

DIAGNÓSTICO PARA CORREGIR FALLAS DE DISEÑO, FABRICACIÓN Y REPARACIÓN DE HERRAMENTALES PARA EL ESTAMPADO DE PIEZAS AUTOMOTRICES

ÍNDICE

I. OBJETIVO GENERAL.....	5
II. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
CAPÍTULO 1.....	6
1: DESCRIBIR EN FORMA GENERAL LOS PROBLEMAS QUE SE PRESENTA EN EL DISEÑO Y FABRICACIÓN DE HERRAMENTAL.....	8
ANTECEDENTES.....	8
BENCHMARKING DE MEJORES PRÁCTICAS.....	16
1.1 DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS A EVALUAR EN EL DISEÑO Y FABRICACIÓN DE HERRAMENTAL... 48	
1.2 EN LISTA LOS PROCEDIMIENTOS, NORMAS Y CRITERIOS QUE SE SIGUEN EN EL DISEÑO Y FABRICACIÓN DE HERRAMENTAL.....	54
1.3 IDENTIFICACIÓN DE RUTAS CRÍTICAS CON SUS CUELLOS DE BOTELLA EN EL DISEÑO Y FABRICACIÓN DE HERRAMENTAL.....	74
CAPÍTULO 2.....	77
2. EXAMINAR EL FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS PARA DETERMINAR LAS POSIBLES MEJORAS QUE SE DEBEN IMPLEMENTAR.....	79
2.1 DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE EVALUACIÓN EN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS HERRAMENTALES.....	79
2.2 PROCEDIMIENTOS, NORMAS Y CRITERIOS QUE SIGUE EL FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS.....	94
2.3 IDENTIFICACIÓN DE RUTAS CRÍTICAS CON SUS CUELLOS DE BOTELLA EN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS.....	109
2.4 TIPOS DE ERRORES SISTEMÁTICOS DE LOS HUMANOS EN EL DISEÑO DE HERRAMENTAL PARA ESTABLECER SU MEJORA.....	133
2.5 TIPOS DE ERRORES SISTEMÁTICOS DE LOS HUMANOS EN LA FABRICACIÓN DE HERRAMENTAL PARA ESTABLECER SU MEJORA (Parte 2).....	154
2.6 TIPOS DE ERRORES SISTEMATICOS DE LOS HUMANOS EN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS PARA ESTABLECER SU MEJORA (Parte 3).....	173
2.7 ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE MEJORA EN EL DISEÑO.....	188

2.8 ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE MEJORA EN LA FABRICACIÓN.	213
2.9 ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE MEJORA EN EL FUNCIONAMIENTO.....	234
2.10 APLICACIÓN DE METODOLOGÍA 3DPRO AL DISEÑO Y FABRICACIÓN DE HERRAMENTALES.....	254
2.11 APLICACIÓN DE METODOLOGÍA 3DPRO AL FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS.....	283
CAPÍTULO 3.....	306
3. PARAMETRIZACIÓN DE LA DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO Y FABRICACIÓN DE HERRAMENTALES, ASÍ COMO EL FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS.....	308
3.1 ANÁLISIS CON MÉTODO HISTÓRICO-ESTADÍSTICO EN EL DISEÑO Y FABRICACIÓN DE HERRAMENTALES.....	308
3.2 ANÁLISIS CON MÉTODO HISTÓRICO-ESTADÍSTICO EN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS.....	331
3.3 FORMULACIONES CON EL MÉTODO MATEMÁTICO DE LOS PARÁMETROS DEL DISEÑO Y FABRICACIÓN DE HERRAMENTALES.....	366
3.4 FORMULACIONES CON EL MÉTODO MATEMÁTICO LOS PARÁMETROS DEL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO.....	385
3.5 APLICACIÓN DEL MÉTODO DEDUCTIVO-INDUCTIVO EN LA PARAMETRIZACIÓN DEL DISEÑO Y FABRICACIÓN DE HERRAMENTALES.....	397
3.6 APLICACIÓN DEL MÉTODO DEDUCTIVO-INDUCTIVO EN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS... 433	433
3.7 CREACIÓN DE LA BASE DE DATOS DE LOS PARÁMETROS ESTABLECIDOS CON SUS RESPECTIVAS DESCRIPCIONES.....	438
CAPÍTULO 4.....	447
4. MODELAR LOS PARÁMETROS CREADOS, CON LA CREACIÓN DE OBJETOS DE APRENDIZAJE, QUE SIRVAN DE BASE EN LA OPTIMIZACIÓN DE DISEÑOS Y FABRICACIÓN DE HERRAMENTALES Y DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS.....	449
4.1 MODELADO DE LA FUNCIÓN OBJETIVO A OPTIMIZAR.....	472
4.2 MODELADO DE LAS RESTRICCIONES DE LA FUNCIÓN OBJETIVO.....	496
4.3 PROGRAMACIÓN DEL MODELADO Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS.....	505
CAPÍTULO 5.....	552
5. DESARROLLO DE TÉCNICAS DE CAPACITACIÓN PARA EL PERSONAL Y ORIENTANDO LAS NUEVAS PRÁCTICAS HACIA LA INNOVACIÓN.....	554


5.1 GENERACIÓN DE BASE DE DATOS DE OBJETOS DE APRENDIZAJE, QUE ORIENTEN A LA INNOVACIÓN	554
5.2 GENERACIÓN DE PRÁCTICAS DE OPTIMIZACIÓN DE DISEÑOS	582
5.3 GENERACIÓN DE PRÁCTICAS DE OPTIMIZACIÓN DE LA FABRICACIÓN DE HERRAMENTALES.....	605
5.4 GENERACIÓN DE PRÁCTICAS DE OPTIMIZACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS.....	626
REFERENCIAS.....	638

I. OBJETIVO GENERAL

Diagnosticar las fallas en el diseño, fabricación y funcionamiento de herramientas que se utilizan para procesos de estampado de piezas automotrices, esto mediante el desarrollo de un estudio cualitativo y cuantitativo que permitirá generar estrategias de mejora en las técnicas y minimizar los gastos directos e indirectos en esta área del ramo automotriz.

II. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Describir en forma general los problemas que se presentan en el diseño y fabricación de herramienta.
2. Examinar el funcionamiento de los equipos, para determinar las posibles mejoras que se deben implementar.
3. Parametrizar la descripción del diseño y fabricación de herramientas, así como el funcionamiento de los equipos.
4. Modelar los parámetros creados, con la creación de objetos de aprendizaje, que sirvan de base en la optimización de diseños y fabricación de herramientas y del funcionamiento de los equipos
5. Desarrollo de técnicas de capacitación para el personal orientando las nuevas prácticas hacia la innovación.



DIAGNÓSTICO PARA CORREGIR FALLAS DE DISEÑO, FABRICACIÓN Y REPARACIÓN DE HERRAMENTALES PARA EL ESTAMPADO DE PIEZAS AUTOMOTRICES

CAPÍTULO 1

CAPÍTULO 1

II. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Describir en forma general los problemas que se presentan en el diseño y fabricación de herramental.
2. Examinar el funcionamiento de los equipos, para determinar las posibles mejoras que se deben implementar.
3. Parametrizar la descripción del diseño y fabricación de herramientas, así como el funcionamiento de los equipos.
4. Modelar los parámetros creados, con la creación de objetos de aprendizaje, que sirvan de base en la optimización de diseños y fabricación de herramientas y del funcionamiento de los equipos
5. Desarrollo de técnicas de capacitación para el personal y orientando las nuevas prácticas hacia la innovación.

1: DESCRIBIR EN FORMA GENERAL LOS PROBLEMAS QUE SE PRESENTA EN EL DISEÑO Y FABRICACIÓN DE HERRAMENTAL.

ANTECEDENTES

Desde la antigüedad, el estampado de piezas metálicas ha sido un proceso muy utilizado en prácticamente todas las industrias en donde se ha requerido de una fuerte presión para embalar, exprimir, forjar, estampar, embutir, etc. Antes de la edad moderna el acuñado de monedas se realizaba de manera manual, golpeando con un martillo un cuño o matriz de doble cara. Sin embargo no fue hasta el siglo XIV que se comenzaron a utilizar pequeñas prensas de balancín. Alrededor del año 1500 Leonardo da Vinci realizó diseños de máquinas para la fabricación de monedas (laminadoras, cortadoras y prensas de balancín) las cuales contribuyeron en el diseño de las máquinas actuales.¹

Las primeras prensas de balancín fueron de bronce y de hierro. Estaban constituidas por un tornillo central (husillo) accionado por un brazo horizontal acabado en pesadas bolas de las que pendían correas para ser tiradas por varios hombres. A partir de 1645 se generaliza en toda Europa el uso de la prensa de balancín, lo cual se le atribuye al grabador francés Nicolás Briot (1579-1646). Para 1783 fue perfeccionada por el ingeniero suizo Jean Pierre Droz, permitiendo la acuñación simultánea de anverso, reverso y canto.¹

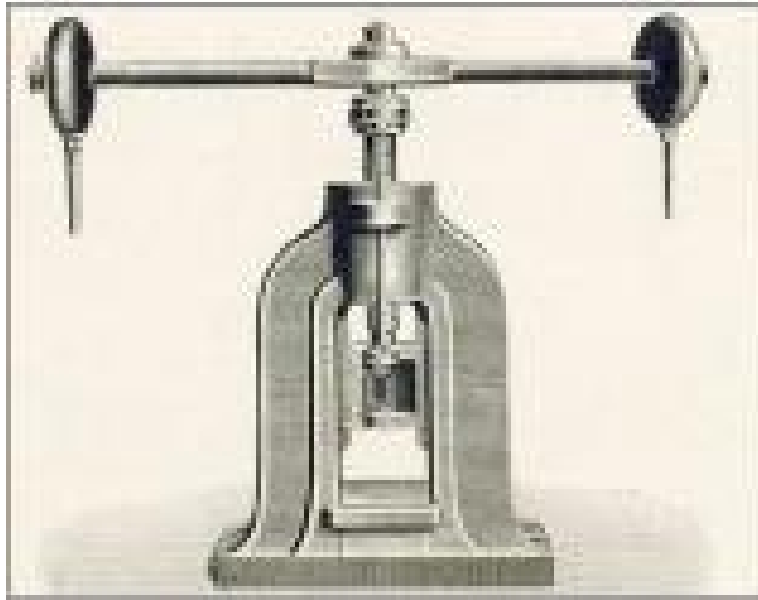


Ilustración 1 Prensa-cortador de balancín de Alfred Schüttes.

Por el año 1650, el francés Blaise Pascal (1623-1662) comprobó que cuando se aplica una presión a un líquido encerrado y estático, dicha presión es uniformemente transmitida a todas las partículas del fluido y con ello a las paredes del recipiente contenedor. En base a este principio formuló el principio que lleva su mismo nombre.¹

Hacia 1770 se desarrolla una de las primeras prensas hidráulicas por el industrial inglés Joseph Bramah (1749-1814), la cual es una aplicación directa del principio de Pascal. Esta prensa está constituida por dos cilindros de diferente sección comunicados entre sí, y cuyo interior está completamente lleno de agua o aceite. Dos émbolos de secciones diferentes se ajustan, respectivamente, en cada uno de los dos cilindros, de modo que estén en contacto con el líquido. La fuerza que actúa en la superficie del émbolo menor se transmite a través del fluido hacia el otro émbolo, dando lugar a una fuerza mayor que la primera (en la misma proporción que la superficie de ambos émbolos).¹



Ilustración 2 Prensa hidráulica básica.2

Este primer tipo de prensa hidráulica lograba presiones relativamente pequeñas y no era utilizable para la deformación de metales. Sin embargo, posteriormente los hermanos Perier desarrollaron la máquina de “Bramah” permitiendo alcanzar presiones más altas (sobre 70 kg/cm²), haciéndola apta para trabajos más duros, como el acuñado de monedas o la deformación de plomo. Por otro lado, la aplicación de la prensa hidráulica para el trabajo del hierro no se produce hasta mediados del siglo XIX, en particular tras la aparición del modelo desarrollado por el austriaco Haswell, de mucho mayor tamaño y capacidad de presión.¹ A partir de entonces la prensa hidráulica, gracias a la altísima fuerza resultante conseguida, se generaliza para operaciones de elevadas sollicitaciones.

Metodología convencional

En la industria automotriz existen distintos tipos de estampado para piezas metálicas. Estos tipos de estampados consisten en someter una pieza metálica a una compresión entre dos moldes, dicha presión puede ser aplicada de manera progresiva o de manera instantánea y en base a la temperatura del material puede denominarse estampación en frío o estampación en caliente.³

Estampación en frío

Dentro de la estampación en frío, o conformación en frío, figuran las prensas, el perfilado y el hidro-formado. Este tipo de tecnologías permiten fabricar una amplia variedad de piezas de distinto tamaño. Entre las características principales de la estampación en frío destaca la posibilidad de trabajar con materiales de alta resistencia que posibilitan soluciones de reducción de peso de la estructura del vehículo. Esto es especialmente relevante para piezas de chasis, en las que los requerimientos de espesor y resistencia de los materiales son mayores.⁴

Las principales características de cada tipo de estampación en frío se mencionan a continuación:

- Prensas de troquelado: Utilizadas principalmente para la fabricación de componentes estructurales conformados por aceros de alta resistencia. Las llamadas troqueladoras son prensas accionadas tanto mecánica como hidráulicamente, con construcción horizontal y vertical, que ejecutan el movimiento y transmiten la fuerza a la base superior del troquel para que este, con ayuda de la presión, penetre la matriz (que está sujeta a la mesa de la máquina) y transforme la lámina.⁴ Ejemplos de productos en donde se utilizan son: parachoques, ejes, refuerzos de techo, barras de impacto, etc. Por otro lado, existen tres tipos distintos de troqueles:
 - En los troqueles simples (de una estación o un paso) se realiza una operación en cada golpe de la prensa, son de baja productividad y normalmente es necesario el uso de otros troqueles para poder finalizar una pieza. Se utilizan para fabricar piezas sencillas como arandelas, accesorios y pequeñas partes para electrodomésticos.⁵

- Los troqueles compuestos (de dos o tres estaciones): son herramientas que permiten aprovechar la fuerza ejercida por la prensa realizando dos o más operaciones en cada golpe, agilizando el proceso y generando mayor productividad.⁵
- Los troqueles progresivos (múltiples estaciones): son troqueles complejos y de gran desarrollo, también llamados matrices progresivas. Constan de decenas de etapas o pasos, en cada uno de ellos se modifica la lámina con una secuencia establecida por el diseñador (secuencia de corte), de tal manera que al final se obtiene una o varias piezas terminadas. En un troquel de corte progresivo, los punzones entran en acción sucesivamente sobre un punto de la tira de lámina, a medida que ésta avanza a través del troquel. Son altamente productivos aunque su mantenimiento y operación es más compleja que en los otros casos y requiere de mayor capacitación del personal involucrado.⁵

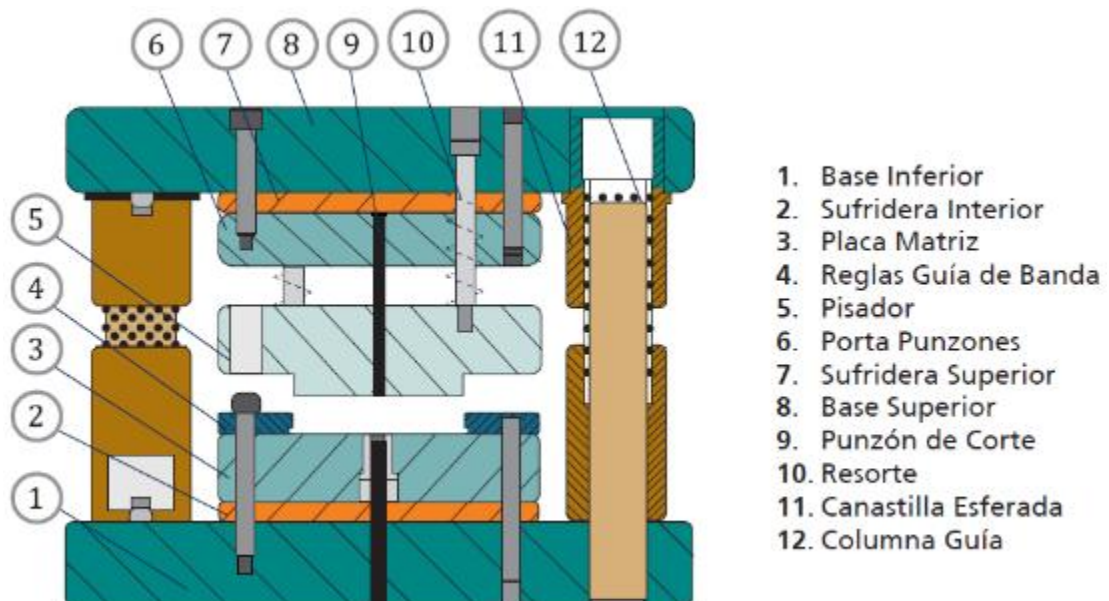


Ilustración 3 Diagrama que muestra las tres partes principales de una prensa troqueladora.⁵

- Perfilado: Este proceso consiste en someter una bobina de metal a una operación de doblado, pasando la banda de la bobina por una serie de rodillos, lo ocasiona una deformación continua. Cada conjunto de rodillos lleva a cabo una parte incremental de doblado hasta lograr obtener el perfil de sección transversal deseado. Este proceso es utilizado para producir piezas con perfiles constantes, longitudes largas y en grandes cantidades.⁴



Ilustración 4 Secuencia del proceso de perfilado.⁶

- Hidroformado: Este tipo de conformado en frío utiliza un fluido hidráulico a alta presión para presionar tubos a temperatura ambiente adentro de un troquel. El proceso consiste en doblar previamente un tubo metálico y colocar este tubo, previamente moldeado, adentro de un troquel con las secciones transversales y formas deseadas (vea inciso “a” de la figura 2). Se colocan tapones de cierre para fijar el tubo (vea inciso “b”) y seguido de este paso se introduce el agua en el interior del tubo (vea incisos “c” y “d”). Finalmente se ejerce presión en los extremos del tubo a la vez que se introduce presión hidráulica por medio del líquido en el interior del tubo (vea inciso “e”). De esta

manera se logra que el tubo obtenga la forma deseada (vea inciso “f”) ya que en el paso anterior se logró que la presión interna alcanzará su valor máximo. Este método permite durante el soplado o formación del tubo la perforación de agujeros lo cual evita operaciones secundarias posteriores en algunos casos. Dentro de las ventajas de este tipo de conformado están la producción de piezas complejas con concavidades, que resultarían difíciles o imposibles en el caso de los otros tipos de estampación. También tiene la ventaja de ser una manera rentable de moldear acero para piezas estructuralmente rígidas, complejas y fuertes. Finalmente otra gran ventaja es que permite crear un tubo tridimensional que con los otros tipos de estampación en frío solo se podría hacer soldando dos piezas. Este tipo de tecnología se aplica principalmente en el desarrollo de chasis para vehículos.⁴

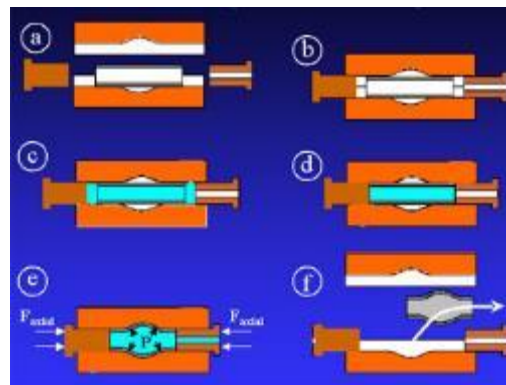


Ilustración 5 Hidroformado

En el diagrama del proceso de hidroformado: a) colocación de la pieza metálica, b) sellado de las extremidades del tubo, c) relleno del interior con agua, d) se ejerce presión con hidráulica con el agua del interior, e) se ejerce presión en los extremos del tubo para alcanzar el valor máximo de presión interna, f) el tubo toma la forma deseada y es extraído.⁷

Estampación en caliente

A través de este proceso se moldea acero ultrarresistente en formas complejas, de una manera más eficiente que con la estampación en frío. Este proceso implica el calentamiento del acero hasta volverlo maleable, acto seguido se conforma la forma en troqueles especialmente diseñados para este tipo de proceso. Este tipo de estampado logra generar piezas ligeras, que de ser producidas con estampación en frío exigirían soldar piezas más gruesas y pesadas, conllevando mayor tiempo de fabricación y material. En el sector automotriz son actualmente la solución más avanzada para el aligeramiento de peso de la estructura de la carrocería. Mejorando el comportamiento en caso de colisión y garantiza la seguridad del pasajero.⁴



Ilustración 6 Ejemplo de estampación en caliente para piezas automotrices.⁸

BENCHMARKING DE MEJORES PRÁCTICAS

Contexto nacional de la industria de herramientas

Debido a nuestro conocimiento del mercado automotriz, nos hemos dado cuenta que las empresas tienen necesidades de diseño industrial, servicios de ingeniería y principalmente el desarrollo de herramientas para estampado automotriz. Además sabemos que en la región prácticamente son muy pocas las empresas que se dedican a el diseño, fabricación y reparación de herramientas para estampado automotriz. La principal razón de esta falta de empresas de alto valor o muy especializada es por la falta de personal altamente capacitado, infraestructura y de procesos estandarizados, además de falta de una tecnología propia que permita de manera eficiente, rápida y a un costo razonable la fabricación de herramientas de estampado automotriz. El objetivo de este análisis es conocer el estado actual de la industria automotriz, conocemos las necesidades y las mejores prácticas y herramientas de clase mundial para cubrir estas necesidades. Sin embargo no se aplican de manera adecuada. Las metodologías que se utilizan en las empresas automotrices de clase mundial, así como los requisitos y expectativas que estas tienen en cuanto a calidad, tiempos y costos cada vez son más exigentes y demandantes. Es un gran reto que la industria nacional tiene para satisfacer la creciente demanda de requerimientos de este tipo.

