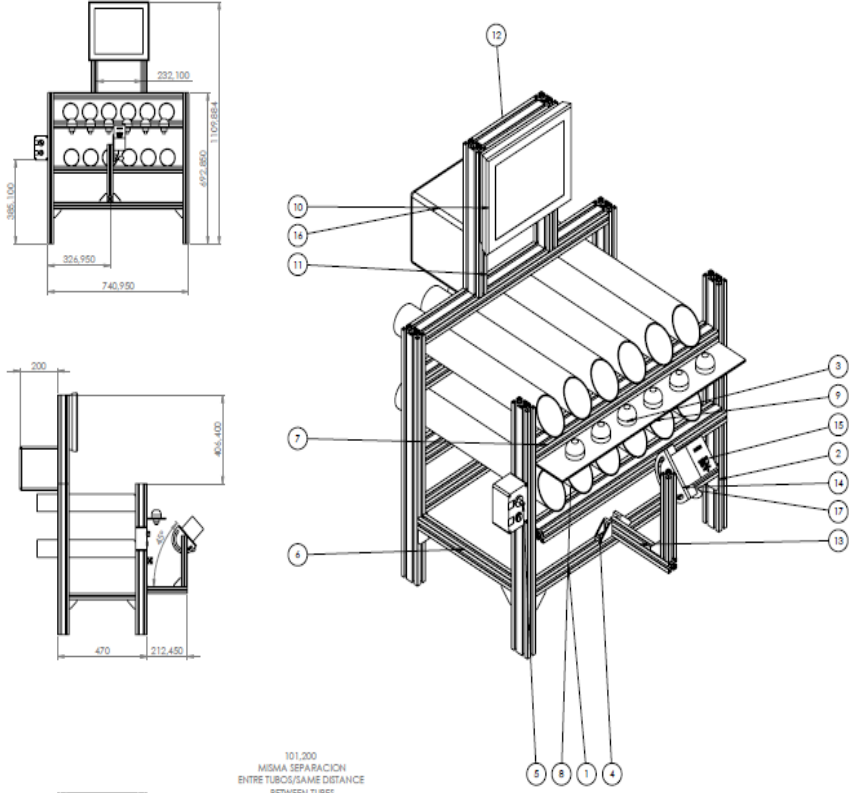
**Control de pruebas:** Consiste en documentar las pruebas realizadas en el paso anterior mediante hojas de trabajo y tomas de tiempo para demostrar que el dispositivo brindará no sólo una ayuda visual al operador sino que permitirá aumentar la producción en menor cantidad de tiempo y garantizando que el arnés que llegue al proceso de prueba eléctrica (etapa final) sea un arnés 100% funcional y sin defecto de invertido.

**Control de cantidad de errores:** El dispositivo al paso del tiempo y después de una curva de aprendizaje logrará brindarle al operador una asistencia dentro de su tarea de inserción de terminales en conectores que permitirá aumentar su productividad y obteniendo calidad total en el proceso.

### 4.5 Diseño del sensor inteligente



LEDs guía para la inserción de cables/  
LED array used for cable insertion guidance