La consolidación de centros con capacidades de diseño, simulación y fabricación de moldes y herramientas cubrirá las necesidades que tienen las empresas en cuanto a diseño, ingeniería y fabricación de herramientas. Sin embargo todavía es muy pobre la cobertura de este tipo de servicio en las regiones automotrices del país. Prácticamente todas las empresas de la industria manufacturera y de transformación requieren de estos servicios, bien para la producción de partes metálicas, plásticas u otros materiales o bien para la correcta realización de sus procesos. Principalmente se requieren estos servicios para los productos terminados; sin embargo también hay una alta necesidad de estos servicios para sus procesos y cadena de valor, por

ejemplo para dispositivos de seguridad, dispositivos de verificación, creación, mantenimiento y corrección de moldes, troqueles y herramientas entre otros.

Las empresas de manufactura tienen la necesidad de hacer pruebas con prototipos antes de comenzar la producción en serie. Con un prototipo pueden comunicarse efectivamente dentro y fuera de la empresa, pueden hacer pruebas de ensamble, pruebas mecánicas, validación de diseños y pruebas de marketing. Actualmente para realizar estos prototipos se siguen dos caminos: algunas veces las empresas deciden realizar los cambios a sus líneas de producción para realizar un producto de prueba, esto trae como consecuencia altos costos, paros de línea, requerimiento de personal especializado, etc. Otras veces se manda a hacer el producto final de la manera tradicional, en un taller de torno si es una pieza metálica o se realiza un molde para inyección si es una pieza plástica. Estas actividades también involucran un alto costo y se llevan mucho tiempo para su terminación. Además de estos problemas, en cualquiera de los dos escenarios se cuenta con una sola oportunidad para la realización del producto de prueba, si se requieren cambios en el prototipo se deberá volver a realizar el mismo proceso, incurriendo en nuevos gastos y tiempos de espera. En el peor de los escenarios las empresas no realizan un prototipo y simplemente realizan el diseño de la pieza mediante el cual se fabrican los moldes o troqueles y se comienzan las corridas de prueba en producción. Esto provoca problemas en producción como paros de línea, baja calidad, rechazo de producto, malos ensambles, etc.

En la industria automotriz, las armadoras y sus proveedores, requieren de todos estos servicios para diferentes etapas de sus procesos. La industria automotriz cuentan con laboratorios de prototipos rápidos; sin embargo no cubre las necesidades internas de las empresas automotrices y menos las necesidades de sus proveedores, ocasionando que tengan que mandar a hacer los herramientas fuera de la región, en el extranjero o bien con sus casas

matrices si es que estas cuentan con el equipo adecuado. Esto trae como consecuencia altos costes de transportación, mala comunicación y largos tiempos de espera.

El principal mercado en la región sería el mercado automotriz, actualmente las principales empresas automotrices y sus proveedores requieren de estos servicios, aunado a esto, el incremento en la producción de los próximos años, los nuevos proveedores y empresas automotrices que lleguen al país provocarán un incremento en la demanda de los servicios. Además del mercado automotriz, los mercados a los que se puede ofrecer el servicio son: industria aeronáutica y de bienes de consumo.

Con los servicios de Centros Integral de Servicios de Ingeniería y desarrollo de herramientas, las empresas tendrían las ventajas de: disminuir el costo fijo de mantener un equipo especializado, disminuir el costo y tiempo de espera en la creación de sus herramientas mediante tecnología de punta, evitar gastos y problemas de producción mediante diseños robustos y validados con un mejor proceso, evitando problemas de diseño.

La principal ventaja competitiva de establecer empresas de este tipo sería el rápido posicionamiento como empresas de alto valor, además de disminuir la importación de herramientas.

La industria de autopartes representa 3% del total de la producción del sector manufacturero a nivel mundial. La industria es muy diversa, engloba los bienes de consumo final que se utilizan para suministrar a la industria terminal de automóviles (armadoras), así como también se encarga de abastecer el mercado de remplazo o refacciones para automóviles usados.

Dentro de los procesos que se llevan a cabo dentro de la industria automotriz en algunos de ellos se utilizan los procesos de herramientas.

Tabla 1 . Clasificación de troqueles en base a la operación que realizan

Operación	Descripción	Herramental utilizado
Cizallado	El proceso de cizallado es una operación de corte de láminas que consiste en disminuir la lámina a un menor tamaño. Para hacerlo el metal es sometido a dos bordes cortantes.	Los troqueles de corte se utilizan para estampar una forma determinada en una lámina de metal para operaciones posteriores.
Corte de sobrante	Separar por presión el material sobrante	Los troqueles de corte se utilizan para estampar una forma determinada en una lámina de metal para operaciones posteriores.
Doblado	Darle forma a la lamina	Los troqueles de flexión y doblado están diseñados para efectuar pliegues simples o compuestos en la pieza en bruto.
Perforado	Consiste en la realización de cortes definidos por la forma del punzón.	Troqueles de perforación: Son los más sencillos ya que se utilizan para hacer agujeros en la pieza.
Estampado	conjunto de operaciones con las cuales sin producir viruta,	Troquel de corte Troquel de flexión o

	sometemos una lámina plana a ciertas transformaciones a fin de obtener una pieza de forma geométrica propia	doblado Troquel de embutido
Embutido	Consiste en transformar una lámina de metal en un cuerpo hueco tridimensional	Los troqueles de embutir se emplean para crear formas huecas
Conformado	Se usa la deformación plástica para cambiar las formas de las piezas metálicas.	Dados de conformación

A continuación se muestran diferentes tablas con los procesos que se realizan:

Tabla 2 Procesos para manufacturar autopartes

Sistema de suspensión	Carrocería	Sistemas de freno
Maquinado	Troquelado	Maquinado
Forja	Laminado	Troquelado
Soldadura	Pintura electrostática	Forja
Inyección a presión	Tratamiento superficial	Soldadura
Tratamiento térmico	Plásticos	Sinterización
Tratamiento superficial	Soldadura	Tratamiento térmico
		Tratamiento superficial

Tabla 3 Procesos para manufacturar autopartes

Sistema de transmisión	Sistema de tracción	Sistema de enfriamiento
Maquinado Forja Troquelado Inyección a presión Sinterización Ensamble mecánico Tratamiento térmico	Maquinado Forja Troquelado Soldadura Inyección a presión Ensamble mecánico Tratamiento térmico Tratamiento superficial	Maquinado Troquelado Laminado Soldadura Ensamble mecánico Tratamiento térmico Tratamiento superficial Plásticos

Tabla 4 . Procesos para manufacturar autopartes.

Sistema de dirección	Sistema de seguridad	Componentes eléctricos y electrónicos
Inyección a presión Ensamble mecánico Tratamiento superficial	Maquinado Troquelado Ensamble mecánico Tratamiento térmico Tratamiento superficial Plásticos	Maquinado Troquelado Soldadura Ensamble mecánico Plásticos

Tabla 5 Procesos para manufacturar autopartes

Sistema de escape	Ruedas y neumáticos	Alimentación del combustible
Maquinado	Maquinado	Maquinado
Troquelado	Troquelado	Extrusión
Soldadura	Laminado	Laminado
Inyección a presión	Tratamiento térmico	Soldadura
Ensamble mecánico	Tratamiento superficial	Tratamiento superficial
Tratamiento térmico		Troquelado
Tratamiento superficial		Estampado
		Plásticos

Análisis de las necesidades de la industria automotriz

Como primera evaluación para conocer mejor el comportamiento de la industria automotriz se desarrolló una encuesta a algunas empresas del ramo automotriz y así conocer sus principales requerimientos y necesidades.

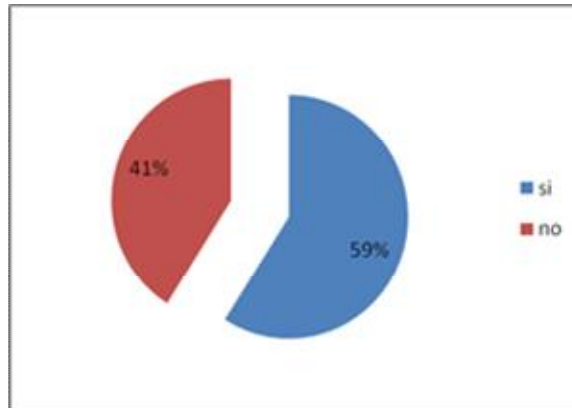
Dentro de los objetivos encontramos los siguientes planteamientos necesarios de la investigación

- Determinar si las empresas cuentan con un área destinada a la investigación, diseño de productos, ingeniería y fabricación de herramientas.
- Determinar qué servicios internos cubren las empresas y cuáles son los que subcontratan.

- Conocer los principales lugares geográficos de los proveedores de los servicios ya mencionados.
- Determinar el promedio que las empresas están dispuestas a invertir en esta área.
- Entender la percepción que tienen las empresas en referencia al diseño.
- Conocer las variables que consideran como razones importantes para implementar el diseño de un prototipo y las razones del por qué no consideran necesaria la utilización de los prototipos.
- Investigar si las empresas estarían dispuestas a contratar el servicio especializado, diseño e ingeniería y por qué lo contrarían o no lo contratarían.
- Conocer la frecuencia con que las empresas requieren de diseño.
- Determinar cuáles son el software más utilizados en el mercado.
- Identificar si las empresas validan sus prototipos rápidos, por qué lo hacen o por qué no lo hacen.
- Investigar si las empresas tienen actualmente la necesidad de digitalizar piezas o productos.

Resultados

¿Su Empresa cuenta con área de investigación y/o Desarrollo?



Gráfica 1 Porcentaje de áreas de investigación

Del total de los encuestados el 59% afirmó que tiene departamento de investigación y desarrollo y el 41% dijo que no cuenta con el mismo.

¿Cuáles de los siguientes servicios realiza su empresa, cuenta con infraestructura propia para realizarlos o bien los ha subcontratado?



Gráfica 2 Servicios que realiza su empresa

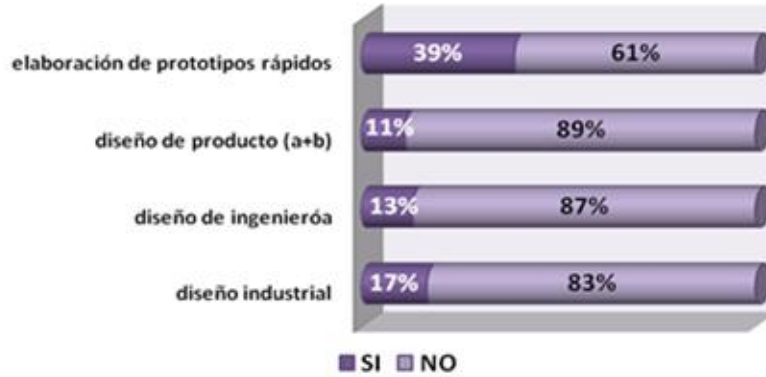
Más del 80% de los entrevistados aseguraron que sus empresas requieren todos los servicios mencionados y entre el 17% y el 20% dijeron que su empresa no requiere alguno de los servicios.



Gráfica 3 Infraestructura propia

En cuanto a los servicios que realizan con infraestructura propia el 70% asegura que cuenta con la infraestructura para realizar el diseño industrial y diseño de producto (a + b), el 83% asegura que cuenta con los recursos para realizar diseño de ingeniería y sólo el 50% dijo contar con la infraestructura para realizar diseño y elaboración de prototipos rápidos.

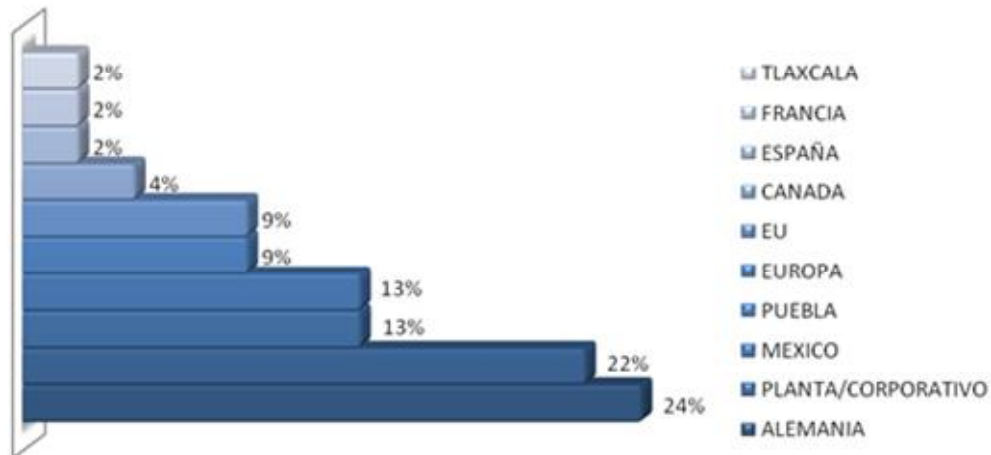
¿Cuáles ha subcontratado?



Gráfica 4 Subcontrato de los servicios

En cuanto a la subcontratación de estos servicios el 11% ha subcontratado el diseño de producto (a + b), el 13% diseño de ingeniería, el 17% diseño industrial y el 39% el servicio de elaboración de prototipos rápidos.

Cuando los ha necesitado, ¿Dónde ha realizado los herramientales y prototipos?



Gráfica 5 Fabricación de herramientales

Del total de los 54 encuestados el 22% aseguró que lo hacen en la propia planta o en la matriz del corporativo y el 24% subcontratan el servicio en Alemania, el 13% lo contrata en México o Puebla y el resto se divide en algunos otros lugares.

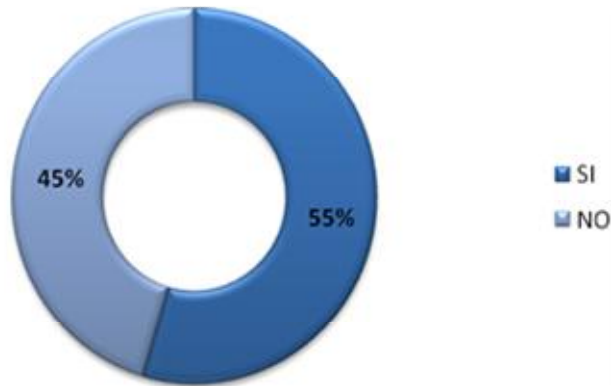
¿Qué software de utiliza para diseño e ingeniería?



Gráfica 6 Software de diseño

En cuanto al software utilizado para diseñar el CATIA fue mencionado 23 veces, el CAD 15 veces, el CAM 11 y CAE sólo 6, además se mencionaron otros 11 software diferentes.

¿Valida sus diseños con prototipos rápidos?



Gráfica 7 Validación de diseños

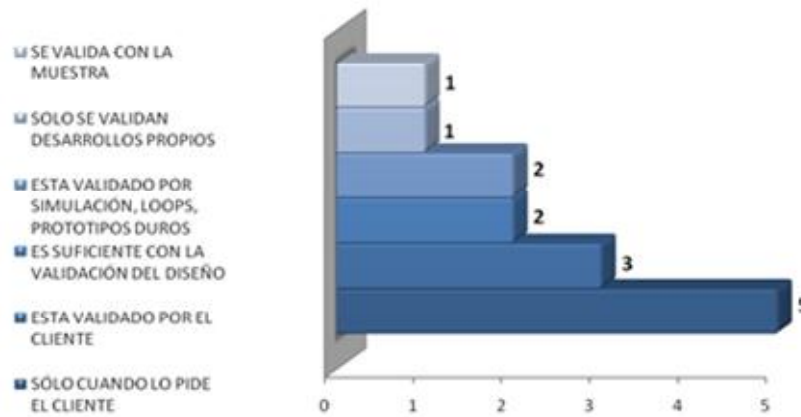
En cuanto a la validación de diseño el 55% afirmó que los valida siempre con prototipos rápidos y el 45% dijo que no lo hace, o sólo en algunas ocasiones.

Al ser cuestionados sobre qué los motiva a validar o no los diseños las razones obtenidas fueron las siguientes:



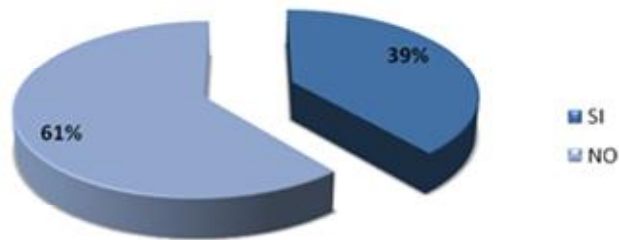
Gráfica 8 Razón para validar diseños

Porque NO valida siempre sus diseños



Gráfica 9 Razón para no validar diseños

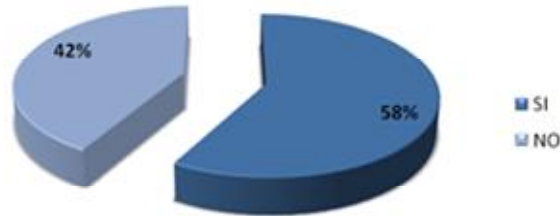
¿Tiene productos o piezas físicas que requiera digitalizar?



Gráfica 10 Piezas para digitalizar

Posteriormente se les pregunto sobre otros servicios. En cuanto a la digitalización de piezas el 61% afirmo que no requiere el servicio y sólo el 39% dijo que lo puede llegar a solicitar.

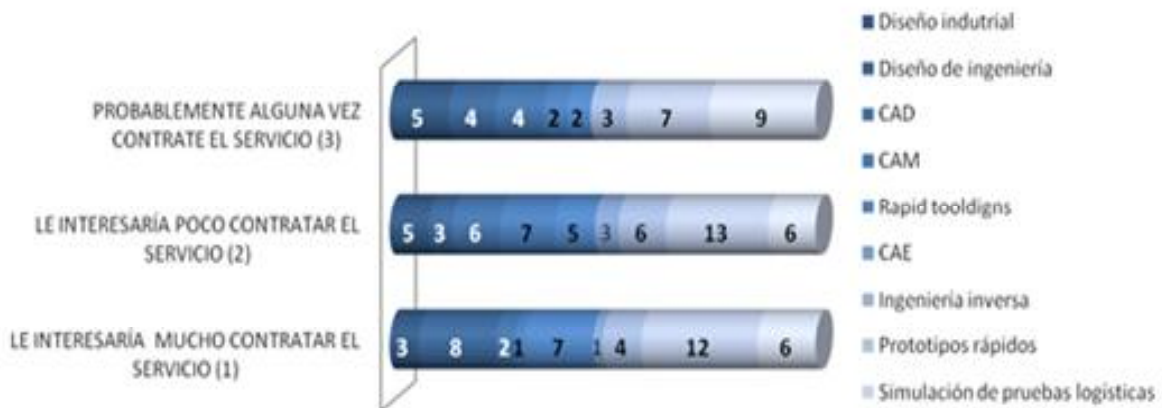
¿Ha utilizado o requiere de herramientas rápidas (rapid tooling)?



Gráfica 11 Demanda de herramientas rápidas

También se les cuestionó sobre herramientas rápidas, a lo que el 58% respondió que si le interesaría y el 42% dijo que no lo requiere.

¿De los siguientes servicios, mencione cuales serían los 3 que más le interesarían contratar a una empresa de outsourcing? (1 más importante, 3 menos importante)



Gráfica 12 Servicios outsourcing

Finalmente se les cuestionó sobre qué servicios les interesaría subcontratar, siendo el más mencionado el de “prototipos rápidos”, ya que fue mencionado 12 veces como de mucho interés y 13 como que les interesaría un poco contratarlo.

La gráfica ubicada en la parte superior indica el número de mecas que fue mencionado cada servicio en cada una de las categorías.

Se realizaron 54 encuestas vía telefónica e internet en la región de Puebla y Tlaxcala. Las encuestas se realizaron a empresas de la industria automotriz y unas cuantas a empresas de la industria aeroespacial.

CENTROS CLÚSTERES DE HERRAMENTALES

Michael Porter es un estadounidense que definió a los clúster como “un grupo geográficamente próximo de compañías interconectadas e instituciones asociadas, en un campo particular, vinculadas por características comunes y complementarias, incluyendo empresas de productos finales o servicios, proveedores, instituciones financieras y empresas de industrias conexas” (Porter, 1998, p. 78).

La industria automotriz es una de las más grandes en el mundo, esto ha permitido la creación de clústers automotriz con el fin de una continua innovación y desarrollo de nuevas tecnologías de producción en vinculación con empresas relacionadas con la industria. Las empresas especializadas en el diseño, fabricación y reparación de herramientas forman parte fundamental en la composición de dichos clústers.

Para fines de estudio se establecerá un panorama general de los centros clúster en la industria automotriz en el país, así como los más importantes en Europa y Estados Unidos.

MÉXICO

La industria automotriz en nuestro país muestra índices de crecimiento favorables; es así como los clúster en el país crean eslabones que permiten el crecimiento continuo en la innovación de procesos.

Los estados con mayor presencia en la industria automotriz son Guanajuato, Aguascalientes, Querétaro, San Luis Potosí y Puebla, a los que se les agregan otros estados que comienzan a tener participación en el sector; Zacatecas, Jalisco, Estado de México y Tlaxcala. Cada uno de ellos busca formar parte de la industria con procesos innovadores y en continua transformación. (2014, Daniel).

El proyecto Moldecyt nació con el objetivo de impulsar el sector de manufactura avanzada de moldes, troqueles y herramientas. El proyecto está formado por centros tecnológicos y científicos del CONACYT. Estudios realizados para la aplicación del proyecto determinan que en México existen entre 1,000 y 1,500 empresas especializadas en herramientas; dicha cifra no está certificada ya que no existen datos concisos sobre la industria.

El sector automotriz es de los principales sectores que demandan moldes, herramientas y troqueles y México es uno de los países con un mercado automotriz en potencia. Es por eso la inquietud de la industria por la capacitación del recurso humano.

En México existen cuatro clúster en la industria automotriz:

- **CLAUGTO. Clúster Automotriz de Guanajuato.**
- **Clúster Automotriz del Estado de México.**
- **CLAUT. Clúster Automotriz del Estado de Nuevo León, A.C.**
- **QUERÉTARO AUTOMOTIVE CLUSTER.**

CLAUT. CLÚSTER AUTOMOTRIZ DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN, A.C.



Fundado en el año 2007; pionera en la formación de clúster, con la misión de integrar a la instituciones interesadas en colaborar en el desarrollo de la industria automotriz a través de la creación de proyectos comunes que motiven el crecimiento de la industria.