101,200  
MISMA SEPARACION  
ENTRE TUBOS/SAME DISTANCE  
BETWEEN TUBES

97  
MISMA SEPARACION  
ENTRE SENSORES/SAME DISTANCE  
BETWEEN TUBES

NO. DE ELEMENTO/ELEMENT NUMBER	DESCRIPCIÓN	DESCRIPTION	CANTIDAD
1	001 - Perfil 30mm (27 pig largo)	structural aluminum extrusion - 30 mm width, 885.8 mm length	2
2	002 - Perfil 40mm (27.25 pig largo) 2	structural aluminum extrusion - 40 mm width, 698.5 mm length	4
3	003 - Espalda 200x45x1000mm	structural aluminum extrusion - 200x45x1000mm	1
4	004 - Orificio	orifice	1
5	005 - Soporte de suspensión	hanger in detail	1
6	006 - Perfil 30mm (350 mm largo)	structural aluminum extrusion - 30 mm width, 350 mm length	2
7	007 - Perfil 40mm (27 pig largo)	structural aluminum extrusion - 40mm width, 885.8 mm length	5
8	008 - Tubo PVC - 3 pig diametro	PVC Tube - 3 inches dia	12
9	009 - Base sensores	sensor mounting plate	1
10	010 - Monitor	display	1
11	011 - Perfil 40mm (14 pig largo)	structural aluminum extrusion - 40mm width, 404.8 mm length	2
12	012 - Perfil 40mm (9.12 pig largo)	structural aluminum extrusion - 40mm width, 231.8 mm length	1
13	013 - Perfil 30mm (9.15 pig largo)	structural aluminum extrusion - 30 mm width, 225.4 mm length	2
14	014 - Luneta	adjustable mount	1
15	015 - Holder guía	holder	1
16	016 - Caja de control	control box	1
17	017 - Mordaza de ajuste	adjustment wrench	1

REVISADO	DISEÑADO	AUTORIZADO	APROBADO	FECHA
MISMA CON SISTEMA DE GUIA PARA INSERCIÓN DE TERMINALES <b>Versión 1.0</b>				

Ilustración 23: Representación visual del sensor inteligente; Elaboración propia

En la imagen anterior podemos darnos cuenta de la distribución y elementos con los que cuenta el proyecto. Los cuales describiremos a continuación:

### **Elementos electrónicos.**

- Arduino Mega
- Pantalla HMI de 13"
- Sensores pick to light
- Circuitería y cableados

### **Elementos mecánicos**

- *Pin switch*
- *Fixture* de conector

Su funcionamiento será el siguiente:

1. Operador seleccionará en un HDMI (pantalla táctil) número de parte a producir.
2. Operador inserta conector vacío dentro de *fixture* de leds guía.
3. Seleccionada el número de parte el sistema desplegará la secuencia de pick to light de toma de cables.
4. Cuando el operador tome el cable el sensor lo detectará y enviará señal para que se encienda el LED guía para la inserción del cable dentro del conector
5. Una vez finalizada la secuencia de inserción el dispositivo detectará y analizará la secuencia sea la correcta, en caso positivo la secuencia continuará al siguiente paso y

así sucesivamente hasta finalizar la inserción de los cables con terminales en el conector; en caso negativo el sistema bloqueará el proceso de inserción y notificará mediante alarma de luces.