CLAUT está formado por:

- Empresas
 - Original Equipment Manufacturer.
 - T1.
 - T2.
- Universidades.
- Gobierno

Tabla 6 Datos clúster automotriz del estado de nuevo león, A.C.

	COMPAÑÍAS DE AUTOPARTES			EXPORTACIÓN 2013	# EMPLEOS
	OEMS	T1	T2		
CLAUT	Caterpillar Daimler Navistar International	22	40	\$10,830 MDD	64,179 empleados

Cita. Información obtenida del artículo “Clúster Automotrices, el engranaje de México”. 2014. R.C. Daniel. Clúster Industrial, enlazando negocios.

CLAUGTO. CLÚSTER AUTOMOTRIZ DE GUANAJUATO



Constituido en el 2013 por la necesidad de la empresas instaladas en la región por el desarrollo de tecnología del sector. CLAUGTO tiene como misión el gestionar, desarrollar y compartir estrategias para generar el desarrollo de la industria automotriz en el país que permita una mejor calidad de vida para la sociedad.

CLAUGTO cuenta con el apoyo de:

- Gobierno. Federal, estatal y municipal.
- Empresas
 - Original Equipment Manufacturer.
 - T1.
 - T2.
 - T3.
- Universidades.
- Sociedad

Tabla 7 Clúster automotriz de Guanajuato

	COMPAÑÍAS DE AUTOPARTES				EXPORTACIÓN 2013	# EMPLEOS
	OEMS	T1	T2	T3		
CLAUGTO	GM Honda Mazda BW	110	70	170	\$11,479.44 MDD	54,000 empleados

Cita. Información obtenida del artículo “Clúster Automotrices, el engranaje de México”. 2014.
R.C. Daniel. Clúster Industrial, enlazando negocios.

QUERÉTARO AUTOMOTIVE CLUSTER



Fundado en el 2013 con el objetivo de integrar a las diferentes compañías automotrices, gobierno y sociedad de Querétaro en una sinergia capaz de generar un fortalecimiento en el estado y en la industria misma.

Automotive Cluster está formado por:

- Compañías
 - T1
 - T2
- Escuelas técnicas
- Universidades
- Gobierno

Tabla 8 Querétaro Automotive Cluster

	COMPAÑÍAS DE AUTOPARTES			EXPORTACIÓN 2013	# EMPLEOS
	OEMS	T1	T2		
QUERÉTARO AUTOMOTIVE CLUSTER.	12	67	200	\$8,265 MDD	43,000 empleados

Cita. Información obtenida del artículo “Clúster Automotrices, el engranaje de México”. 2014.
R.C. Daniel. Clúster Industrial, enlazando negocios.

CLÚSTER AUTOMOTRIZ DEL ESTADO DE MÉXICO



Formado en el año 2014 con el objetivo de potencializar y fortalecer las redes de negocios que permitan posteriormente beneficios en la competitividad de la industria automotriz.

Dentro de las que se encuentran son:

- GM
- Chrysler
- Daimler
- FORD
- Autos Mastretta

Los clústers en México representan un sector económico con alto potencial de crecimiento, ya que el aumento y creación de nichos de empresa de la rama automotriz en los últimos años incorpora a nuestro país en un mercado competitivo en el mundo.

EUROPA

La iniciativa de los clústers en Europa viene desde la motivación de la administración pública a través del impulso, promoción y animación para la creación de iniciativas que genere crecimiento económico para el país.

Actualmente la industria automotriz ha venido a la baja en el continente europeo a consecuencia de la difícil situación económica por la que están atravesando la mayoría de los países europeos.

Las últimas cifras muestran una disminución del 7% en las ventas de automóviles para el año 2014, lo que se traduce a 6 de cada 10 empresas en la unión europea está teniendo pérdidas. A pesar de eso, Alemania cuenta con una capacidad de plantas de un 80% a causa de Grupo Volkswagen, BMW y Mercedes, ya que siguen siendo las compañías más rentables en el país. (Foy 2013)

A pesar de ellos los clúster en la unión europea sigue siendo un eslabón importante en el crecimiento industrial del continente; entre los países con mayor índice de participación en la industria en el año 2011 fueron:

- Italia. 7,711 empresas.
- Turquía. 6,529 empresas.
- España 4,177 empresas.
- Polonia 4,061 empresas.
- Alemania 3,827 empresas.

ESTADOS UNIDOS

La cultura de los clusters en Estados Unidos es muy arraigada debido a la elevada especialización en su economía. Lo interesante de la cultura clúster en Estados Unidos es que se desarrolla de manera informal. “Cluster Mapping Project”; es una iniciativa desarrollada por Harvard para el análisis de los sectores de la economía y de esta forma establecer los beneficios de la cultura de la organización de sectores.

Los clúster en Estados Unidos se estudian en dos rubros; Traded Clusters y Local Clusters, los primeros son aquellos que son los motores de las economías regionales, mientras que los segundos están relacionados las economías locales.

Tabla 9 Tipos de Clusters

TRADED CLUSTERS	LOCAL CLUSTERS
<ul style="list-style-type: none"> • Satisface las necesidades nacionales e internacionales. • Se concentra en regiones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Satisface necesidades del mercado local. • Establecido en todas las regiones.

La industria automotriz se ubica en el sector de “Traded Cluster”, ya que es una de las principales actividades industriales del país con innovación y desarrollo en sus procesos; los estados con más índices de participación son:

- Michigan
- Ohio
- Indiana

Dichos estados se especializan en la producción de autopartes.

Las empresas de la industria automotriz que se encuentran en los estados unidos son:

- Honda
- General Motors
- Ford
- Chrysler
- Toyota
- Nissan
- Hyundai-Kia
- BMW
- Mercedes-Benz
- Mazda, Mitsubishi
- Subaru

Centros de capacitación para el diseño y fabricación de herramientas en México

La industria automotriz en México carece de especialistas en la diseño y fabricación de herramientas; ya que son muy pocas las instituciones que brindan la especialización en dicha rama. Entre los principales centros de capacitación se encuentran:

UNIVERSIDADES / INSTITUTOS

➤ **Volkswagen Instituto.**



Es una filial del grupo VW que se encarga de área de recursos humanos especializados para la empresa. Cuenta amplia experiencia en la industria y capacitación técnica a través del centro de Capacitación de personal Técnico.

Para fines de este estudio existe la capacitación técnica en mecánica de banco de troqueles.

Tabla 10 Descripción del instituto

SEDE	ESPECIALIZACIÓN	DESCRIPCIÓN	LIGA
PUEBLA	Mecánica de Banco de Troqueles	La especialización está enfocada a: <ul style="list-style-type: none"> • Construcción de dispositivos. • Mantenimiento de troqueles. • Metrología. • Mecanizado y Soldadura. 	http://www.vwi.com.mx/index.html

- **TECNOLÓGICO DE MONTERREY. Centro de Innovación en Manufactura Avanzada.**



El Centro de Innovación en Manufactura Avanzada fue fundado en el año 2012 con el objetivo de generar un vínculo entre la academia y la industria para la innovación y desarrollo tecnológico en el área automotriz y aeronáutico del país.

Dentro de su oferta se encuentra la especialización en Ingeniería de herramientas. Diseño de moldes de inyección y troqueles.

Tabla 11 Descripción del instituto

SEDE	ESPECIALIZACIÓN	DESCRIPCIÓN	LIGA
QUERETARO	Ingeniería de herramientas. Diseño de moldes de inyección y troqueles.	El centro de innovación cuenta con laboratorios dedicados a la investigación desarrollada por académicos de la universidad; así como los alumnos de los posgrados de la Maestría de Sistemas de Manufactura y Maestría en Ingeniería Automotriz.	

- Dirección General de Centros de Formación para el Trabajo (DGCFT). SEP.



Institución vinculada a la Secretaría de Educación Pública creada con el objetivo de desarrollar las capacidades de la sociedad mexicana a través de capacitación con contenidos académicos de calidad y aplicables a los sectores económicos del país.

Para fines de este estudio el DGCFT cuenta con una oferta educativa en el área de la metalmecánica.

Tabla 12 Descripción del centro

SEDE	ESPECIALIZACIÓN	DESCRIPCIÓN	LIGA
MÚLTIPLES ESTADOS DEL PAÍS.	Metalmecánica	Especializada en:	
		➤ Máquinas y herramientas.	
		➤ Metrología Dimensional.	
		➤ Soldadura y Pailería.	

CENTROS DE INVESTIGACIÓN Y CAPACITACION

- **CIDESI. Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial.**



Fundado en 1984; pertenece al Sistema de Centros del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT. Su objetivo es la investigación e innovación en los sectores productivos del país. Además ofrece servicios especializados y posgrados incorporados en el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad, PNPC.

Para fines de estudios dicho centro cuenta con la especialización en troquelado y estampado metálico.

Tabla 13 Descripción del centro

SEDES	ESPECIALIZACIÓN	DESCRIPCIÓN	LIGA
Querétaro	Diplomado en:	Es un diplomado Teórico –	http://cidesi.com/wsite/educacion/index.php
Nuevo León	“ TROQUELADO Y ESTAMPADO”	práctico	
Parque de Investigación e Innovación Tecnológica, Estado de México		Los instructores están certificados: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Bajo la norma de competencia laboral. ➤ Capacitados y calificados en sus áreas técnicas. 	

<p>Consortio Tecnológico de Baja California. Tijuana.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Certificados de acuerdo a las normas ASNT, ASME, AWS y API. ➤ Certificado en seis sigma.
--	---

➤ **Guanajuato Tecno Parque.**



Es un parque tecnológico que busca generar innovación en tecnología dentro de las universidades, empresas y mercados; su objetivo es impulsar la creación de empresas con una visión innovadora.

El Tecno parque se especializa en:

- Tecnologías de la Información y Comunicación
- Manufactura, Diseño y Nuevos Materiales
- Energía. Medio Ambiente y Agua.

Brinda capacitación a las empresas de su región dependiendo de la demanda de conocimiento y especialización del mismo.

Tabla 14 Descripción del Tecno Parque

SEDES	ESPECIALIZACIÓN	DESCRIPCIÓN	LIGA
Guanajuato	Diseño y oferta de	Cuenta con otros servicios:	http://www.gtp.mx/

- | | |
|---|---|
| <p>cursos de capacitación de acuerdo a la demanda del sector.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Atención a empresas • Observatorio de Tecnología. • Generación de redes. Vinculación. |
|---|---|

➤ **Consultores en Conformado y Procesos de Manufactura S.A. de C.V.**

Fundado en 1999 por un grupo de consultores con el objetivo de brindar capacitación a la industria manufacturera en Latinoamérica. Se especializa en la industria de manufactura que emplea moldes, troqueles o dados en sus procesos.



Tabla 15 Descripción de la consultoría

SEDES	ESPECIALIZACIÓN	DESCRIPCIÓN	LIGA
Monterrey			http://www.c
Querétaro	Cursos para la industria que emplea moldes, troqueles o dados.		onsultorescpm
Puebla			.com.mx/cons
Distrito Federal			ultorescpm/in
			dex.php/es/

➤ **Schuler. Müller Weingarten.**



Es una empresa de servicios y ventas, ya que es el principal contacto con México para la compra, instalación y servicios de prensas. Schuler detectó en el mercado automotriz de México la necesidad de capacitación en Metalmecánica. El programa de capacitación cuenta con dos programas de especialización:

- Mecánica industrial. Máquinas y sistemas técnicos
- Mecánica de troqueles. Estampado y punzado.

Tabla 16 Descripción de la empresa

SEDES	ESPECIALIZACIÓN	DESCRIPCIÓN	LIGA
Puebla	Mecánica de troqueles.	El programa está diseñado bajo normas de regulación alemana. Tiene una duración de tres años. 40% teoría y 60% práctica.	http://www.metalmecanica.com/temas/A-traves-de-Cedual,-Schuler-forma-especialistas-en-metalmecanica-en-Mexico+99113

1.1 DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS A EVALUAR EN EL DISEÑO Y FABRICACIÓN DE HERRAMENTAL.

Existen diferentes tipos de troqueles, a continuación se mencionan brevemente los tres distintos tipos para poder realizar un análisis más detallado para su diseño y fabricación:

- Simples: En estos herramentales se realiza solo una operación por golpe del ariete, la producción es baja y es necesario, la mayoría de las veces, de otros herramentales para terminar la pieza.

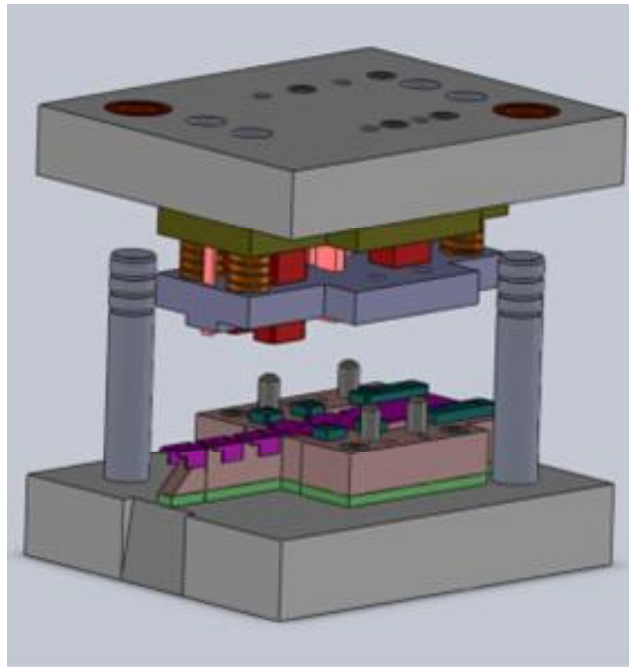


Ilustración 7 Troquel Simple

- Compuestos: Estas herramientas utilizan la fuerza ejercida por el ariete realizando 2 o más operaciones en cada golpe y logrando con esto agilizar el proceso.

- Progresivos: Consisten en diferentes etapas o pasos, en cada paso va cambiando la forma de la pieza de acuerdo a la secuencia determinada por el diseñador, al final del proceso se obtienen las piezas terminadas.

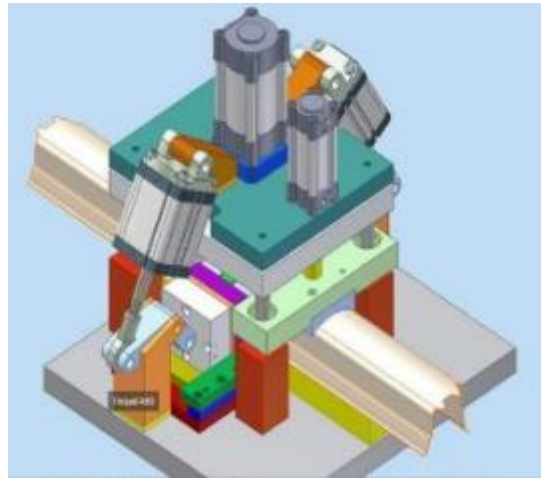


Ilustración 8 Troquel compuesto

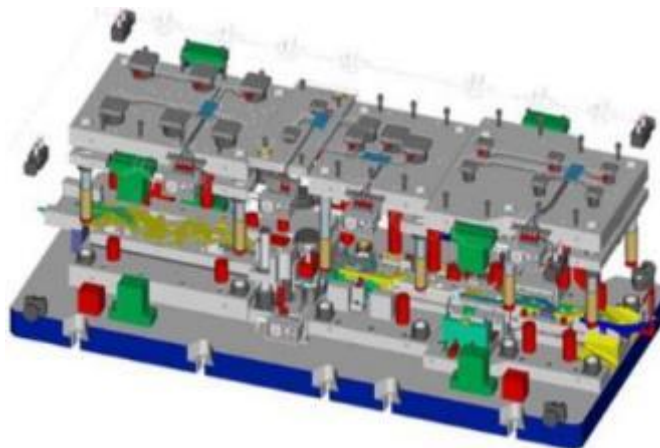


Ilustración 9 Troquel progresivo

De acuerdo a su función, los anteriores tipos de troqueles se clasifican de la siguiente manera:

- Cortantes
- Punzonadores
- De embutición
- Dobladores
- Conformadores

Definiendo los parámetros para evaluar el diseño y la fabricación del herramental nos encontramos que el primer paso para diseñar y construir un herramental es analizando la pieza que se va a fabricar y así determinar el proceso de fabricación más adecuado y económico.



Ilustración 10 Piezas troqueladas

Los siguientes aspectos se deben tomar en cuenta para el diseño de un troquel.

- Tolerancias de la pieza.
- Funcionalidad del troquel.
- Economía.
- Incrementar la producción.
- Cuantas operaciones se realizan por ciclo.



Ilustración 11 Diseño de troquel

Fases en el funcionamiento de un troquel

Las fases fundamentales para el funcionamiento de un troquel, considerando la posición abierta son las siguientes.

- El descenso lo realizan juntos la placa superior y la pisadora con todos sus componentes.
- El siguiente paso se produce cuando la cuña superior toca con la cuña inferior, iniciándose en ese momento el desplazamiento lateral de esta.

Parámetros de evaluación de herramientas.

Aspectos de Manufacturabilidad

- Dirección de grano del material
- Aberturas o barrenados su forma y la localización de las aberturas en la pieza
- Dobleces y otras alteraciones en las tres dimensiones de la parte plana
- Contorno de la pieza y su tamaño

- Rangos de tolerancias aplicables
- Acabado superficial, planicidad, rectitud y permisibilidad de rebabas

Información técnica

- Especificaciones del plano de fabricación
- Material a troquelar
- Forma y dimensiones de la pieza a obtener
- Tolerancias de forma y posición
- Acabado superficial
- Características funcionales del troquel
- Tipo de producción
- Vida útil esperada
- Máquina de troquelado prevista
- Especificaciones de pedido del troquel
- Formas que plantean dificultades para el contenido

Determinación de la configuración del troquel

- Selección de materiales
- Resistencia
- Acabados
- Costes
- Mantenimiento
- Calidad
- Prevención de riesgos laborales y protección ambiental
- Tratamientos superficiales
- Tratamientos térmicos

- Características y limitaciones de los procesos y medios empleados en su fabricación y utilización posterior
- Especificaciones de homologación
- Optimización de conjuntos

Dimensionamiento de componentes y sistemas del troquel

- Análisis de esfuerzo o carga
- Fenómeno que provoca el esfuerzo o carga
- Cálculo de torsión, flexión, cizalladura, compresión, rotura, fluencia, entre otros.
- Coeficientes de seguridad (ciclos de vida, fatiga)
- Forma y dimensión de los elementos de troqueles (estructuras, elementos de unión, entre otros)
- Elementos normalizados (tornillos, pasadores, chavetas, guías , entre otros)

1.2 EN LISTA LOS PROCEDIMIENTOS, NORMAS Y CRITERIOS QUE SE SIGUEN EN EL DISEÑO Y FABRICACIÓN DE HERRAMENTAL.

NORMAS

Con el surgimiento de la norma de calidad ISO 9000 en 1994, nacieron 4 sistemas de evaluación de calidad enfocados exclusivamente a la industria automotriz, los cuales se encargaron de mantener la producción de automóviles con una calidad regulada; sin embargo, los estándares fueron establecidos por países quedando de la siguiente manera: QS-9000 (E.U.), VDA6.1 (Alemania), AVSQ (Italia) y EAQF (Francia).

El estándar VDA6 regulaba la calidad de los constructores de vehículos alemanes, mediante esta, el organismo certificador declaraba que la empresa en cuestión había obtenido la confianza en el sistema de gestión de calidad. La especificación técnica QS-9000 era la homóloga en el territorio estadounidense, supervisando la calidad en empresas automovilísticas como General Motors. En Francia la norma encargada de llevar a cabo la revisión del sistema de calidad era la EAQF94, la cual valoraba el trabajo de: Peugeot, Citroën y Renault; finalmente, la AVSQ fue la reguladora de dicha tarea en Italia.

En respuesta a la falta de un estándar globalizado para la gestión de calidad a nivel mundial, la IATF (siglas en inglés para International Automotive Task Force) en conjunto con el comité ISO desarrollaron, en el año 2002, la certificación ISO/TS 16949 que unifica todas las normas establecidas previamente. En su última versión, lanzada en el 2009, la norma es implementada casi de manera indispensable por todos los fabricantes y proveedores de piezas para la industria automotriz.

Además, existe una gran variedad de Normas Españolas (UNE) como las que se pueden ver a continuación en la siguiente tabla:

TABLA DE NORMAS ESPAÑOLAS (UNE)

Tabla 17 Normas UNE

UNE	37 501 IR	Galvanización en caliente, características y métodos de ensayo.
UNE	37 505 IR	Recubrimientos galvanizados en caliente sobre tubos de acero
UNE	37 507	Recubrimientos galvanizados en caliente de tornillería y otros elementos de fijación
UNE	37 508	Recubrimientos galvanizados en caliente de piezas y artículos diversos.
UNE	37 551	Recubrimientos electrolíticos de níquel y cromo
UNE	37 552	Recubrimientos electrolíticos de cinc y cadmio sobre base férrea
UNE	27 553	Recubrimientos electrolíticos de cinc y cadmio sobre tornillería con rosca métrica
UNE	112 001	Recubrimientos metálicos y otros recubrimientos no orgánicos
UNE	112 004 94	Corrosión de metales y aleaciones, vocabulario.
UNE	112 024 94	Recubrimientos electrolíticos y operaciones relacionadas
UNE	112 030 94	Recubrimientos metálicos. Depósitos electrolíticos de oro y sus aleaciones para usos industriales.
UNE	112 032 94	Recubrimientos metálicos. Depósitos electrolíticos de níquel.
UNE	112 033 94	Recubrimientos metálicos. Depósitos electrolíticos de níquel mas cromo y de cobre
UNE	112 039 94	Recubrimientos electrolíticos de aleación de estaño-níquel. Especificaciones y métodos de ensayo.
UNE	112 040 94	Recubrimientos electrolíticos de aleación estaño plomo. Especificaciones y métodos de ensayo.
UNE	112 041 94	Recubrimientos metálicos. Depósitos electrolíticos de estaño.
UNE	112 051 94	Capas de conversión fosfatantes sobre metales.

Como se observa, dependiendo del objeto, o del procedimiento para fabricación del mismo, cada tratamiento tiene asignada una norma que es la que se encarga de gestionar la calidad de cada pieza. El código manejado en la segunda columna se interpreta de la siguiente manera:

Norma	A	B	C
UNE	1	032	82

A: comité técnico de normalización del que depende la norma;

B: número de norma emitida por dicho comité, complementado cuando se trata de una revisión 'R', una modificación 'M' o un complemento 'C';

C: año de edición de la norma.

Por último, hace poco más de un año, en febrero del 2013 fue aceptado como estándar ISO la extensión "JT" derivada del software de desarrollo 3D, PLM de Siemens. Esta aprobación se debe a que las empresas podrán utilizar un software de manejo de datos ligeros en 3D sin depender de las extensiones o el uso obligatorio de programas de los diversos proveedores.

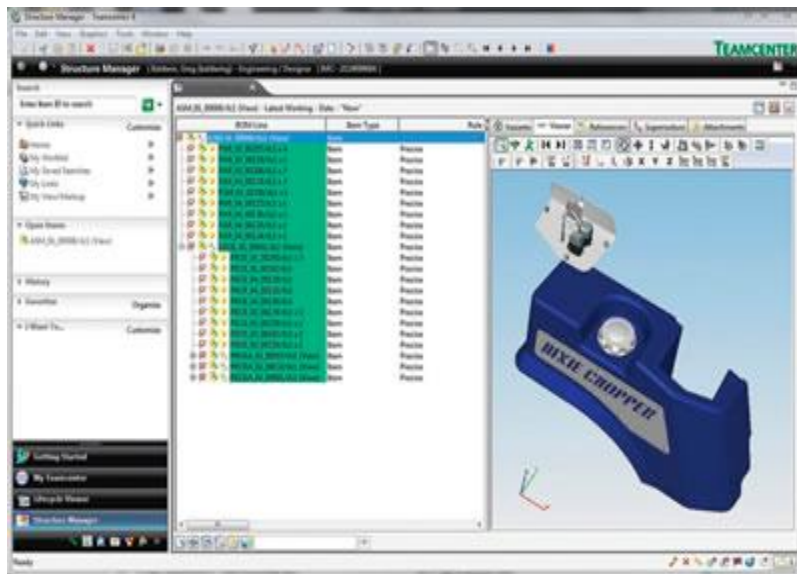


Ilustración 12 Ejemplo de tipo de datos JT

En la imagen anterior podemos apreciar el Entorno de Desarrollo (IDE por sus siglas en inglés), del tipo de datos implementado bajo la norma "ISO IS14306", misma que como es sabido, llega para eliminar problemas a los empresarios que dependían de licencias para el correcto funcionamiento de sus archivos en 3D. Esta norma es muy importante puesto que influye directamente en el análisis de elemento finito realizado en la etapa de diseño de un herramental.

Norma TS-16949

Se sabe que los principios de gestión de calidad establecidos en la norma ISO 9000 e ISO 9004 se han tenido en cuenta en el desarrollo de esta norma.

La adopción y adaptación de un SGC debería ser una decisión estratégica para su organización. Hay varios factores que influyen en el diseño e implementación de su SGC. Estos incluyen: las diferentes necesidades, objetivos particulares, los productos suministrados, los procesos empleados y el tamaño y la estructura de la organización. La norma ISO 9001 no requiere uniformidad de la estructura del SGC o documentación.

Los requisitos especificados en el SGC ISO 9001, son complementarios a los requisitos para el producto. La información identificada como "NOTA" presenta orientación para la comprensión o clarificación del requisito.

Esta norma internacional pueden utilizarla personas internas y externas, incluyendo organismos de certificación, para evaluar la capacidad de una organización para satisfacer al cliente, cumpliendo con reglamentos internacionales y los propios de la organización.

El ISO 9001:2000 o la versión que la empresa maneje, es una poderosa herramienta de negocios que las organizaciones pueden utilizar para lograr este objetivo. Las organizaciones utilizan la norma ISO 9001 para alcanzar las metas y objetivos relacionados a la misma respecto a los requerimientos regulatorios y la mejora de la satisfacción del cliente.

Si bien la atención se centra en la gestión de la calidad, la ISO 9001, como modelo de negocio se puede aplicar del mismo modo que para gestionar toda la organización. La norma incorpora conceptos de negocio y los principios universalmente reconocidos y aplicados para la buena gestión empresarial. Como tal, la norma ISO 9001 debe ser utilizada como una herramienta de gestión empresarial estratégica.

Es importante señalar que la norma ISO 9001 no especifica los requisitos para el producto. El enfoque de todos los requisitos de ISO 9001 se encuentra en su SGC y sus procesos. De forma efectiva el control y la mejora continua de los procesos del SGC tendrán un impacto positivo en el rendimiento del producto de calidad y conformidad con los requisitos del cliente.

La norma ISO 9001 define un conjunto genérico de requisitos para todas las organizaciones, independientemente del sector, tamaño, complejidad o la industria. Estos requisitos ayudan a definir los controles para el sistema de gestión de calidad, el cual se centra en mejorar continuamente la eficacia del mismo en el cumplimiento de los requisitos del cliente y la satisfacción del cliente.

El propósito de una organización es identificar y satisfacer las necesidades y expectativas de sus clientes y otras partes interesadas, así como obtener una ventaja competitiva. Una de las estrategias que se pueden utilizar para lograr este objetivo es la mejora continua de la eficacia y eficiencia de sus capacidades.

Por otro lado, el TS 16949:2002 se basa en todos los requisitos, principios y conceptos incluidos en la norma ISO 9001, y va más allá en la especificación de requisitos adicionales y complementarios que son específicos para el sector del automóvil. Se debe asegurar que el alcance de su SGC aborde todos los requerimientos del cliente. Los requisitos del cliente pueden aparecer en los contratos, planos, manuales de calidad a sus proveedores, o también pueden provenir de las normas de referencia aplicables a la industria, la regulación y los códigos, etc.

Es importante señalar que la certificación ISO 9001 no debe ser el objetivo final de la implementación del SGC. Su objetivo debe estar fijo para mejorar continuamente la eficacia y la eficiencia de la organización para el beneficio de todos sus grupos de interés. La obtención de la certificación debe ser considerada sólo como un paso más en este viaje. Las organizaciones que entienden y siguen este enfoque obtienen el mayor beneficio del desarrollo y la implementación del SGC.

En la actualidad, el uso de la certificación ISO 9001 como requisito para la toma de decisiones contractuales es una práctica común. Una tractora automotriz (Original Equipment Manufacturer) exige a sus proveedores directos (nivel 1=Tier 1) que ellos y sus proveedores de productos manufacturados y servicios relacionados cuenten con la TS 16949.

Las organizaciones que implementan la norma ISO 9001 cuentan con un SGC que debe cumplir con todos los requisitos que especifica el estándar. Esto brinda a las partes internas y externas (clientes, los distribuidores autorizados y los organismos reguladores), la base (es decir, un punto de referencia) con el que se evalúa la capacidad de las organizaciones para satisfacer las necesidades de los clientes, reguladores e internos.

El personal que realice las evaluaciones del SGC debe tener una formación adecuada sobre los requisitos de la norma ISO 9001 y las prácticas de auditoría según lo definido por la norma ISO 19011, estar familiarizado con su SGC, los requisitos del cliente y los reglamentos aplicables.

El diseño del SGC y su aplicación puede variar de una organización a otra. El ISO 9001 permite esta flexibilidad porque las organizaciones pueden tener diferentes metas y objetivos, los riesgos del negocio pueden variar, así como el alcance y la complejidad de los productos, procesos y recursos, también puede variar el tamaño de la organización y la estructura, competencia laboral y la estabilidad, etc. Esta flexibilidad puede estar relacionada con el alcance del SGC, su estructura, documentación o la aplicación de la norma ISO 9001.

El propósito de la especificación técnica **ISO/TS 16949** es el desarrollo de un sistema de gestión de calidad con el objetivo de una mejora continua enfatizando en la prevención de errores y la reducción de desechos de la fase de producción. TS 16949 se aplica en las fases de diseño/desarrollo de un nuevo producto, línea de producción, o instalación y servicio de productos relacionados con el mundo de la automoción. Está basado en el estándar ISO 9000.

Los requerimientos son aplicables a lo largo de toda la cadena de producción. Recientemente también las plantas de ensamblaje de vehículos se están confrontando con la certificación ISO/TS 16949. La ISO/TS 16949:2002 nace por la necesidad de evitar la dualidad entre requerimientos de VDA 6.1 (Automotriz Alemana), EAFQ (Francia), AVQS (Italia) y QS-9000 (Automotriz Estadounidense). ISO/TS 16949 se considera favorable ante los esquemas de gestión anteriores, a los que reemplaza. La versión actual de la especificación es la ISO/TS 16949:2009.

La industria de automotriz global exige niveles de primera categoría para la calidad del producto, productividad, competitividad y mejora continua. Para alcanzar esta meta, muchos fabricantes de vehículos insisten en que los proveedores se adhieran a las rigurosas especificaciones técnicas que establecen las normas de gestión de la calidad para proveedores del sector de automotriz conocidas como ISO /TS 16949.

ISO/TS 16949 ha sido concebida por la propia industria, el grupo de trabajo internacional sobre el sector automotriz IATF (siglas en inglés para International Automotive Task Force), para alentar mejoras en la cadena de suministro y en el proceso de certificación. De hecho, para la mayoría de los fabricantes de vehículos principales la certificación para esta norma es un requisito obligatorio para hacer negocios.

Esta especificación unifica y sustituye las normas de sistemas de calidad automotriz norteamericanas, alemanas, francesas e italianas existentes, incluidas las normas QS-9000, VDA 6.1, EAQF y ASQ. También especifica los requisitos a los sistemas de calidad para el diseño/desarrollo, fabricación, instalación y servicio de cualquier producto del sector automotriz. Se publicó por primera vez en marzo de 1999 y se revisó en 2002. Actualmente, hay más de 25,000 certificados emitidos en 80 países y economías.

¿Para quién es significativo?

ISO/TS16949 es importante para todos los tipos de compañías proveedoras del sector automotriz tanto para pequeños fabricantes como para organizaciones multinacionales ubicadas en cualquier punto del planeta. Sin embargo, sólo se puede aplicar a centros en los que se fabriquen piezas para la producción o el servicio.

Las organizaciones que desean introducirse en el mercado automotriz deben esperar hasta que estén en una lista de proveedores potenciales de un cliente del sector antes de poder continuar con la certificación para esta especificación.

Licencia para el comercio

Para la mayoría de los fabricantes de vehículos la certificación es un requisito obligatorio reconocido internacionalmente que ayuda a hacer negocios en cualquier lugar del mundo.

Reduce los residuos y evita los defectos

La especificación se basa en ISO 9001 e impulsa un enfoque por procesos. La comprensión de la interrelación de los procesos gracias al uso de la norma puede permitir la mejora de calidad de los productos y procesos y, en definitiva, evita las variaciones en la cadena de suministro.

Flexible y fácil de adoptar

La ISO /TS 16949 se basa en ISO 9001 y hace que el enfoque por procesos sea fácil de adoptar e integrar con otros sistemas de gestión clave, como ISO 14001 de medio ambiente y OSHAS 18001 Salud y seguridad en el trabajo. Asimismo complementa muchas herramientas para la mejora de la actividad empresarial, como FMEA, PPAP y Six Sigma.

Reputación de la marca

La certificación puede otorgar más confianza y coherencia frente a todas las partes interesadas del comercio internacional y brindar más oportunidades de negocio, así como captar más posibilidades de inversión.

Ahorra dinero al evitar la duplicidad

Para los proveedores de una serie de distintos fabricantes de vehículos, la certificación según TS 16949 evita la necesidad de disponer de varios certificados para VDA6.1, EAQF, QS-9000 t AVSF, por lo que se elimina la duplicidad en la preparación, documentación y en las auditorías externas e independientes.

ISO (Organización Internacional para la Estandarización) es una federación mundial de organismos de normas internacionales (Miembros de ISO). El trabajo de preparación de Normas Internacionales se realiza regularmente a través del comité técnico de ISO. Cada organismo miembro que esté interesado en algún tema para el cual se haya establecido un comité técnico tiene derecho a ser representado en dicho comité. Las organizaciones internacionales, gubernamentales y no gubernamentales en enlace con ISO también toman parte en los trabajos de preparación.

Las normas internacionales son bosquejadas de acuerdo con las reglas ofrecidas en las directrices de ISO/IEC parte 3.

Las normas internacionales preliminares y adoptadas por comités técnicos son distribuidas a los organismos miembros para votación.

En otras circunstancias, cuando el mercado tenga algún requerimiento urgente para dichos documentos, el comité técnico puede decidir publicar otros tipos de documentos normativos:

- Una Especificación Disponible publicada por ISO (ISO/PAS) representa un acuerdo entre expertos técnicos dentro de un grupo de trabajo de ISO y es aceptada para publicación si se aprueba por el 50% de los miembros del comité en cuestión y los votos emitidos;
- Una Especificación Técnica de ISO (ISO/TS) representa un acuerdo entre los miembros de un comité técnico y es aceptada para publicación si se aprueba por dos terceras partes de los miembros del comité que hayan emitido algún voto.

Las especificaciones ISO/PAS o ISO/TS son revisadas después de ser emitidas a los tres años con la finalidad de decidir si puede transformarse en una Norma Internacional. Si es confirmada posteriormente se revisa cada seis años.

La **ISO/TS 16949: 2002** fue preparada por el grupo de trabajo automotriz internacional (IATF) y la asociación de fabricantes de automóviles Japoneses (JAMA), y el soporte de ISO/TC 176.

Observaciones para la Certificación

La certificación con esta Especificación Técnica, incluyendo requerimientos específicos de los clientes si existen, es reconocida por los clientes miembros de IATF cuando se logre de acuerdo al esquema de certificación de IATF.

Normas ISO 9000

La adopción de un Sistema de Administración de Calidad debiera ser una decisión estratégica de la organización. El diseño e implantación del Sistema de Administración de Calidad de una organización es influenciado por diversas necesidades, objetivos particulares, los productos que ofrece, los procesos empleados y el tamaño y estructura de la organización misma. No es intención de esta Norma Internacional el buscar uniformidad en la estructura de los sistemas de administración de calidad o uniformizar la documentación.

Requerimientos del sistema de administración de calidad– ISO 9001

Enfoque de Procesos

Esta Norma Internacional promueve la adopción de un enfoque a procesos en el desarrollo, implantación y mejora de la efectividad de un Sistema de Administración de Calidad, para incrementar la satisfacción del cliente mediante el cumplimiento de sus requerimientos. Para que una organización funcione en forma efectiva, tiene que identificar y administrar un cierto número de actividades relacionadas. Una actividad que hace uso de recursos, y se administra a fin de permitir la transformación de entradas en resultados, puede ser considerada como un proceso. A menudo, el resultado de un proceso se convierte en la entrada del siguiente.

La aplicación de un sistema a través de procesos en una organización, junto con la identificación e interacción de tales procesos y su administración, se consideran como un "Enfoque a Procesos". Una ventaja del enfoque a procesos es el control continuo que ofrece sobre el enlace entre los diferentes procesos individuales dentro del sistema de procesos mismo, así como en su combinación e interacción.

Cuando se use dentro de un Sistema de Administración de Calidad tal enfoque hace énfasis en la importancia de:

- a) Entender y cumplir requerimientos,
- b) La necesidad de considerar procesos en términos de valor agregado,
- c) Obtener resultados del desempeño y efectividad de los procesos, y
- d) La mejora continua de los procesos en base a la medición de objetivos.

NOTA: La metodología conocida como "planear-hacer-verificar-actuar" (PHVA) puede aplicarse a todos los procesos. PHVA puede describirse brevemente como:

- ❖ Planear: Establecer los objetivos y procesos necesarios para lograr resultados de acuerdo con los requerimientos de los clientes y las políticas de la organización.
- ❖ Hacer: Implantar/Ejecutar los procesos.
- ❖ Verificar: Monitorear y medir los procesos y productos contra las políticas, objetivos y requerimientos de los productos y reportar resultados.
- ❖ Actuar: Tomar acciones para mejorar continuamente el desempeño de los procesos.

Norma ASME Y14, 5 Geometry-Dimensioning-Tolerancing (GD&T)

El estudio de las tolerancias geométricas es una analogía con construir un edificio; si se busca que un edificio cumpla con ciertas características como: resistencia, durabilidad, diseño, etc. en primer lugar se deben establecer cimientos sólidos que permitan determinar todas las demás características. De igual manera, para que el conocimiento sobre las tolerancias geométricas sean resistentes y duraderos se debe iniciar con cimientos sólidos.

La importancia de la posición y localización en las GD&T

El dimensionamiento y tolerancias geométricas se utilizan para definir la geometría nominal de las partes y ensambles, para definir la variación permitida en la forma y tamaño posibles de las características individuales, y para definir la variación permitida entre las características. El dimensionamiento y tolerancias geométricas y las especificaciones de dimensionamiento y tolerancias se utilizan como sigue:

- Dimensionamiento para definir las especificaciones nominales del modelo o la geometría. Un ejemplo es una dimensión básica.
- Definir las especificaciones de tolerancias admisibles para la variación de la forma y posiblemente, el tamaño de las características individuales, además de la variación permitida en la orientación y su ubicación.

¿En realidad es una mejor alternativa al dimensionamiento?

Todas las piezas pasan por un proceso de fabricación. Existe una variación en todos los procesos de fabricación, estas variaciones son reflejadas en las piezas finales. Debe de haber una manera de inspeccionar una parte para asegurar que cumple con las especificaciones requeridas. Lo que es más importante, la parte debe llevar a cabo su tarea o función prevista. Para lograr todo esto la pieza debe estar claramente definida. En la mayoría de los casos esta definición se lleva a cabo en un dibujo de detalle o dentro de un archivo CAD.

Cuando se utiliza correctamente la norma GD & T, se reciben las preguntas correctas (hechas al inicio del programa), se simplifica el dibujo técnico y se relacionan directamente las necesidades del cliente con las especificaciones de productos y el control de procesos.

GD&T se utiliza en circunstancias en que es necesario que todas las operaciones tengan controles, ya que éste fue diseñado para posicionar características de operaciones. En resumen los diseñadores deberán usar tolerancias en las piezas con GD&T cuando:

- ☞ La delimitación e interpretación de los dibujos necesita hacerse de la misma manera.
- ☞ Las operaciones son críticas para la función y la intercambiabilidad de las partes.
- ☞ Es importante dejar de desechar partes buenas.
- ☞ Es importante reducir los cambios en los dibujos.
- ☞ Se requiere de calibración funcional.
- ☞ Es importante incrementar la productividad.
- ☞ Se buscan eliminar ambigüedades de interpretación.
- ☞ Se buscan reducir altos costos de manufactura.
- ☞ Se quiere ahorrar dinero en la etapa de diseño

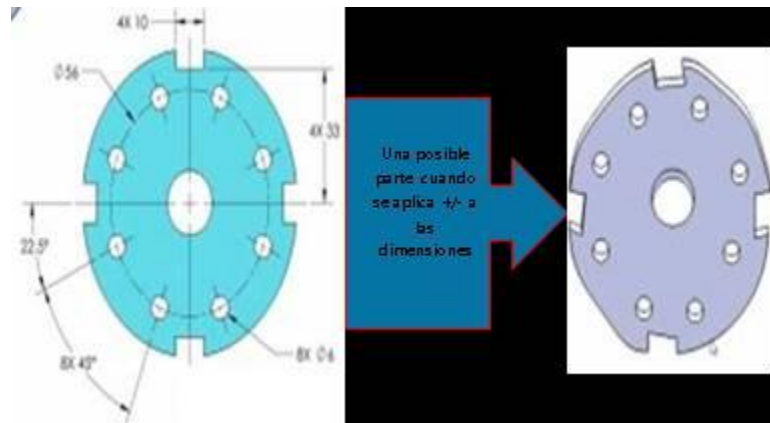


Ilustración 13 Dibujo sin tolerancias

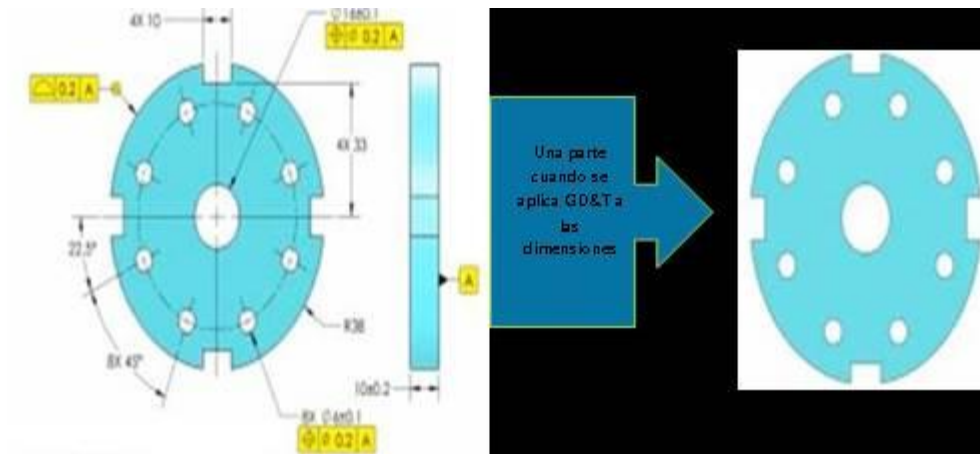


Ilustración 14 Dibujo con dimensionamiento y tolerancias GD&T

Posición y Localización


La acotación es el trabajo más complejo del dibujo técnico, ya que para una correcta acotación de un dibujo, es necesario conocer, no solo las normas de acotación, sino también, el proceso de fabricación de la pieza, lo que implica un conocimiento de las máquinas-herramientas a utilizar para su mecanizado. Para una correcta acotación, también es necesario conocer la función adjudicada a cada dibujo, es decir si servirá para fabricar la pieza o para verificar las dimensiones de la misma una vez fabricada, etc.

Los principios generales de acotación consideran que el dibujo de una pieza o mecanismo está correctamente acotado cuando las indicaciones de cotas utilizadas son las mínimas y son suficientes y adecuadas para permitir la fabricación de la misma. Esto se traduce en los siguientes principios generales:

1. Una cota solo se indicará una sola vez en un dibujo, salvo que sea indispensable repetirla.
2. No debe omitirse ninguna cota.