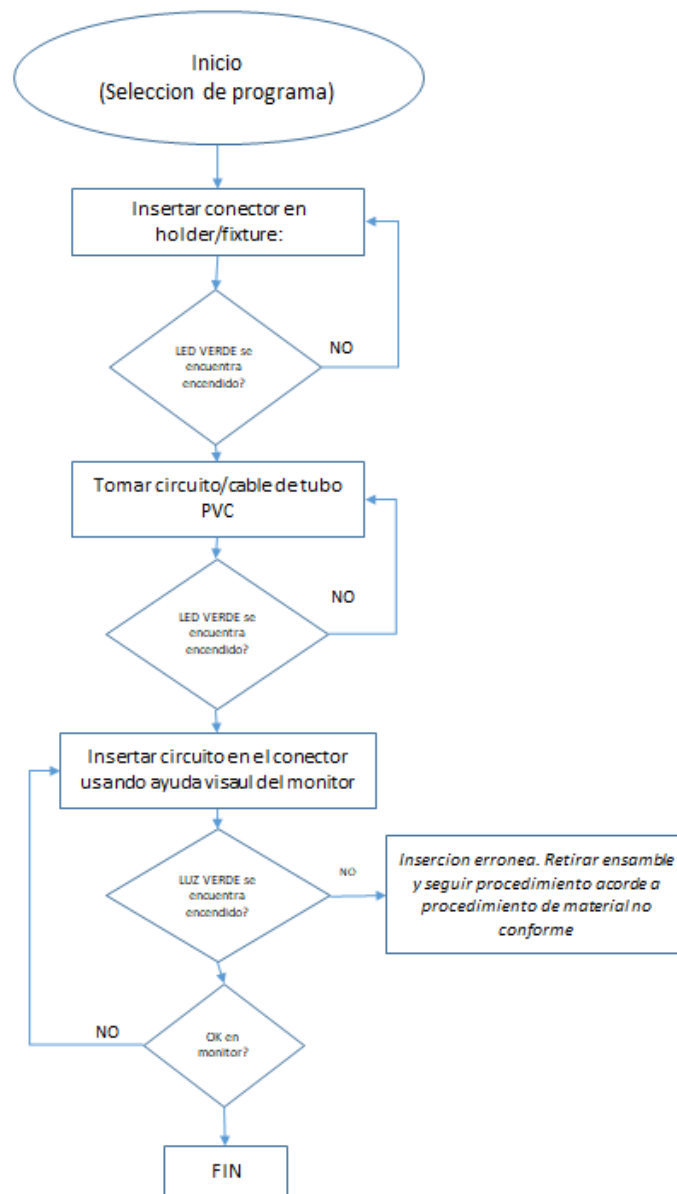


Ilustración 24: Diagrama de flujo operación de sensor inteligente.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.6 Comprobación de productividad del proyecto

Mediante el desarrollo de la formula descrita anteriormente podemos comprobar la productividad de nuestro proyecto.

Formula:

$$X = (E / F) * (A+C / B)$$

Datos obtenidos utilizando el diseño de dispositivo *Poka Yoke* de inserción guiada de terminales:

A (Numero de defectos encontrados) = 1

B (Total de piezas terminadas)= 100

C (Numero de errores)= 5

E (Tiempo real) = 360 minutos

F (Tiempo disponible) = 480 minutos

$$X = (360/480) * (1+5/100) = (0.75) * (0.06) = .045$$

En términos porcentuales:

$$X = 0.45 * 100 = 4.5\%$$

IF

$X \geq 10\%$  La productividad de nuestro proceso no está al nivel de lo que nuestros clientes esperan

Podemos darnos cuenta, que aun tomando en cuenta el número de errores que tuvo el operador durante su turno de trabajo y que no se convirtieron en errores

gracias al uso de los indicadores visuales, aun así, se cuenta con un resultado por debajo de la media de lo aceptado por el cliente para su satisfacción, por lo que podemos concluir que el uso de este tipo de proyecto será exitoso para lograr aumentar el grado de eficiencia y calidad en la producción de arneses.

#### **4.7 Descripción de inversión y posibles beneficios**






El proyecto tendrá un costo aproximado de \$3000 dls por estación de trabajo para dar inicio a su etapa de prueba, dicha inversión se espera ser recuperada evitando costos como:

- Queja de cliente la cual tiene un costo de \$3000 dls
- Sorteo en planta (subcontratación de personal externo para inspeccionar material sospecho) la cual tiene un costo variable desde \$1500 dls
- Sorteo en planta del cliente (implica todo lo anterior y además costos de transportación) la cual tiene un costo variable desde \$3000 dls
- Scrap de material (costo del arnés \$6.50 dls)
- No re-trabajos permitidos por lo tanto se evitara el desperdicio y costo de todos los materiales, personal y jornadas laborales.

Como podemos apreciar con los puntos anteriores el beneficio se paga desde el costo de calidad del producto y además desde que se da arranque a dicho proyecto sin tener que esperar a recuperar la inversión en un largo lapso de tiempo. Sin dejar de lado, el beneficio de mejora continua para el proceso, para el personal encargado de dicha estación de trabajo, *quality management* y cliente final.