3. Las cotas se colocarán sobre las vistas que representen más claramente los elementos correspondientes.
4. Todas las cotas de un dibujo se expresarán en las mismas unidades, en caso de utilizar otra unidad, se expresará claramente, a continuación de la cota.
5. No se acotarán las dimensiones de aquellas formas que resulten del proceso de fabricación.
6. Las cotas se situarán por el exterior de la pieza. Se admitirá el situarlas en el interior, siempre que no se pierda claridad en el dibujo.
7. No se acotará sobre aristas ocultas, salvo que con ello se eviten vistas adicionales, o se aclare sensiblemente el dibujo. Esto siempre puede evitarse utilizando secciones.
8. Las cotas se distribuirán, teniendo en cuenta criterios de orden, claridad y estética.
9. Las cotas relacionadas como el diámetro y profundidad de un agujero, se indicarán sobre la misma vista.
10. Debe evitarse la necesidad de obtener cotas por suma o diferencia de otras, ya que esto puede implicar errores en la fabricación.

Entre los elementos que intervienen en el proceso de acotación de un dibujo, además de la cifra de cota, están líneas y símbolos, que variarán según las características de la pieza y elemento a acotar. Todas las líneas que intervienen en la acotación, se realizarán con el espesor más fino de la serie utilizada. Los elementos básicos que intervienen en la acotación son:

-  Líneas de cota: Son líneas paralelas a la superficie de la pieza que es objeto de medición.

- ✎ Cifras de cota: Es un número que indica la magnitud. Se centra en la línea de cota, interrumpiéndola o sobre la misma, sin embargo en un mismo dibujo se seguirá un solo criterio.
- ✎ Símbolo de final de cota: Las líneas de cota serán terminadas en sus extremos por un símbolo, que podrá ser una punta de flecha, un pequeño trazo oblicuo a 45º o un pequeño círculo.
- ✎ Líneas auxiliares de cota: Son líneas que parten del dibujo de forma perpendicular a la superficie a acotar, y limitan la longitud de las líneas de cota. Deben sobresalir ligeramente de las líneas de cota, aproximadamente en 2 mm. Excepcionalmente, pueden dibujarse a 60º respecto a las líneas de cota.
- ✎ Líneas de referencia de cota: Sirven para indicar un valor dimensional, o una nota explicativa en los dibujos, mediante una línea que une el texto a la pieza. Las líneas de referencia terminarán en flecha cuando acaben en un contorno de la pieza. Las líneas terminaran en punto, cuando acaben en el interior de la pieza. Las líneas no tendrán ni flecha ni punto, cuando acaben en otra línea. La parte de la línea de referencia donde rotula el texto se dibujará paralela al elemento a acotar, si este no quedase bien definido, se dibujará horizontal, o sin línea de apoyo para el texto.
- ✎ Símbolos: En ocasiones, a la cifra de cota le acompaña un símbolo indicativo de características formales de la pieza que simplifican su acotación, y en ocasiones permiten reducir el número de vistas necesarias, para definir la pieza.

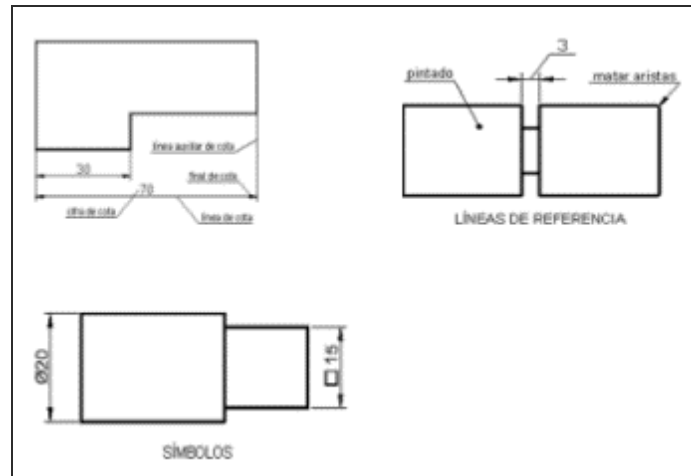


Ilustración 15 Organización moderna orientada al cliente

En función de su importancia, las cotas se pueden clasificar en:

- ✎ Cotas funcionales (F): Son aquellas cotas esenciales para que la pieza pueda cumplir su función.
- ✎ Cotas no funcionales (NF): Son aquellas que sirven para la total definición de la pieza pero no son esenciales para que la pieza cumpla su función.
- ✎ Cotas auxiliares (AUX): También se les suele llamar "de forma". Son las cotas que dan las medidas totales, exteriores e interiores, de una pieza. Se indican entre paréntesis.

Estas cotas no son necesarias para la fabricación o verificación de las piezas, y pueden deducirse de otras cotas. En función de su cometido en el plano, las cotas se pueden clasificar en:

- Cotas de dimensión (d): Son las que indican el tamaño de los elementos del dibujo (diámetros de agujeros, ancho de la pieza, etc.).

- Cotas de situación (s): Son las que concretan la posición de los elementos de la pieza.

Una tolerancia de posición define una zona en la que el eje o plano central puede variar desde la posición real (teóricamente exacta). Las dimensiones básicas establecen la posición real a partir de los datos y entre características interrelacionadas. Una tolerancia de posición es la variación total admisible entre la situación de una característica y su situación exacta. Para características cilíndricas como agujeros y diámetros externos, la tolerancia de posición es, por lo general, el diámetro de la zona de tolerancia, donde se deben situar los ejes de la característica. Para las características que no sean redondeadas, como ranuras y lengüetas, la tolerancia de posición es el ancho de la zona de tolerancia donde se debe situar el centro del plano de la característica.

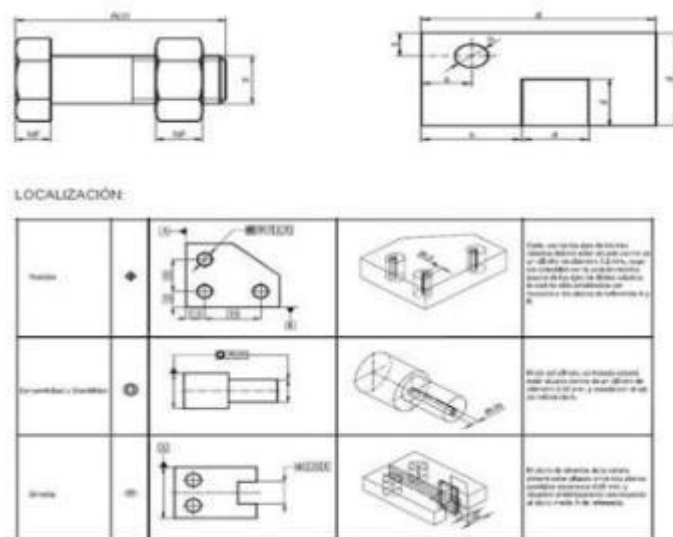


Ilustración 16 Organización moderna orientada al cliente

1.3 IDENTIFICACIÓN DE RUTAS CRÍTICAS CON SUS CUELLOS DE BOTELLA EN EL DISEÑO Y FABRICACIÓN DE HERRAMENTAL.

Así como un proceso de diseño y fabricación se vuelve más complejo, más factores pueden causar un cuello de botella. La causa podría ser algo tan simple como una máquina que es demasiado pequeña, como sucede con el horno, o podría estar relacionado con la forma en que los lotes están programados, los empleados trabajan, u otras decisiones de gestión, para solucionar esto se sugieren:

1. Crear un diagrama de flujo que represente el proceso de producción como una serie de pasos en función de las instrucciones utilizadas para fabricar el producto. Cada paso debe representar el uso de un recurso ya sea un empleado o una máquina.
2. Calcular el perfil de recursos de capacidad teórica, o porcentaje de uso, para cada paso. Es necesario comenzar con el número de unidades por hora que se pueden desarrollar en la primera etapa. Este número deberá ser transferido a cada paso, incluso si la respuesta no es posible.
3. Comparar el porcentaje de capacidad para cada paso. El que tiene el valor más alto es el cuello de botella actual.
4. Confirmar los cálculos por observación. Revisar el proceso de producción mientras se desarrolla. Es necesario conversar con los operadores, los supervisores y el personal relacionado. Es necesario también buscar lugares donde algo no está fluyendo adecuadamente. Esto puede ser un apilamiento de inventario, gente esperando algo que hacer, o algo que cuando se descompone ocasione que el proceso se detenga. Si la

respuesta calculada indica un verdadero cuello de botella entonces habrá evidencia física.

5. Se debe repetir el proceso tantas veces como sea necesario. Cuando se arregla un cuello de botella se revelará otro hasta que todo el proceso de producción esté funcionando de acuerdo a la capacidad total.

Diagrama ruta crítica para cuellos de botella.

A continuación se especifica de manera general las especificaciones que debe de llevar una ruta crítica para los cuellos de botella que se presentan en la industria automotriz.

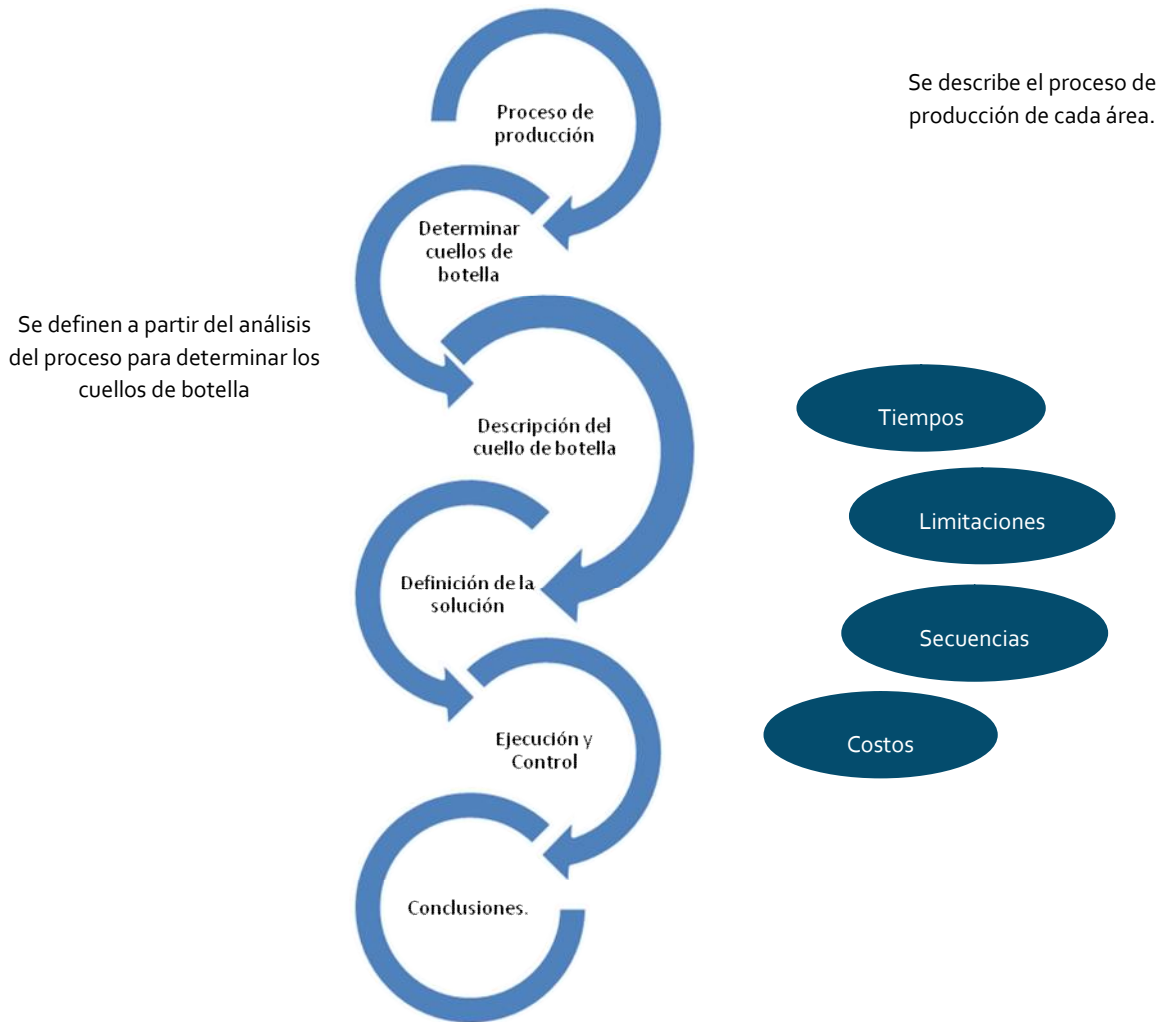



Ilustración 17 Diagrama ruta crítica



DIAGNÓSTICO PARA CORREGIR FALLAS DE DISEÑO, FABRICACIÓN Y REPARACIÓN DE HERRAMENTALES PARA EL ESTAMPADO DE PIEZAS AUTOMOTRICES

CAPÍTULO 2

CAPÍTULO 2

II. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Describir en forma general los problemas que se presentan en el diseño y fabricación de herramental.
2. **Examinar el funcionamiento de los equipos, para determinar las posibles mejoras que se deben implementar.**
3. Parametrizar la descripción del diseño y fabricación de herramientas, así como el funcionamiento de los equipos.
4. Modelar los parámetros creados, con la creación de objetos de aprendizaje, que sirvan de base en la optimización de diseños y fabricación de herramientas y del funcionamiento de los equipos
5. Desarrollo de técnicas de capacitación para el personal y orientando las nuevas prácticas hacia la innovación.

2. EXAMINAR EL FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS PARA DETERMINAR LAS POSIBLES MEJORAS QUE SE DEBEN IMPLEMENTAR.

2.1 DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE EVALUACIÓN EN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS HERRAMENTALES

Fases en el funcionamiento de un troquel

Las fases fundamentales para el funcionamiento de un troquel, considerando la posición abierta son las siguientes.

- El descenso lo realizan juntos, la placa superior y la pisadora con todos sus componentes.
- El siguiente paso se produce cuando la cuña superior toca con la cuña inferior, iniciándose en ese momento el desplazamiento lateral de esta.

Elementos de un troquel:

Podemos observar en la siguiente figura los elementos principales que componen un troquel, estos elementos se enlistan a continuación:

- Porta-punzón
- Punzón
- Soportes para transportación
- Postes
- Matriz
- Placa inferior
- Pernos localizadores
- Porta matriz
- Guías

- Tasas
- Sufridera

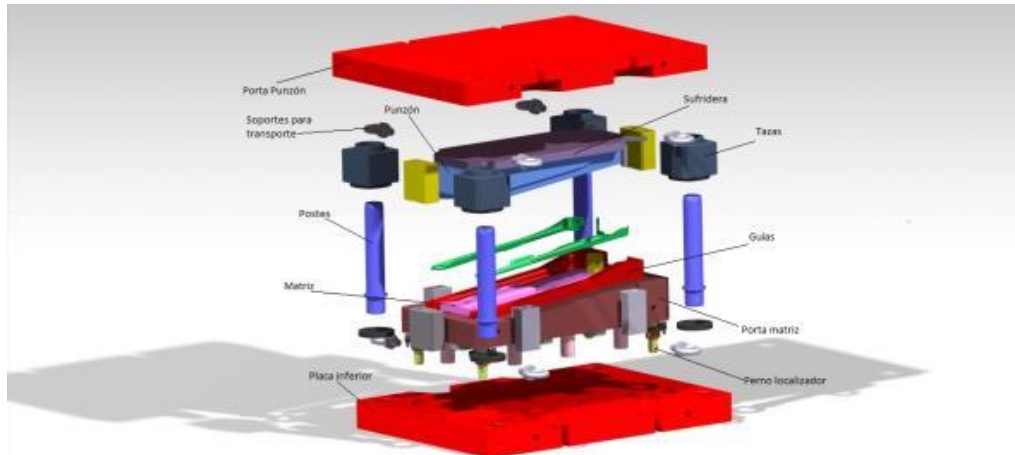


Ilustración 18 Vista de Componentes de un troquel

El método de una operación de corte de un herramental inicia con el punzonado o corte de la chapa. Este corte se realiza de diferentes maneras, a continuación se describe el punzonado de chapa.

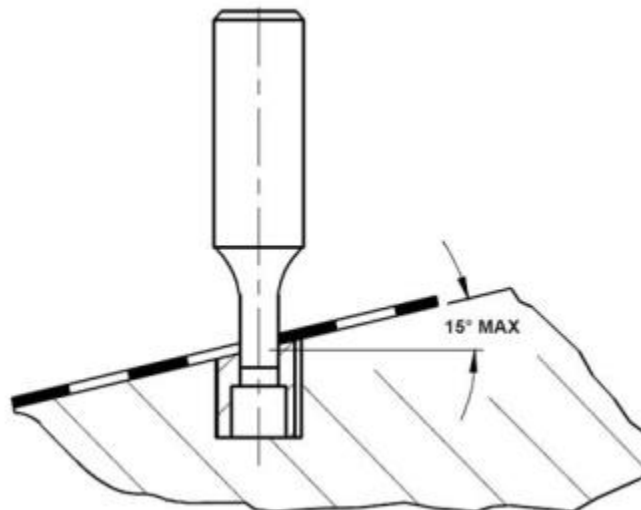


Ilustración 19 Punzonado

La operación mecánica del punzonado consiste en lograr la separación de una parte metálica de otra, obteniendo una figura predeterminada por medio de herramientas especiales. Existe una relación entre el espesor (S) de la chapa y el diámetro (D) de la pieza cortada S/D. Cuando se utilizan aceros, se maneja un valor máximo de 1.2, si se utilizan materiales de menor resistencia esta relación mínima puede ser aumentada.

El corte de la chapa se realiza utilizando una matriz de corte, la cual consiste en dos pares:

- Punzón Matriz
- Mazo (Guía del punzón)
- Dos chapas (Pasillo de circulación de la tira de chapa)
- Sistema de tope

Dentro del funcionamiento de un herramental se tiene:

Desgaste de matriz: Los filos de la matriz son afectados por el esfuerzo de corte que se debe a producir una gran cantidad de piezas, esto provoca piezas con rebabas y contorno indefinido, se llega a perder en este proceso hasta 1 mm. Tomando en cuenta que la dimensión de afilado es máximo de 6 mm, a razón promedio de 0.15 mm por cada rectificado, se puede rectificar unas 40 veces.

Juego entre Punzón y Matriz: Es también importante definir el juego correctamente para el buen funcionamiento del herramental, este depende del grueso de la chapa. El juego aplica para chapas de gran espesor y será mayor para acero duro que para acero dulce o aluminio, etc. El valor del juego es entre el 5 a 13% dependiendo del espesor de la chapa. Determinado el juego correcto se aumenta la duración de la herramienta.

El diseño de troqueles está basado en la experiencia y habilidades de los diseñadores, por esta razón es de suma importancia realizar la animación del funcionamiento del herramental, esto nos permite visualizar el movimiento del herramental una vez diseñado, ayudando a la detección de posibles fallas en el diseño o de los componentes del mismo.

La función de toda maquinaria para el trabajo de metales se puede describir como la de un mecanismo productor de una fuerza que proporciona su salida requerida en un cierto período de tiempo con una predeterminada cantidad de precisión. La cantidad de la fuerza y su método de aplicación no son siempre coherentes. Las laminadoras aplican una fuerza constante y uniforme hacia una barra de acero, mientras que martinets producen un solo golpe en una unidad de tiempo. La misma cantidad de la fuerza puede ser dividida en muchos golpes o aplicaciones más pequeñas y se distribuye durante un período de tiempo más largo por el martillo neumático.

Al clasificar equipo metalúrgico según la forma en que funciona, hay dos tipos básicos de distinción:

- Las máquinas con movimiento lineal de sus herramientas, tales como prensas, ciertas máquinas laminadoras, máquinas inalámbricas y de estiramiento
- Las máquinas que utilizan el movimiento no lineal de herramientas, tales como la flexión y máquinas laminadoras, son de tipo de laminación longitudinal o transversal.

La energía de la prensa se puede calcular multiplicando su fuerza media por la distancia a través de la cual se aplicara la fuerza. El valor de este tipo de energía se mide en pulgadas-toneladas.

El poder de la prensa es la cantidad de energía que debe ser ejercida durante un determinado intervalo de tiempo. Su unidad de medida es el caballo de fuerza.

Algunos consideran que el secreto de una buena práctica de operación de troqueles está en función de una adecuada cantidad de presión, ya sea la presión de expulsión del moldeado o de la presión de extracción. La selección y la disposición de resortes, junto con la selección de la prensa con tonelaje adecuado, son importantes aquí. El valor de tonelaje de la prensa, lo especifican los diferentes fabricantes de prensas, este se basa en una cierta velocidad de funcionamiento del volante de inercia. Cualquier diferencia de *rpm* de volantes alterará la producción de energía de la prensa.

En una prensa mecánica, o en una prensa de golpe controlado, la salida tonelaje también variará con la posición de la matriz inferior. Cuando la posición de la cama inferior de la prensa este en su punto más bajo se experimentará una caída en el tonelaje de la prensa. Cuando se necesita la fuerza de perforación exactamente en el momento en que el ariete está en su posición más baja, la cantidad de movimiento es relativamente corto.

Altura de cierre

La altura de cierre de la prensa es el espacio reservado para el alojamiento de la boquilla. Se mide de la parte superior de la cama a la parte inferior de la corredera, con el trazo hacia abajo y ajuste hacia arriba.

Carrera

La carrera de la prensa es la variación dimensional del movimiento de la diapositiva durante el trabajo cíclico. La carrera debe ser siempre mayor a la distancia dimensional que un troquel tiene que viajar para operar correctamente.

Una de las razones principales para la construcción de máquinas pesadas y voluminosas, es la necesidad de exactitud consistente en todo momento, independientemente de la variación de fuerza de prensado, esta quedará un poco fuera del centro de distribución de la fuerza. La alineación de todos los componentes de la prensa es muy precisa, y una sobrecarga no planificada o inesperada a una sola parte puede hacer que el resto de la máquina quede fuera de la alineación. El principal aspecto que influye durante todo el proceso de trabajo es la deflexión.

Cuando un componente se desvía más que las otras partes complementarias, esto resulta en una discrepancia en ajuste y función. Algunos componentes de la prensa son más propensos a la deflexión que los otros. Por ejemplo el eje, la vinculación, y la RAM de ajuste sufren más deflexión que, por ejemplo, el bastidor de la prensa. Por lo tanto, se puede observar que la propensión a la desviación es mayor en las partes con menor área de sección transversal, sobre todo cuando éstas están expuestas a mayores fuerzas.

La rigidez / firmeza de marcos de prensa podría evaluarse como sigue:

$$RF = 4.5 * RP$$

Para prensas tipo "C"

$$RF = 15.0 * RP$$

Para prensas tipo "O"

Donde RF es la rigidez del marco y RP es la rigidez de los componentes de la prensa.

Otro efecto nocivo sobre la prensa resulta en forma de pérdida de paralelismo entre la superficie de la matriz de montaje de la RAM y la de la cama de la prensa. Esta desviación de paralelismo se le llama desviación angular, o distorsión angular, y por lo general se expresa en las diferencias en el paralelismo entre las dos superficies. Para evaluar adecuadamente esta condición, la desviación debe medirse no sólo en un ambiente libre de la fuerza de la prensa, sino en situaciones en que una fuerza situada en el centro se aplica a las superficies ensayadas, así como un centro situado fuera de la línea de acción de la fuerza.

Otra variable que afecta a la firmeza o rigidez de la prensa, que tiene un efecto considerable en la desviación angular de sus superficies de montaje, es el material del cual las piezas están hechas el cual es afectado por las fuerzas. En general, se puede afirmar que en cuanto mayor es el módulo de elasticidad de los materiales dados, se puede esperar la mayor deflexión y la emisión de la desviación angular.

Una prensa menos rígida, hecha de materiales más elásticos, estará sujeta a una mayor desviación, hasta el punto en que una parte considerable de su energía de salida se desperdicia en el trabajo de deformación de los elementos. La deflexión angular dicta aún más las tolerancias de trabajo en los ensambles componentes de la prensa. Los rangos de tolerancia de la prensa deben ser siempre mayores que cualquier dislocación que pueda deberse a la falta de paralelismo entre la cama de la prensa y el troquel.

Siempre habrá una cierta cantidad de influencias perjudiciales presentes en la función de una prensa que afectarán a la deformación angular. Puede haber partes no simétricas producidas en la prensa, o un trabajo de troquelado progresivo con una menor perfección de centrado del utilizado por la fuerza de trabajo. Otras veces, la matriz progresiva estará perfectamente

centrada, pero no todas sus estaciones participarán en la operación predeterminada, ya que el centro de la fuerza de prensado se desplazará al mismo tiempo.

Las diferencias en el espesor del material o en la dureza del material pueden producir un cambio fuera del eje central de la fuerza de trabajo, incluso en piezas perfectamente simétricas. Otra razón para el cambio de fuerza de trabajo es la diferencia en el desgaste de los segmentos de la matriz, que siempre son seguidos por variaciones en la fricción, en el uso de la fuerza y su distribución.

Los aparatos y punzones o (NC) prensas de control numérico, a veces también llamados "prensas de torreta" operan sobre la base de los comandos NC, anteriormente previstos en un papel perforado, mylar o cinta, en la actualidad se transmiten a través de la red informática. Por alguna razón, las prensas NC son a veces erróneamente llamadas prensas CNC. En la industria de los EE.UU., el término "CNC" se reserva a rotación, maquinaria controlada numéricamente, tal como centros de fresado, tornos, y similares. El significado de las dos siglas de control numérico (NC) y de control numérico (CNC), es el mismo, sin embargo, la distinción se mantiene para separar los dos grupos de máquinas, punzonadoras como CN y máquinas rotativas como CNC.



Ilustración 20 Prensa de alto tonelaje

Montaje de la prensa, desempeño y productividad

Hay varios factores que afectan la productividad de una prensa. El primero de todos, y tal vez el más importante, es la rigidez adecuada y robustez de la cama de la prensa y el marco. Este depende principalmente del montaje correcto de la prensa, en su cimentación y nivelación. Los soportes de la prensa deben estar colocados sobre almohadillas de fieltro o soportes de goma de alta resistencia. El piso de concreto debajo debe estar libre de irregularidades, plano y nivelado. Algunos tienden a reparar las diferencias con cuñas de acero, sin embargo, estos pueden deslizarse durante la operación de prensa y ponen en peligro la máquina y sus alrededores.

En caso de que puedan encontrarse irregularidades en la cimentación de una prensa, la nivelación con mortero puede ser utilizada para reducir las diferencias. La mejor prueba de la condición de la superficie, por supuesto, es la propia prensa, que, cuando se coloca en su huella

planificada, mostrará donde están las discrepancias. La nivelación de éstos se puede lograr con la prensa en el lugar, soportada o montada sobre cuñas, para el intervalo de tiempo de la lechada de cemento o cualquier otro material recomendado para el montaje de la prensa. La colocación apropiada puede entonces ser asegurada atornillando cada pie de la prensa en la fundación. Con el montaje de un pequeño hueco de marco en prensas inclinables y prensas fijas de marco vacío, a menudo podemos conseguir un buen soporte sólo con dejarlos en la goma o fieltro sin más especificación.

Los requisitos para la cimentación. Las prensas grandes son sensibles a la alineación y el deslizamiento de su posición asignada sobre una base desigual puede desalinear sus elementos, junto con los elementos finamente alineados de la matriz allí montados, y pueden dar lugar a daños.



Ilustración 21 Cimentación de la prensa

Las prensas con diapositivas de gran peso (es decir, RAMs), especialmente las prensas de alta velocidad, requieren un cuidadoso estudio y un análisis exhaustivo antes de seleccionar el tipo de montaje y los requisitos de fundamento apropiado. A menudo, el fabricante de la prensa específica 1,5 veces el peso muerto de la de prensa junto con el troquel más pesado que puede acomodarse o montarse, esto se tomará como factor de peso real en el diseño de la cimentación. De esta manera la especificación de parámetros y el énfasis en requisitos de robustez y plenitud o nivelación pueden, en este caso, resultar beneficiosos.

En algunos casos, el uso de alto nivel de amortiguación de la prensa de montaje de aisladores puede ayudar y es a menudo una forma preferida para el montaje de la prensa, al contrario de atornillar la prensa directamente a la base.

Para dar más robustez, su construcción debe incluir tirantes de larga duración, para mantener todos los miembros principales, tales como la cama, la corona, y los montantes verticales, conectados correctamente.



Ilustración 22 Prensa con partes robustas

Para proteger de deflexión durante la función de la prensa, siempre son preferibles una cama más gruesa y montantes más voluminosos. Algunos factores adicionales que afectan a la productividad de una prensa, su rendimiento y su vida, están relacionados con el mantenimiento y las reparaciones de los equipos.

Posicionamiento del herramental.

Las prensas son máquinas voluminosas, pesadas y robustas, pero son extremadamente sensibles a la alineación.

Un montaje incorrecto de la matriz puede causar un daño grave a la prensa. Por ejemplo, el montaje de centrado del troquel (de izquierda a derecha) ejercerá una pesada presión sobre las cuñas y el RAM, y en todos los elementos de conexión. El montaje del centro del troquel (de atrás hacia adelante) pueden dejar una parte del RAM no soportado causando el desarrollo de grietas que causan desgaste en las superficies.



Ilustración 23 [Posicionamiento del herramental](#)

Un pequeño troquel montado en una prensa de gran cama genera un arco en el RAM y un arco en la cama también, justo en medio, el cual, al ser repetido suficientemente dará lugar a grietas en estas áreas. La mayoría de las prensas están diseñadas para tener aproximadamente dos tercios de su área de la cama cubiertas con matrices. Cuando esto no se toma en cuenta desde el diseño, se pueden desarrollar problemas adicionales.

De la misma manera el funcionamiento general de la prensa debe controlarse constantemente y ser uniforme ya que la fiabilidad de sus componentes es de vital importancia. Después de todo, la máquina no es más que un conjunto de sus componentes.

Parámetros de evaluación de herramientas.

Aspectos de Funcionalidad

La funcionalidad de la pieza es generalmente evaluada por la robustez de la misma pieza y esta es favorecida por los siguientes aspectos:

- Costillas de refuerzo o de forma
- Protuberancias
- Bordes y cejas
- Aligeramientos



Ilustración 24, Piezas con protuberancias

Limitaciones de forma

Estas limitaciones son influencias externas difíciles de predecir pero que se deben tener en cuenta, las restricciones que se deben tomar en cuenta son:

- Condición del corte, formado o superficies de marca
- Presencia o ausencia de lubricantes y su composición
- Dureza del material de fabricación
- Variaciones del espesor el material a estampar
- Claros u holguras entre cortes, formado y fuerza de marca y troquelado
- Presión de resorte en la cama del troquel
- Alineación entre los segmentos del ensamble del troquel
- Fuerza del pistón y velocidad del pistón

Falla de alineación



Ilustración 25 Herramental mal alinead

2.2 PROCEDIMIENTOS, NORMAS Y CRITERIOS QUE SIGUE EL FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS.

En la actualidad hay una enorme cantidad de equipos de manufactura para la implementación de procesos discretos de producción. Estos equipos consisten de dispositivos discretos que son capaces de manufacturar componentes, ensambles, estructuras, mecanismos y máquinas.



Ilustración 26 Áreas de prensas

Sin embargo, y aunque existen muchos tipos de máquinas para diferentes aplicaciones siempre hay una serie de procedimientos básicos estándar que se establecen tanto previamente como durante y después del funcionamiento de un equipo. En el caso de los herramientas para troquelado y de los procesos de estampado, los equipos más representativos para dicho funcionamiento son las prensas, sin dejar de lado a los troqueles, punzones, matrices y equipos complementarios. Estos procedimientos son:

- Revisar la máquina, asegurar que la máquina esté en perfectas condiciones al revisar: niveles de aceite y que todos sus componentes estén bien engrasados.
- Revisar que el troquel este bien montado o que la máquina cuente con él, ya que en muchas ocasiones al término de un turno, el troquel es removido de la máquina para una rápida revisión por parte de los equipos de mantenimiento.
- Revisar que el material esté disponible para arrancar con el funcionamiento de la línea de producción.
- Revisar que se cuente con la cantidad suficiente de material, ya sea en rollo o las áreas cortadas para dar inicio a la producción.
- Revisar el ajuste de la presión de la prensa designando la altura del carro correspondiente.
- Un operador no debe tomar mucho tiempo en la revisión de estos parámetros ya que se supone que el proceso ha sido monitoreado por los ingenieros de producción y ellos deben asegurarse que el material que se va a usar cumpla con las especificaciones. Es decir, que se hayan cumplido con pruebas de corte de ese tipo de material.

Uno de los criterios más importantes en la evaluación del desempeño de los equipos es el mantenimiento preventivo y sobre todo el mantenimiento predictivo, es un criterio sumamente eficaz para la identificación de fallas en los equipos. El operador es el más conocedor de su equipo y es por ello que él o ella pueden ayudar a advertir algún desperfecto antes de que suceda. Un criterio utilizado en la industria actual es el Mantenimiento Productivo Total (TPM por sus siglas en inglés) ya que este nos proporciona una visión del estado de nuestros equipos.



Ilustración 27 Prensa en mantenimiento

El TPM (Mantenimiento Productivo Total) surgió en Japón gracias a los esfuerzos del Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) como un sistema destinado a lograr la eliminación de *las seis grandes pérdidas de los equipos*, y hacer factible la producción "Just in Time", la cual tiene como objetivos primordiales la eliminación sistemática de desperdicios. Estas seis grandes pérdidas se hallan directa o indirectamente relacionadas con los equipos, dando lugar a reducciones en la eficiencia del sistema productivo en tres aspectos fundamentales:

- Tiempos muertos o paro del sistema productivo.
- Funcionamiento a velocidad inferior a la capacidad de los equipos.
- Productos defectuosos o malfuncionamiento de las operaciones en un equipo.

El TPM es en la actualidad uno de los sistemas fundamentales para lograr la *eficiencia total*, en base a la cual es factible alcanzar la *competitividad total*. La tendencia actual a mejorar cada vez más la competitividad supone elevar al unísono, y en un grado máximo, la eficiencia en calidad, tiempo y costos de la producción e involucrar a la empresa en el TPM conjuntamente con el TQM (Total Quality Management).

La empresa industrial tradicional suele estar dotada de sistemas de gestión, basados en la producción de series largas con poca variedad de productos y tiempos de preparación largos, por consiguiente con tiempos de entrega largos, trabajadores con una formación muy enfocada a la realización de una tarea específica y control de calidad en base a la inspección del producto. Cuando dicha empresa precisa de emigrar desde este sistema a otros más ágiles y menos costosos, necesita mejorar los tiempos de entrega, los costos y la calidad simultáneamente, es decir, la competitividad, lo que ha supuesto entrar en la dinámica de gestión contraria a lo mencionado: series cortas, de múltiples productos, en tiempos de operaciones cortos, con trabajadores polivalentes y calidad basada en procesos que llevan a sus resultados a "la primera".

Así pues, entre los sistemas sobre los cuales se basa la aplicación del Kaizen, se encuentra el TPM, que a su vez hace viable al otro sistema que sostiene la práctica del Kaizen que es el sistema "Just in Time".

El resultado final que se persigue con la implementación del Mantenimiento Productivo Total es lograr un conjunto de equipos e instalaciones productivas más eficaces, una reducción de las inversiones necesarias en ellos y un aumento de la flexibilidad del sistema productivo.

Conceptos y definiciones

El objetivo del mantenimiento de máquinas y equipos lo definimos como “conseguir un determinado nivel de disponibilidad de producción en condiciones de calidad exigible, al mínimo costo y con el máximo de seguridad para el personal que las utiliza y mantiene”.

Por disponibilidad se entiende a la proporción de tiempo en que la instalación está dispuesta para la producción respecto al tiempo total. Esta disponibilidad depende de dos factores críticos:

1. La frecuencia de las averías, y
2. El tiempo necesario para reparar las mismas.

El primero de dichos factores recibe el nombre de *fiabilidad*, es un índice de la calidad de las instalaciones y de su estado de conservación, y se mide por el tiempo medio entre averías.

El segundo factor denominado *mantenibilidad* es representado por una parte de la bondad del diseño de las instalaciones y por otra parte por la eficacia del servicio de mantenimiento. Se calcula como el inverso del tiempo medio de reparación de una avería.

En consecuencia, un adecuado nivel de *disponibilidad* se alcanzará con unos óptimos niveles de *fiabilidad* y de *mantenibilidad*. Es decir, que ocurran pocas averías y que éstas se reparen rápidamente.

Evolución de la Gestión de Mantenimiento

Para llegar al Mantenimiento Productivo Total hubo que pasar por tres fases previas. Siendo la primera de ellas el *Mantenimiento de Reparaciones* (o *Reactivo*), el cual se basa exclusivamente

en la reparación de averías. Solamente se daba mantenimiento ante la detección de una falla o avería y, una vez ejecutada la reparación, se terminaban las acciones.

Con posterioridad y como segunda fase de desarrollo, se dio lugar a lo que se denominó el *Mantenimiento Preventivo*. Con ésta metodología de trabajo se busca, por sobre todas las cosas, la mayor rentabilidad económica en base a la máxima producción, estableciéndose para ello funciones de mantenimiento orientadas a detectar y/o prevenir posibles fallos antes de que ocurran.

En los años sesenta tuvo lugar la aparición del *Mantenimiento Productivo*, lo cual constituye la tercera fase de desarrollo antes de llegar al TPM. El Mantenimiento Productivo incluye los principios del Mantenimiento Preventivo, pero agrega un plan de mantenimiento para toda la vida útil del equipo, más labores e índices destinados a mejorar la *fiabilidad y mantenibilidad*.

Finalmente llegamos al *TPM* el cual comienza a implementarse en Japón durante los años sesenta. Incorpora una serie de nuevos conceptos a los desarrollados a los métodos previos, entre los cuales cabe destacar el *Mantenimiento Autónomo*, el cual es ejecutado por los propios operarios de producción y consta de la participación activa de todos los empleados, desde los altos cargos hasta los operarios de planta. También agrega a conceptos antes desarrollados como el *Mantenimiento Preventivo*, nuevas herramientas tales como las *Mejoras de Mantenibilidad*, la *Prevención de Mantenimiento* y el *Mantenimiento Correctivo*.



Ilustración 28 Mantenimiento preventivo

El TPM adopta como filosofía el principio de mejora continua desde el punto de vista del mantenimiento y la gestión de equipos. El Mantenimiento Productivo Total ha recogido también los conceptos relacionados con el *Mantenimiento Basado en el Tiempo* (MBT) y el *Mantenimiento Basado en las Condiciones* (MBC).

El MBT trata de planificar las actividades de mantenimiento del equipo de forma periódica, sustituyendo en el momento adecuado las partes que se prevean de dichos equipos, para garantizar su buen funcionamiento. En tanto que el MBC trata de planificar el control a ejercer sobre el equipo y sus partes a fin de asegurarse de que reúnan las condiciones necesarias para una operativa correcta y puedan prevenirse posibles averías o anomalías de cualquier tipo.

El TPM constituye un nuevo concepto en materia de mantenimiento, basado en los siguientes cinco principios fundamentales:

- Participación de todo el personal, desde la alta dirección hasta los operarios de planta. Incluir a todos y cada uno de ellos permite garantizar el éxito del objetivo.
- Creación de una cultura corporativa orientada a la obtención de la máxima eficacia en el sistema de producción y gestión de los equipos y maquinarias. De tal forma se trata de llegar a la Eficacia Global.
- Implantación de un sistema de gestión de las plantas productivas que facilite la eliminación de las pérdidas antes de que se produzcan y se consigan los objetivos.
- Implantación del mantenimiento preventivo como medio básico para alcanzar el objetivo de cero pérdidas mediante actividades integradas en pequeños grupos de trabajo y apoyado en el soporte que proporciona el mantenimiento autónomo.
- Aplicación de los sistemas de gestión de todos los aspectos de la producción, incluyendo diseño y desarrollo, ventas y dirección.

La aplicación del TPM garantiza a las empresas resultados en cuanto a la mejora de la productividad de los equipos, mejoras corporativas, mayor capacitación del personal y transformación del puesto de trabajo.

Entre los objetivos principales y fundamentales del TPM se tienen:

- Reducción de averías en los equipos.
- Reducción del tiempo de espera y de preparación de los equipos.
- Utilización eficaz de los equipos existentes.
- Control de la precisión de las herramientas y equipos.
- Promoción y conservación de los recursos naturales y economía de energéticos.
- Formación y entrenamiento del personal.

Pérdidas o despilfarros de los equipos

Por un lado se tienen las averías y tiempos de preparación que ocasionan tiempos muertos o de vacío. En segundo término tenemos el funcionamiento a velocidad reducida y los tiempos en vacío, todo lo cual genera pérdidas de velocidad del proceso. Por último tenemos las pérdidas por productos y procesos defectuosos ocasionados por los defectos de calidad y repetición del trabajo. Estas pérdidas deben ser eliminadas o reducidas a su mínima expresión.

Actividades fundamentales

Mantenimiento Autónomo. Comprende la participación activa por parte de los operarios en el proceso de prevención a los efectos de evitar averías y deterioros en las máquinas y equipos. Tiene especial trascendencia la aplicación práctica de las 5's. Una característica básica del TPM es que son los propios operarios de producción quienes llevan a término el *mantenimiento autónomo*, también denominado *mantenimiento de primer nivel*. Algunas de las tareas fundamentales son: limpieza, inspección, lubricación, aprietes y ajustes.

Aumento de la efectividad del equipo mediante la eliminación de averías y fallos. Se realiza mediante medidas de prevención vía rediseño-mejora o establecimiento de pautas para que no ocurran.

Mantenimiento Planificado. Implica generar un programa de mantenimiento por parte del departamento de mantenimiento. Constituye el conjunto sistemático de actividades programadas a los efectos de acercar progresivamente la planta productiva a los objetivos de: cero averías, cero defectos, cero despilfarros, cero accidentes y cero contaminaciones. Este conjunto de labores serán ejecutadas por personal especializado en mantenimiento.

Prevención de Mantenimiento. Este se lleva a cabo durante los desarrollos de ingeniería de los equipos, con el objetivo de reducir las probabilidades de averías, facilitar y reducir los costos de mantenimientos. Se trata de optimizar la gestión del mantenimiento de los equipos desde la concepción y diseño de los mismos, tratando de detectar los errores y problemas de funcionamiento que puedan producirse como consecuencia de fallos de concepción, diseño, desarrollo y construcción del equipo, instalación y pruebas del mismo hasta que se consiga el establecimiento de su operación normal con producción regular. El objetivo es lograr un equipo de fácil operación y mantenimiento, así como la reducción del período entre la fase de diseño y la operación estable del equipo y la elevación en los niveles de fiabilidad, economía y seguridad, reduciendo los niveles y riesgos de contaminación.

Mantenimiento Predictivo. Consiste en la detección y diagnóstico de averías antes de que se produzcan. De tal forma pueden programarse los paros para reparaciones en los momentos oportunos. La filosofía de este tipo de mantenimiento se basa en que normalmente las averías no aparecen de repente, sino que tienen una evolución. Así pues el Mantenimiento Predictivo se basa en detectar estos defectos con antelación para corregirlos y evitar paros no programados, averías importantes y accidentes. Entre los beneficios de su aplicación se pueden mencionar los siguientes:

- a) Reducción de paros;
- b) Ahorro en los costos de mantenimiento;
- c) Alargamiento de vida de los equipos;
- d) Reducción de daños provocados por averías;
- e) Reducción en el número de accidentes;
- f) Más eficiencia y calidad en el funcionamiento de la planta;
- g) Mejoras de relaciones con los clientes, al disminuir o eliminar los retrasos.

Entre las tecnologías utilizadas para el monitoreo predictivo se tienen:

- a) análisis de vibraciones;
- b) análisis de muestras de lubricantes;
- c) termografía; y,
- d) análisis de las respuestas acústicas.