## 4.8 Resultados

En base a la evaluación y puesta en marcha del prototipo, se obtuvieron los siguientes resultados:

Operación	OK	Error 1	Error 2
1			
2			
3			
4			
5			

NOTAS:




-  : Detección de inserción de cable correcta
-  : Detección de toma de cable incorrecto (esta acción se determinó preventiva, por ser un error de operador mas no un defecto)
-  : Detección de inserción de cable incorrecta (Defecto)

Ilustración 25: Simulación de prototipo  
Fuente: Elaboración propia

## CAPITULO 5 “CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES”

### 5.1 Conclusiones

En base a la investigación realizada podemos darnos cuenta que para una empresa siempre será de vital importancia mantener sus procesos de producción con un alto nivel de calidad y eficiencia, ya que de lo contrario los costos de reproducción y re-trabajos serán muy altos, y sin lugar a dudas la insatisfacción del cliente generará una mal posicionamiento en el mercado por lo que debemos de mantener estos índices por lo mínimo al ser Acme una empresa de competencia mundial.

Al incluir un sistema *Poka Yoke* de inserción guiada de terminales proporcionará al personal encargado un medio para aumentar su productividad y disminuir sus errores tomando acciones preventivas que eviten que los posibles defectos sean detectados una vez que el arnés es terminado.

De manera general se puede concluir que la realización de este tipo de proyecto fue un medio éxito para que la empresa aumente sus índices de calidad y evite la insatisfacción de sus clientes. Además de lograr que el área encargada de la inserción de terminales sea un área que pueda competir globalmente con el uso de tecnología actual.



## 5.2 Recomendaciones

Se recomienda lo siguiente:

- Orientar al personal conocido como operadores sobre el significado de los distintos indicadores visuales
- Hacer una inspección mensual/ plan de mantenimiento que garantice el buen funcionamiento.
- Generar reportes diarios que registren los defectos y errores ocasionados durante los 3 turnos de trabajo, para contar un análisis más específico.
- Se recomienda utilizar un *PLC (Programmable Logic control)* modular para tener un mayor rango de trabajo (capacidad de entrada (*inputs*) y/o salidas (*outputs*))
- Desarrollar este prototipo como un modelo de negocio enfocado a industria 4.0 el cual garantice reportes de operación diarios en tiempo real, niveles de producción, defectos en tiempo real, etc.

**BIBLIOGRAFIA**

Miranda, A. (2007). La industria automotriz en México. *Antecedentes, situación actual y perspectivas*

Carillo, J. (1990) Reestructuración de la industria automotriz en México en el siglo XXI

Aguilar, C. (2000). La necesidad de la planeación estratégica en las organizaciones industriales modernas. *Temas de ciencia y Tecnología, Vol.4 Numero 11 Mayo- Agosto 2000, 17-28.*

Amaya, J. (1999). *Gerencia, Planeación y Estrategia. Fundamentos, Modelo y Software de planeación.* Bogota: E.P.

American Supplier Institute Inc. (1989). *Quality Funtion Deployment, Implementation Manual for three day QFD workshop.* Dearborn: American Supplier.

Crowe, T., & Cheng, C. (1996). Using Quality Function Deployment in Manufacturing Strategic Planning. *International Journal of Operations & Production Management, 6 (4), 35-48.1*

Gutiérrez Pulido H & De la Vara Salazar R. (2009) "Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma" Ed. Mc Graw Hill. 2a Edición. México.

K. Hodson William. (2002) "Maynard, Manual del Ingeniero Industrial." (Tomo II Cuarta edición). Editorial The Mac Graw Hill. México.

Niebel W. Benjamin & Freivalds Andris (2009). "Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo." (Duodécima edición). Editorial The McGraw-Hill. México DF.

Rajadell Carreras M. & Sánchez García J. L. (2010). "Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad." Editorial Díaz de Santos. España.

Gutiérrez Garza Gustavo. (2002). "Justo a Tiempo y Calidad Total, Principios y Aplicaciones" (Quinta edición). Ediciones Castillo. Monterrey, Nuevo León, México.