La búsqueda de una más eficaz y eficiente utilización de las máquinas y equipos hace necesaria tanto su planificación, como la capacitación del personal, pero para ello es fundamental que antes los directivos tomen conciencia de las dificultades en un excelente sistema de mantenimiento. Tanto a nivel industrial como de servicios; los costos, la productividad, la calidad, la seguridad, la satisfacción del cliente y el cumplimiento de plazos dependen del buen funcionamiento de los equipos. En el caso del control de calidad, incrementar los costos en materia preventiva genera no sólo un menor costo de mantenimiento, sino también un menor costo total.

La notable importancia que tiene el TPM en la eliminación de desperdicios le confiere un lugar especial tanto en el Sistema Kaizen como en el Sistema Just in Time. Una multitud de pequeñas y medianas empresas no han sabido considerar la gran importancia que tiene para el mejoramiento de sus resultados económicos la implementación de sistemas destinados a mejorar el mantenimiento de los equipos, el cambio rápido de herramientas, la reducción de los tiempos de preparación, la mejora del layout en la planta y oficinas, el mejoramiento en los niveles de calidad, el control y reducción en el consumo de energía, la mayor participación de los empleados vía círculos de control de calidad, círculos de incremento de productividad y

sistemas de sugerencias entre otros. Son numerosas las armas de las cuales pueden disponer las pequeñas y medianas empresas, y notables los resultados que de ellas pueden obtener.

Un mejor mantenimiento implica no sólo reducir los costos de reparaciones y los costos por improductividades debido a tiempos ociosos sino también elimina la necesidad de contar con inventarios de productos en proceso y terminados, ante las averías producidas. Al mejorar los servicios a los clientes y consumidores se reduce la rotación y el costo de obtención de clientes, facilitando las ventas de bienes y servicios con carácter repetitivo. Por supuesto que un mejor mantenimiento alarga la vida útil del equipo, como así también permite un mejor precio de reventa. El mejor funcionamiento de las máquinas no sólo evita la generación de productos con fallas, también evita la contaminación ambiental, elimina los riesgos de accidentes y con ellos disminuye los costos del seguro, reduce o elimina los niveles de contaminación y las consecuentes multas, incrementa los niveles de productividad, y por tanto se refleja en una disminución de los costos de producción.

Actualmente existen instrumentos o metodologías significativas para mejorar los rendimientos de las empresas; sin embargo, muchas empresas -sin importar su tamaño- no las utilizan. Las razones son numerosas y exponerlas lleva a la necesidad de otras investigaciones y exposiciones, pero entre las principales tenemos: una visión cortoplacista en la cual se privilegia la obtención de utilidades inmediatas en oposición a la generación sostenida de beneficios a mediano y largo plazo, otro factor a mencionar cómo importante es la tradicional resistencia al cambio y a la implementación de nuevas prácticas, para las cuales en ocasiones es complicado direccionar al personal que ha seguido una metodología por largo tiempo.

A continuación se presenta el flujo de un proceso básico de estampado.



Ilustración 29 Almacenamiento de material

La materia es prima se recibe en rollos los cuales son almacenados de acuerdo a sus dimensiones y posteriormente es etiquetado para su posterior proceso.



Ilustración 30 Montaje de material

Al iniciar el proceso se deben verificar las condiciones de arranque para evitar posibles accidente una vez, realizado estas actividades se procede al colocar el rollo en el alimentador para iniciar su ajuste y posteriormente su proceso.



Ilustración 31 Estampado de material

El siguiente paso es el proceso de estampado de las piezas a producir las cuales son ajustadas de manera correcta.



Ilustración 32 Proceso final de estampado

El operador de prensa verificara las condiciones de calidad, en caso de una variación de piezas deberá avisar al supervisor en turno para su liberación de proceso.



Ilustración 33 Producto terminado

Las piezas son depositas en contenedores para su liberación por parte de auditores de calidad.

2.3 IDENTIFICACIÓN DE RUTAS CRÍTICAS CON SUS CUELLOS DE BOTELLA EN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS.

Un cuello de botella dentro de un proceso en manufactura es cualquier demora que ocurre cuando una parte del proceso se mueve más lento o más rápidamente respecto de los pasos previos, dando como resultado una acumulación de un componente en un puesto del proceso. Esto lleva a ineficiencias, pérdidas de tiempos de fabricación y clientes insatisfechos, lo que representa un costo alto para cualquier empresa. Los cuellos de botella pueden tener causas de raíz distintas.



Ilustración 34 Prensa de baja velocidad

Velocidad de máquina incorrecta

Un cuello de botella puede estar causado por una máquina o pieza del equipo que trabaja más rápido o más lento de lo que debería. En la industria automotriz, una máquina que funciona muy rápido puede descomponerse, lo cual deriva en un cuello de botella durante la reparación,

y los productos del paso anterior se acumularán. Cada pieza del equipo debe trabajar a una velocidad que asegure que toda la línea tenga un flujo uniforme y con la producción adecuada, interconectando cada una de las etapas de dicho proceso. Esto puede implicar tener que hacer que ciertas máquinas funcionen más lento o más rápido que otras, dependiendo de su tarea específica, la capacidad del equipo y la velocidad de la operación.

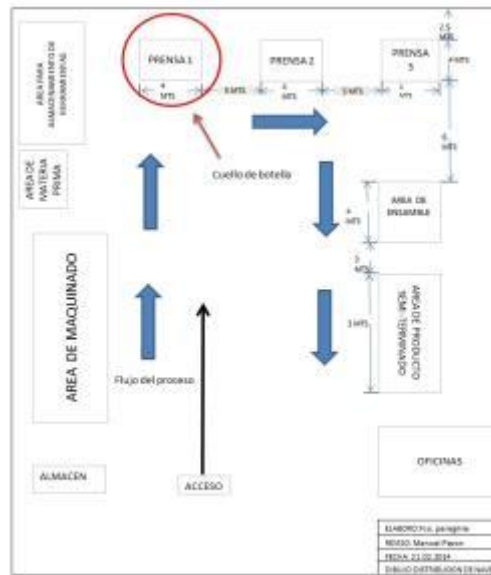


Ilustración 35 Cuello de botella.

Las causas que se presentan en los cuellos de botella como se menciona anteriormente son en base a situaciones que se presentan a lo largo del proceso, para reducir este tipo de situaciones se debe tener a la mano formatos que ayuden a registrar los diferentes acontecimientos que van surgiendo a lo largo del proceso. A continuación se presenta un formato el cual ayudara a registrar la demanda de la producción y observar la velocidad y capacidad del equipo.


Edición:						Departamento:	
Fecha:						Área:	
No. De parte:		RELACIÓN DE HERRAMIENTAS POR DEMANADA DE PRODUCCIÓN				Editó:	
Descripción:						Revisó:	
						Aprobó:	
Código ruta	Descripción de herramientas	Alimentación	Volumen Diario	# Golpes requeridos	Volumen Mensual	# piezas X golpe de	# Golpes X minuto
Total de piezas							

Ilustración 36 Relación de herramientas por demanda de producción

Falta de almacenamiento variable

Otra causa de los cuellos de botella en la industria automotriz es una falta de acumulación de materiales en un punto del proceso de manufactura. Para evitar esto, algunas empresas de la

industria instalan un almacén intermedio antes de donde es probable que se produzca un cuello de botella. Por ejemplo, si la máquina A tiende a descomponerse, evitando que la máquina B complete el proceso, se coloca un almacén intermedio luego de la máquina A. De esta forma, la máquina B no se quedará sin material para elaborar, y la línea de producción puede continuar operando cuando la máquina A sea reparada. Usar un almacén intermedio puede incrementar el inventario y costos, de modo que se debe tener acumulada sólo la cantidad necesaria.

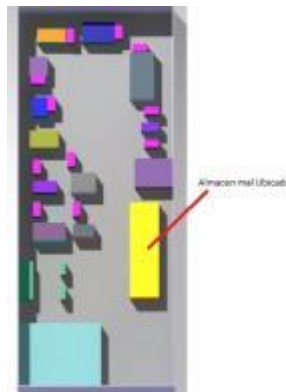


Ilustración 37 Ubicación incorrecta de almacén

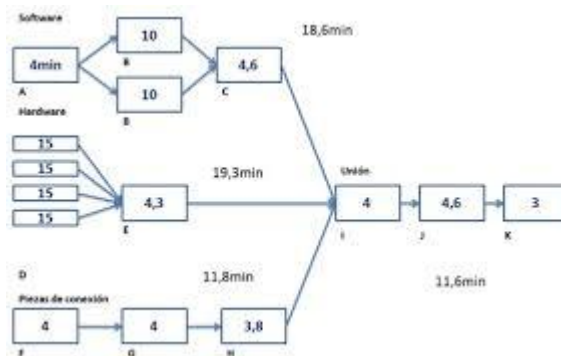


Ilustración 38 Diagrama de cuello de botella

Falta de operarios

Los cuellos de botella pueden causarse cuando no se tienen suficientes empleados entrenados para operar o reparar una máquina en particular. En la industria automotriz sucede que, por ejemplo, si la única persona en la planta que sabe cómo reparar la máquina C está enfermo o de vacaciones, y la máquina C se descompone, se puede perder tiempo o dinero valioso al llamar a un especialista para que solucione el desperfecto. Para evitar esto, se requiere que los empleados tengan una formación amplia en varias máquinas y operaciones (operarios/personal multifuncional), para que siempre haya alguien disponible para intervenir en los casos de contratiempos o desperfectos de equipos o proceso.

Tiempos muertos

Muchos cuellos de botella de la producción en la industria automotriz se producen cuando una parte de la máquina necesita ser reemplazada. Estos cambios pueden ocurrir varias veces al día, en la industria automotriz los tiempos muertos están relacionados principalmente por la falta de materiales o problemas en el proceso de producción, como el cambio de turno de personal. Si el tiempo requerido para el cambio es lento, la línea completa puede detenerse. Esto se puede evitar entrenando a los operarios para que preparen el cambio cuando la máquina aún está en funcionamiento, o bien con la programación de paros para programas de mantenimiento. Es necesario minimizar los tiempos muertos asegurando que el proceso de reemplazo sea tan eficiente como sea posible. Por ejemplo, preparar un nuevo repuesto y todas las herramientas necesarias antes de apagar la máquina.

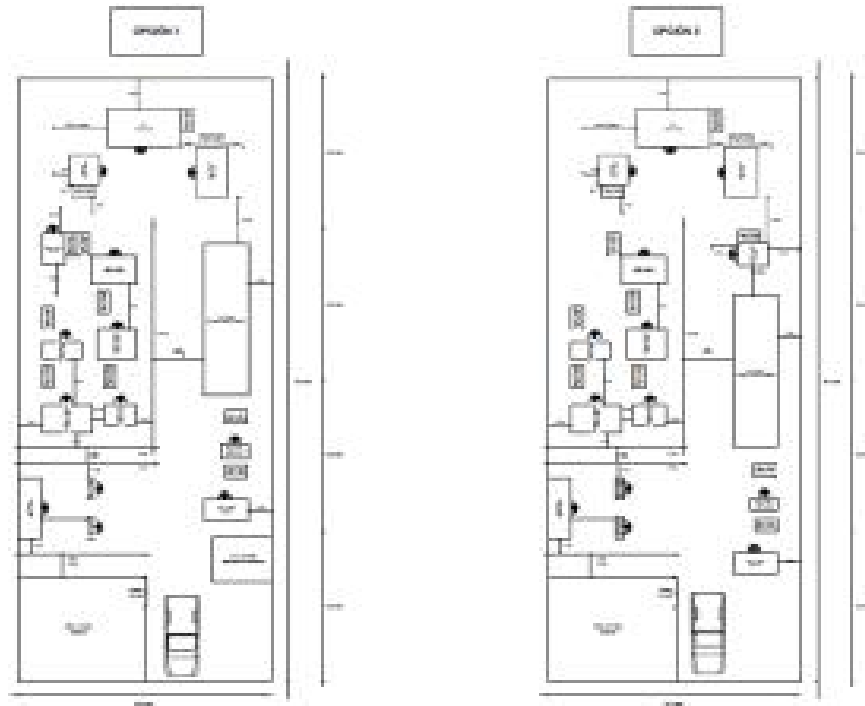


Ilustración 39 Layout de planta

A continuación se muestra un Check list con la información básica para realizar el cambio de herramientas, la finalidad es disminuir los tiempos muertos al momento de realizar la actividad del cambio, como se muestra en la siguiente ilustración.

Lista de actividades a realizar antes del cambio de herramientas



Esta lista debe ser revisada antes de para la maquina para evitar perdidas de tiempo productivo conseguir todos los elementos, tenerlos preparados y cerca de la maquina antes

Nombre del operario: _____
 Maquina No: _____
 Mes de elaboración: _____

Actividades	Cambio de herramientas										Comentarios	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Revisar programa de fabricación verificación las cantidades a producir												
Revisar gauge y colocar en el carro de herramientas, (auto control de calidad)												
Revisar secuencia / procedimientos de cambio												
Verificar existencia de materia prima necesaria si no hay solicitarla y subir al porta rollo												
Revisar que el kit para el cambio de herramental este completo												
Verificar con el supervisor maquina en la que producirá el nuevo modelo												
Operador												

Ilustración 40 Check List para el cambio de herramientas

Segmentación del mercado y cálculo del tamaño de la muestra

El Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM) proporciona al público un directorio de acceso libre sobre todas las empresas registradas en la Secretaría de Economía con algunos campos importantes como lo son: Razón social, Estado, Municipio, domicilio, colonia, código postal, algunos datos de contacto, giro, código arancelario (SCIAN), número de empleados, rango de ventas y fecha de inicio de operaciones, entre otras.

Para el siguiente estudio el objetivo es encontrar la población de empresas del sector automotriz, de los niveles de TIER dos y tres del estado de Puebla. La TIER 3 fabrica comúnmente piezas de inyección de plásticos, troquelados de metales, fundición, soaje, fabricación de cables, etc. La TIER 2, por su parte, ensambla las piezas fabricadas por la TIER 3 de componentes que serán utilizados tanto en la TIER 1 como en las ensambladoras. A manera de ejemplo tenemos una empresa TIER 3 que fabrica lámparas de Xenón, la TIER 2 utilizaría esa lámpara de Xenón para incluirla en el ensamble de un faro para un automóvil que se le entregaría a la TIER 1, quien agrupa los faros en el módulo delantero que incluye la defensa, fascia, radiador, ventiladores y los faros. Este módulo delantero ensamblado por la TIER 1 se le entregara a la ensambladora del automóvil completo.

El instrumento de diagnóstico, será aplicado a un grupo representativo de empresas, mismas que serán enlistadas en el siguiente documento.

Para llevar a cabo el “Diagnóstico para corregir fallas de diseño, fabricación y reparación de herramientas para el estampado de piezas automotrices” se requiere conocer la condición actual de la industria automotriz, con el fin de apreciar sus fortalezas y debilidades, las cuales permitirán establecer estrategias para potencializar dicho sector.

La finalidad de la encuesta está diseñada para el levantamiento de la información relevante que proporcione ciertas características de las empresas TIER 2 y TIER 3 del sector automotriz, para así obtener una medición cualitativa de indicadores clave para el diagnóstico de la salud de las empresas en cuestión.

Dada la magnitud de la población empresarial que se encuentra en el estado de Puebla es necesario elaborar un diseño de experimento, donde se recopile una muestra significativa de la

población para garantizar la relevancia de los datos obtenidos. Este diseño nos proporcionará el número de empresas a encuestar. La información de las empresas ubicadas en el estado de Puebla se tomo de la Secretaria de Economía de empresas registradas en el SIEM la cual está en constante actualización.

Estimador de la proporción población \hat{P}

$$\hat{p} = \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n}$$

Donde:

\bar{Y} = Media de la muestra

\bar{Y} = Elemento de la muestra

n = Tamaño de la muestra

Varianza estimada de \hat{P}

$$\hat{V}(\hat{p}) = \frac{\hat{p}\hat{q}}{n-1} \left(\frac{N-n}{N} \right)$$

Donde:

$\hat{V}(\hat{p})$ = Varianza estimada de \hat{P}

N = Tamaño de la población

n = Tamaño de la muestra

\hat{p} = Estimador de la proporción poblacional

\hat{q} = Complemento del estimador de la proporción poblacional. Obtenido:

$$\hat{q} = 1 - \hat{p}$$

Límite para el error de estimación

$$2\sqrt{\hat{V}(\hat{p})} = 2\sqrt{\frac{\hat{p}\hat{q}}{n-1}\left(\frac{N-n}{N}\right)}$$

Donde:

$\hat{V}(\hat{p})$ = Varianza estimada de \hat{p}

N = Tamaño de la población.

n = tamaño de la muestra

\hat{p} = Estimador de la proporción poblacional

\hat{q} = Complemento del estimador de la proporción poblacional. Obtenido:

$$\hat{q} = 1 - \hat{p}$$

Tamaño de muestra requerida para estimar p con un límite de error de estimación B

$$n = \frac{Npq}{(N-1)D + pq}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Tamaño de la población

B = Error de la estimación

D = Coeficiente del límite de error de estimación. Obtenido:

$$D = \frac{B^2}{4}$$

p = Proporción esperada

q = Complemento de la proporción esperada. Obtenida.:

$$q = 1 - p$$

Calculo del tamaño de la muestra

Con base en el fundamento teórico establecido previamente, calcularemos el tamaño de la muestra significativa para el levantamiento de la encuesta.

Consideraciones:

- En el estado de Puebla existen 90 empresas T2 y T3 de acuerdo al SIEM.
- Se consideraran proporciones iguales, por lo que los valores de p y q serán de 0.5
- El error de la estimación (B) que se considerará corresponde a un 95% de confianza

Cálculo:

Paso 1:

$$D = \frac{B^2}{4}$$

Sustituyendo valores:

$$D = \frac{0.05^2}{4}$$

$$D = 6.25 * 10^{-4}$$

Paso 2:

$$n = \frac{Npq}{(N - 1)D + pq}$$

Sustituyendo valores:

$$n = \frac{(90) * (0.5) * (0.5)}{(90 - 1)0.000625 + (0.5) * (0.5)}$$

= 73 Empresas

Se concluye que, para obtener una muestra representativa de sector automotriz de los niveles TIER 2 y TIER 3 se deben considerar 73 de las 90 empresas para el levantamiento de la encuesta. Cabe mencionar que solo encuestamos 56 de las 73 del cálculo ya que no todas las empresas proporcionaron la información requerida.

Esto nos afecta directamente en el intervalo de confianza ya que estaríamos hablando de que se cubrió únicamente el 76 % de la muestra de 73 empresas totales, dando como resultado un intervalo de confianza del 75%.

Para poder identificar las diferentes rutas críticas en el funcionamiento de los equipos se realizó una encuesta la cual está dirigida a las empresas. La encuesta es un instrumento que está diseñado para evaluar las fortalezas y debilidades propias de cada empresa, para así detectar necesidades de las mismas y actuar en estrategias clave para el desarrollo de las mismas.

En el instrumento desarrollado, se miden las principales áreas en la que se deben desarrollar las empresas para garantizar la competitividad de las mismas, tales como innovación, gestión de la tecnología y el capital intelectual, relación con clientes y proveedores, desarrollo de procesos productivos y de producto, programas de certificación y entrenamiento, infraestructura y estudio de las actividades de la competencia.

A continuación se desglosa la encuesta la cual ayuda a identificar debilidades y fortalezas de las empresas:

A continuación se muestra el listado de las empresas que se tomaron para la encuesta.

NOMBRE DE LA EMPRESAS

NOMBRE DE LA EMPRESA	
1	FAURECIA
2	DRAXLMAIER DE MEXICO
3	CONCOURS MOLD MEXICANA
4	FUJIKURA AUTOMOTIVE MEXICO / PUEBLA SA DE CV
5	INDUSTRIAS TENAZIT SA DE CV
6	PWO MEXICO SA DE CV
7	BENTELER DE MEXICO
8	SESE S.A. DE C.V.
9	SK AUTOMOTIVE
10	AUNDE MEXICO SA DE CV
11	LODAN MEX
12	LUNCOMEX, SA DE CV
13	SUMITOMO MÉXICO S.A. DE C.V.
14	INDUSTRIAS NORM
15	PLASTIC OMNIUM AUTOMOVIL S.A. DE C.V.
16	AUTOMOTIVE VERITAS
17	AUXIM DE MÉXICO S.A. DE C.V.
18	WESCO DISTRIBUTION DE MÉXICO S. DE R.L. DE C.V.
19	T-SYSTEMS MÉXICO S.A. DE C.V.
20	DISTRIBUIDORA DE ACEROS IRSA S.A. DE C.V.
21	ARITEX CADING MÉXICO, S.A DE C.V.
22	SEGLO
23	RAMSA
24	ARCOMEX DE MEXICO SA DE CV
25	AUTOTEK INDUSTRIAL DE MEXICO
26	CONDUMEX / DELPHI
27	SAS AUTOMOTIVE SA DE CV
28	TRW MÓDULO DE DIRECCIONES SA DE CV
29	BROSE PUEBLA SA DE CV
30	PEGUFORM HELLA MEXICO
31	LEAR CORPORATION MEXICO SA DE CV
32	JOHNSON CONTROLS AUTOMOTIVE DE MEXICO, SA DE CV
33	INDUSTRIAL TAMTO DE PUEBLA
34	AUTOMOTIVE CONTINENTAL
35	MAGNETI MARELLI GROUP
36	SCHÜLER DE MÉXICO S.A. DE C.V.
37	GESTAMP PUEBLA SA DE CV
38	GRAINGER SA DE CV
39	DHL SUPPLY CHANGE
40	FERREBARNIEDO SA DE CV
41	LUK PUEBLA SA DE CV
42	THYSSENKRUPP AUTOMOTIVE SYSTEMS DE MEXICO
43	GRUPO ANTOLIN
44	TECNICAS DE FLUIDOS
45	CEDINSA
46	VPT DE MEXICO
47	SERVINSA LOGISTICS
48	TRUCK LITE S. DE R.L. DE C.V.
49	FERRE CEPESA
50	NEO MEXICANA
51	FLOWSERVER
52	HERRAMIENTAS STANLEY SA DE CV
53	MITCEN MANUFACTURAS INDUSTRIALES CENTENO SA DE CV
54	LUNKETEC DE MEXICO
55	BENTELER AUTOMITIVE STAMPIG
56	MICRO-BOLTA S.A. DE C.V.