Masaaki, I. (1997). "Cómo implementar el Kaizen en el sitio de trabajo (Gemba)". (Primera edición). Mc-Graw-Hill, 312pp

Meyers E. Fred. & Stephens P. Matthew. (2006) "Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales". (Tercera Edición). Grupo Editorial Pearson Educación. México.

Imai Masaaki. (2013). "Kaizen La clave de la ventaja competitiva japonesa". (26a Reimpresión). Grupo Editorial Patria. México.

Kalpakjian S. & Schmid S.R. (2002). "Manufactura, ingeniería y tecnología". (Cuarta edición). Grupo Editorial Pearson Educación. México.

Lizasoain, L., Joaristi, L. (2003). "Gestión y análisis de datos con SPSS". Versión 11. Thomson: Madrid.

Fernández, Esteban, Marta Fernández, y Avella Lucía. Estrategia de producción. Madrid: Mc Graw Hill, 2006.

Muñoz, David. Administración de las operaciones. Enfoque de administración de procesos de negocios. México: Editores S. A. de C. V., 2009.

D'Alessio, Fernando. Administración y dirección de producción. Bogotá: Pearson, 2002.

Mankiw, Gregory. Principios de Economía. México: Editores S. A., 2007.

Pindyck, Robert, y Daniel Rubinfeld. Microeconomía. Madrid: Pearson Educación S. A., 2009.

Revista Líderes. Economía \* empresa. 06 de Octubre de 2014.  
www.revistalideres.ec (último acceso: 08 de noviembre de 2018).

## DOCUMENTOS PAGINAS WEB

- *Reestructuración en la industria automotriz, 1990, Jorge Carrillo. Recuperado el 07 de octubre 2018*  
<http://www.jorgecarrillo.info/index.php?r=publicaciones/index&lang=es>
- *Diseño de arneses eléctricos para General Motors, 2016, Andrea Tapia Madera, Recuperado el 18 de octubre 2018*  
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/11157/1/Diseño%20de%20arneses%20eléctricos%20para%20General%20Motors.pdf>
- *Sistemas de manufactura, OscarEduardo Pérez Gaona, Recuperado 03 Noviembre 2018*  
<http://www.tesoem.edu.mx/alumnos/cuadernillos/2009.020.pdf>
- *Determinación de grado de calidad de una empresa a partir de los indicadores de gestión, Marcelo Fabián Pelayo, Recuperado el 08 de noviembre de 2018*  
<http://www.ingenieria.unlz.edu.ar/ingenieria/wp-content/uploads/2009/02/12.pdf>
- *Análisis y propuesta de mejoramiento de la producción en la empresa Vltefama, Edwin Vicente López Salazar, Recuperado el 13 de noviembre de 2018*  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3988/1/UPS-CT002579.pdf>

- *La industria Conectada 4.0*, Mario Buisán, Recuperado el 15 de noviembre de 2018  
[http://www.revistasice.com/CachePDF/ICE\\_898\\_89-100\\_A51AF19ECC2389D25D4DFA6010BA021E.pdf](http://www.revistasice.com/CachePDF/ICE_898_89-100_A51AF19ECC2389D25D4DFA6010BA021E.pdf)
- “Propuesta de mejora en el proceso de armado de motores de combustión interna cummins para disminuir las horas de tiempo muerto”, Wilder, Tapia 2016, Recuperado el 15 de noviembre de 2018  
[http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10821/T055\\_09547671\\_T.pdf?sequence=1](http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10821/T055_09547671_T.pdf?sequence=1)
- “Control y reducción de defectos y scrap en el área de automotriz a partir de la elaboración de reportes coreanos” Marcelo Rodriguez, 2016, Recuperado 15 de noviembre de 2018  
<http://www.itsmante.edu.mx/wp-content/uploads/2017/11/INFORME-FINAL-CONTROL-Y-REDUCCIÓN-DE-DEFECTOS.pdf>