Ilustración 41 Lista de empresas

Encuesta para la Industria Automotriz

Hay 114 preguntas en esta encuesta

Datos generales

1. Nombre del corporativo o matriz*

R:

2. Nombre de la empresa*

R:

3. Domicilio*

R:

4. Año de fundación

R:

5. Conmutador

R:

6. Pagina Web

R:

7. Clasificación de la empresa

Elige una respuesta

Grande

Mediana

Pequeña

8. Clasificación de proveedor

Elige una respuesta

T1

T2

T3

Empresas filiales o Joint-ventures

9. Datos

	Nombre	Ubicación
Empresa 1		
Empresa 2		
Empresa 3		
Empresa 4		
Empresa 5		
Empresa 6		
Empresa 7		
Empresa 8		
Empresa 9		
Empresa 10		

10. Otras filiales

R:

11. Principales productos

	Nombre	Componente	Ensamble
Producto 1			
Producto 2			
Producto 3			
Producto 4			
Producto 5			
Producto 6			
Producto 7			
Producto 8			
Producto 9			
Producto 10			

12. Otros productos

R:

Cientes y Proveedores

13. Clientes

	Nombre	Nivel	Exportación
Cliente 1			
Cliente 2			
Cliente 3			
Cliente 4			
Cliente 5			
Cliente 6			
Cliente 7			
Cliente 8			
Cliente 9			
Cliente 10			

14. Proveedores

	Nombre	Nivel	Exportación
Proveedor 1			
Proveedor 2			
Proveedor 3			
Proveedor 4			
Proveedor 5			
Proveedor 6			
Proveedor 7			
Proveedor 8			
Proveedor 9			
Proveedor 10			

15. Otros clientes

R:

16. Otros proveedores

R:

Certificaciones

17. Certificaciones

Por favor, marque TODAS las que correspondan:

- | | |
|--|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Ford Q1 | <input type="checkbox"/> TS 16949 |
| <input type="checkbox"/> ISO 9001 : 2000 | <input type="checkbox"/> TS 17025 |
| <input type="checkbox"/> ISO 14001 | <input type="checkbox"/> VDA-VW |
| <input type="checkbox"/> QS9000 | <input type="checkbox"/> Otro: |

18. Otras certificaciones

R:

Estandarización de procesos

19. ¿En qué porcentaje están estandarizados sus procesos?

Elige una respuesta

- 90% 70% 50% 30% 10%

Calidad y capacitación

20. ¿Necesita incrementar la calidad de sus procesos?

Elige una respuesta

- Sí No

21. Mencione que necesita para incrementar la calidad de sus procesos

Contestar a esta pregunta sólo si las siguientes condiciones se cumplen:

Por favor, marque TODAS las que correspondan:

- Capacitación técnica Capacitación especializada Nueva maquinaria Tecnología Otro:

22. ¿En qué áreas requiere capacitación?

Por favor, marque TODAS las que correspondan:

- Mantenimiento Procesos de producción Administración Calidad Otro:

23. ¿Su empresa está capacitada para rediseñar sus productos de acuerdo a las nuevas necesidades de sus clientes?

Elige una respuesta

- Sí No

24. ¿Cuáles son sus razones?

Contestar a esta pregunta sólo si las siguientes condiciones se cumplen:

Por favor, marque TODAS las que correspondan:

- No se cuenta con el personal con conocimientos en modelación
- No se cuenta con el personal con conocimientos en simulación
- Se desconocen los nuevos materiales
- Se desconocen las nuevas tecnologías
- No se cuenta con personal especializado
- Otro:

25. ¿Su empresa está preparada para elaborar nuevos productos?

Elige una respuesta

- Sí
- No

26. ¿Cuáles son sus razones?

Contestar a esta pregunta sólo si las siguientes condiciones se cumplen:

Por favor, marque TODAS las que correspondan:

- No se cuenta con el personal especializado
- No se cuenta con la tecnología
- No es posible obtener los materiales
- Los materiales son muy costosos
- No se cuenta con financiamiento para adquirir el equipo requerido
- Otro:

Procesos de manufactura utilizados

27. Metales

Por favor, marque TODAS las que correspondan:

- Fundición
- Forja
- Rolado
- Estampado
- Recubrimientos
- Inyec. a presión
- Troquelado
- Electroerosión
- Maquinado
- Rectificado
- Tratam. térmicos
- Corte láser
- Corte plasma
- Corte agua
- Soldadura láser
- Soldadura fricción
- Soldadura MIG
- Soldadura TIG
- Soldadura plasma
- Otro:
- Sold. resistencia

28. Plásticos

Por favor, marque TODAS las que correspondan:

- Inyección
- Soplo
- Compresión
- Transferencia
- Termo formado
- Extrusión
- Unión pegado
- Unión fundido
- Unión ultrasonido
- Recubrimientos
- Otro:

29. Otros (Metales, Plásticos)

Infraestructura

30. Maquinaria y equipos

Por favor, marque TODAS las que correspondan:

- Celda Manu Flex
- CNC
- ME Erosionado
- MM Coordenadas
- Prensas
- Calibradores
- Grúas
- Montacargas
- Robots ensamble
- Robots pintura
- Robots soldadura
- Robots corte
- Otro:

31. Herramientas y accesorios

Por favor, marque TODAS las que correspondan:

- Dados estampado
- Troqueles
- Mold Soplo
- Prensas
- Mold termofon
- Mold inyección
- Mold transferencia
- R Gauges
- Otro:

32. Ingeniería

Por favor, marque TODAS las que correspondan:

- Lab. de diseño e Ingeniería
- Workstations
- Impresoras
- Scanners
- MProtRápidos
- CAD/CAM/CAE

33. Otras necesidades de maquinaria y quipos, herramientas y accesorios o ingeniería

R:

Necesidades estratégicas

34. Materiales y productos

Por favor, elija la respuesta apropiada para cada entrada:

	Urgente	Necesaria	Deseable
Aluminio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Acero	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zinc	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Resinas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Textiles	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prod terminados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

35. Metalmecánica

Por favor, elija la respuesta apropiada para cada entrada:

	Urgente	Necesaria	Deseable
Fundición	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Forja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Laminado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rolado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Maquinado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Estampado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Electroerosión	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Troquelado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Inyecc. a presión	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

36. Maquila y servicios

Por favor, elija la respuesta apropiada para cada entrada:

	Urgente	Necesaria	Deseable
Corte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Soldadura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Recubrimientos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tratamientos térmicos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

37. Plásticos

Por favor, elija la respuesta apropiada para cada entrada:

	Urgente	Necesaria	Deseable
Inyección	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Compresión	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Transferencia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Soplo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Termo formado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Unión	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

38. Automatización

Por favor, elija la respuesta apropiada para cada entrada:

	Urgente	Necesaria	Deseable
Celdas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Programación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ensamble	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

39. Otras necesidades estratégicas de materiales y productos, metalmecánica, maquila y servicios, plásticos o automatización

R:

Necesidades estratégicas (Apoyo tecnológico)

40. Capacitación, consultoría, certificaciones

Por favor, elija la respuesta apropiada para cada entrada:

	Urgente	Necesaria	Deseable	Interna	Externa
Compras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Finanzas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Proveeduría	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Logística	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Calidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Producción	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6 Sigma	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lean manufact	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Metrología	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Calibración	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Materiales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fundición	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tratam. térmicos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Recubrimientos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Maquinado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Electrónica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Automatización	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Control	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CAD	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CAM	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CAE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

41. Diseño

Por favor, elija la respuesta apropiada para cada entrada:

	Urgente	Necesaria	Deseable	Interna	Externa
Productos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Moldes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Troqueles	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Matrices	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gauges & fixtures	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prueba lab.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prototipos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

42. Fabricación

Por favor, elija la respuesta apropiada para cada entrada:

	Urgente	Necesaria	Deseable	Interna	Externa
Dados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Moldes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Troqueles	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Matrices	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gauges & fixtures	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

43. Mantenimiento

Por favor, elija la respuesta apropiada para cada entrada:

	Urgente	Necesaria	Deseable	Interna	Externa
Dados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Moldes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Troqueles	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Matrices	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gauges & fixtures	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

44. Otras necesidades estratégicas de capacitación, consultoría, certificaciones, diseño, fabricación o mantenimiento
cursos de inyección

45. ¿Buscan certificaciones?

Elige una respuesta

Sí No

46. ¿Cómo lo hacen actualmente?

R:

47. En sus tareas de diseño ¿qué tan avanzado es su uso de CAD/CAM/CAE?

Elige una respuesta

100 75 50 25 0

48. ¿Vida útil de sus herramientas?

R:

49. Nombre y ubicación de sus proveedores de herramientas

R:

Planes de inversión en mejora de manufactura en los próximos 1,2 y 5 años (miles de dólares)51. Metales

50. Metales

	1 año	2 años	5 años
Fundición			
Forja			
Rolado			
Troquelado			
Estampado			
Iny. a presión			
Recubrimientos			
Electroerosión			
Maquinado			
Rectificado			
Tratam. térmicos			
Corte láser			
Corte plasma			
Corte agua			
Sold. resistencia			
Sold. láser			
Sold. fricción			
Sold. TIG			
Sold. MIG			
Soldadura plasma			

51. Plásticos

	1 año	2 años	5 años
Inyección			
Soplo			
Compresión			
Transferencia			
Termo formado			
Extrusión			

52. Otros planes de inversión en metales y plásticos

R:

Planes de inversión en los próximos 1, 2 y 5 años (miles de dólares)

53. Capacitación, consultoría y certificaciones

	1 año	2 años	5 años
Compras			
Finanzas			
Proveeduría			
Logística			
Calidad			
Producción			
6 sigma			
Lean manufacturing			
Metrología			
Calibración			
Materiales			
Fundición			
Tratamientos térmicos			
Recubrimientos			
Maquinado			
Electrónica			
Automatización			
Control			
CAD, CAM, CAE			

54. Diseño

	1 año	2 años	5 años
Productos			
Dados			
Moldes			
Troqueles			
Matrices			
Gauges & Fixtures			
Pruebas de laboratorio			
Prototipos			

55. Fabricación

	1 año	2 años	5 años
Dados			
Moldes			
Fabricación			
Gauges & Fixtures			

56. Mantenimiento

	1 año	2 años	5 años
Dados			
Moldes			
Matrices			
Gauges & Fixtures			

57. Otros planes de inversión en consultoría, certificaciones, diseño, fabricación o mantenimiento

R:

Evaluación global de la situación del ramo

58 . Desarrollo tecnológico (Perfecto = 100%, deficiente absoluto = 0%)

Por favor, elija la respuesta apropiada para cada entrada:

	100	80	60	30	0
Infraestructura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mantenimiento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Calidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Diseño	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

59. Capital Humano (perfecto = 100%, deficiente absoluto = 0%)

Por favor, elija la respuesta apropiada para cada entrada:

	100	80	60	30	0
Profesionistas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Técnicos o especialistas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Posgrados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

60. Identifique fortalezas generales

	Nombre
Fortaleza 1	
Fortaleza 2	
Fortaleza 3	
Fortaleza 4	
Fortaleza 5	
Fortaleza 6	
Fortaleza 7	
Fortaleza 8	
Fortaleza 9	
Fortaleza 10	

61. Identifique debilidades generales

	Nombre
Debilidad 1	
Debilidad 2	
Debilidad 3	
Debilidad 4	
Debilidad 5	
Debilidad 6	
Debilidad 7	
Debilidad 8	
Debilidad 9	
Debilidad 10	

62. ¿Qué sistemas o técnicas de mantenimiento practica su empresa?

R:

63. ¿Necesita capacitación o consultoría en sistemas o técnicas de mantenimiento?

Sí No

64. ¿Qué sistemas o técnicas de calidad practica en su empresa?

R:

65. ¿Necesita capacitación o consultoría en sistemas o técnicas de calidad? Elige una respuesta

Elige una respuesta

Sí No

Evaluación de proveedores nacionales y extranjeros

66. Nacionales (1 = muy mala, 5 = muy buena)

Por favor, elija la respuesta apropiada para cada entrada:

	1	2	3	4	5
Calidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Capacidad productiva	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Confiabilidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Costo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tiempo de entrega	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

67. Extranjeros (1 = muy mala, 5 = muy buena)

Por favor, elija la respuesta apropiada para cada entrada:

	1	2	3	4	5
Calidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Capacidad productiva	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Confiabilidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Costo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tiempo de entrega	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Acciones o estrategias necesarias

68. Desarrollo tecnológico (no absoluto = 100%, sí absoluto = 0%)

Por favor, elija la respuesta apropiada para cada entrada:

	100	80	60	30	0
Diagnósticos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Auditorías	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Consultorías	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Desarrollo de proyectos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Alianzas tecnológicas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

69. Desarrollo de talento humano (no absoluto = 100%, sí absoluto = 0%)

Por favor, elija la respuesta apropiada para cada entrada:

	100	80	60	30	0
Profesionistas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Técnicos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cursos o Talleres	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Seminarios	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Diplomados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

70. Otras acciones o estrategias necesarias

R:

Visión de la empresa

71. Capacidad tecnológica de sus proveedores nacionales (1 = muy mala, 5 = muy buena)

1 2 3 4 5

72. Existe política de cooperación tecnológica y desarrollo con sus proveedores (1 = totalmente en desacuerdo, 5 = totalmente de acuerdo)

Elige una respuesta

1 2 3 4 5

73. Existe política de cooperación tecnológica y desarrollo con sus clientes (1 = totalmente en desacuerdo, 5 = totalmente de acuerdo)

Elige una respuesta

1 2 3 4 5

Preguntas generales

74. ¿Qué papel tiene la innovación en la planificación de su empresa a largo plazo?

Elige una respuesta

- No se prevén innovaciones substanciales del negocio en los próximos tres años.
- Se prevén algunos cambios en el sector en los próximos tres años y se admite que eso afectará a los productos y procesos de fabricación actuales. Reaccionaremos cuando estos cambios lleguen.
- La empresa planifica estratégicamente el negocio teniendo en cuenta las nuevas tendencias del mercado, lo que hacen sus competidores y las nuevas tecnologías.

75. La gestión de la innovación en su empresa

Elige una respuesta

- En la empresa no existe la necesidad de disponer de una metodología para gestionar la innovación.
- La innovación está asociada al desarrollo de nuevos productos y servicios. Existe un responsable que gestiona y asigna tareas, en función de su criterio y de la exigencia del mercado.
- El proceso de innovación está estructurado en etapas clave y las diversas áreas de la empresa participan de manera simultánea. Se aportan medios y recursos concretos para gestionar el proceso de innovación.

76. ¿Cómo se transmite el conocimiento en su empresa?

Elige una respuesta

- No se dedican esfuerzos para formar a los trabajadores ni se incorporan conocimientos mediante la contratación de personas tituladas o con experiencia técnica.
- Se proporciona formación continua aunque no se dispone de un plan de formación específica para cada puesto de trabajo. Se contrata personal técnico cualificado.
- Existe y se aplica un plan para el desarrollo profesional de los trabajadores. Existe un método de aprendizaje estructurado, para aprender de los éxitos y los fracasos.

77. ¿Cómo se transmite la cultura de innovación en su empresa?

Elige una respuesta

- Los aspectos de innovación no son tratados de manera habitual en la comunicación de la empresa con trabajadores y clientes.
- La dirección de la empresa habla de innovación aunque no se transmite que se entiende por innovar. No se documenta el compromiso de la dirección con la innovación.
- La empresa entiende la innovación como una fuente de competitividad y lo ha incorporado a sus valores, los trabajadores y clientes participan de ello.

78. ¿Cómo se identifican las necesidades de los clientes y las necesidades de la competencia?

Elige una respuesta

- Se crean nuevos productos en base a instrucciones. No se analizan internamente las causas por que algunos productos han tenido éxito y otros no.
- La empresa confía en su experiencia en el sector y en su red de representantes y distribuidores habituales porque le aporta información relevante para crear nuevos productos.
- La empresa hace un seguimiento especial de los clientes más exigentes e innovadores. Se realizan prospecciones, estudios de tendencia de mercado y análisis de actividades de la competencia para obtener nuevas ideas y aumentar el nivel de satisfacción de las necesidades del cliente.

79. ¿Cómo se estimula en la empresa la creatividad, la generación de ideas y el espíritu innovador?

Elige una respuesta

- La aportación de ideas o sugerencias de mejora se dan raramente. No se ha creado un ambiente especial que favorezca las discusiones en el entorno de trabajo.
- En la empresa todo el mundo es invitado a aportar nuevas ideas y proponer mejoras. Se organizan reuniones de equipo para informar y recibir comentarios.
- Existen mecanismos específicos para recompensar la creatividad, la aportación de ideas y el espíritu innovador. Se recibe respuesta de la dirección sobre las sugerencias hechas. Existen ideas que se han llevado a la práctica.

80. Mecanismos de filtración de ideas y selección de proyectos a financiar

Elige una respuesta

- No existe ningún procedimiento establecido para seleccionar los proyectos a desarrollar. Lo complicado es generar nuevas ideas.
- Los nuevos proyectos se seleccionan a partir de los resultados de los estudios de viabilidad técnica, no se estima su rentabilidad económica.
- Se generan muchas ideas que son seleccionadas por su viabilidad técnica y rentabilidad esperada de acuerdo con parámetros de calidad, precio, recursos y tiempo de mercado determinantes.

81. ¿Cuál es la información con la que se cuenta para iniciar el desarrollo de un nuevo producto?

Elige una respuesta

- El desarrollo se inicia basándose en especificaciones iniciales que han de cumplir nuestros productos y con información suficiente de las necesidades del cliente.
- El desarrollo se lleva a cabo con indicaciones aproximadas de las condiciones a cumplir por los nuevos productos. Funciones, calidad, precio, recursos y tiempos de desarrollo.
- Los proyectos de I+D+I se realizan conforme a un informe previo de condiciones iniciales. Incluye las especificaciones funcionales, calidad, precio, recursos, tiempo de desarrollo y objetivos comerciales y financieros. Dicho informe se actualiza durante el desarrollo.

82. ¿En qué grado se incorpora el diseño en el desarrollo de nuevos productos?

Elige una respuesta

- El diseño es considerado un elemento accesorio que no precisa una atención especial. Si se precisa se contrata.
- El diseño se incorpora en las diversas fases de ejecución del proyecto, mediante diseñadores internos o externos.
- El diseño se incorpora de una forma integrada. Se utiliza diseño industrial para mejorar la funcionalidad del producto, simplificar los componentes, mejorar su facilidad de fabricación y mejorar su apariencia.

83. ¿En qué grado se emplean herramientas de desarrollo (CAD-CAM, prototipos, simulación, etc.)?

Elige una respuesta

- No se hace uso de herramientas avanzadas para el desarrollo de productos. No está en marcha su implantación.
- Se hace uso de herramientas avanzadas para el desarrollo de productos, esto permite a la empresa aumentar su capacidad de diseño e interactuar mejor con clientes y proveedores. La empresa se muestra activa en la renovación de estos instrumentos y en el desarrollo de propios.
- Se hace uso de herramientas avanzadas para el desarrollo de productos. Todavía no se trabaja de una forma integrada dentro de la empresa, ni en red con los proveedores y clientes.

84. ¿En qué grado se realiza seguimiento de las tecnologías de fabricación, gestión de procesos productivos y modelos de organización?

Elige una respuesta

- No se realiza seguimiento de las tecnologías de fabricación empleadas por las empresas del sector.
- Se realiza seguimiento mediante lectura de revistas especializadas y asistencia a cursos, congresos y ferias, etc., que facilitan el seguimiento de la evolución de las tecnologías de la producción.
- Existen mecanismos de benchmarking que permiten conocer las tecnologías de producción y los modelos organizativos de empresas líderes.

85. ¿En qué grado se planifica la adjudicación de recursos destinados al desarrollo de nuevos procesos productivos?

Elige una respuesta

- No existe una planificación de recursos financieros destinados específicamente al desarrollo de nuevos procesos productivos.
- El director de producción tiene la responsabilidad de mejorar los procesos productivos.
- Existe un responsable y un equipo de colaboradores que tienen la misión de redefinir y mejorar los procesos productivos, de acuerdo a objetivos concretos. Existe un presupuesto anual.

86. ¿Cómo se valora el valor añadido derivado de la innovación en los procesos productivos?

Elige una respuesta

- No se realizan estudios periódicos de identificación de las operaciones más costosas o de menor valor añadido.
- Aun cuando no existen estudios periódicos, eventualmente se han identificado las operaciones más costosas o que añaden menos valor y se están activando las acciones necesarias para implantar mejoras.
- Periódicamente se realizan estudios para identificar las operaciones más costosas o que añaden menos valor.
- Se analizan soluciones y se implementan mejoras o cambios derivados para abaratar la producción, flexibilizarla o mejorar la calidad. Esto ha producido nuevos conceptos o mejoras sustanciales del producto.

87. ¿Se emplean herramientas avanzadas de definición y control de procesos productivos (simulaciones, control estadístico de procesos, etc.)?

Elige una respuesta

- No se hace uso de herramientas avanzadas para el control de los procesos de producción. No están en marcha mecanismos para implantarlos.
- La empresa está experimentando el uso de herramientas para la definición y el control de los procesos productivos, ya se han obtenido resultados en cuanto a la mejora de eficiencia.
- La aplicación de herramientas para la definición y el control de los procesos productivos es generalizada y la empresa adopta una actitud activa de actualización periódica y adaptación de estos instrumentos. Se han replantado procesos productivos.

88. ¿Cómo identifica y evalúa la empresa los conocimientos y tecnologías clave para el desarrollo de su negocio y su impacto futuro?

Elige una respuesta

- No se necesita tener de manera explícita mecanismos de vigilancia tecnológica.
- El seguimiento de las tecnologías emergentes se hace analizando los productos de la competencia y las novedades que presentan los líderes del sector en las ferias internacionales.
- La empresa realiza análisis técnicos de los productos de la competencia, crea mapas tecnológicos, está al día de la nueva legislación, consulta el registro de patentes, tiene identificadas las fuentes de conocimiento y emplea esta información para incorporar nuevas tecnologías a sus productos.

89. ¿Existe un plan estratégico para incorporar las nuevas tecnologías al desarrollo de productos, una dotación presupuestaria y una estimación de rentabilidad?

Elige una respuesta

- No existe un plan estratégico para incorporar nuevas tecnologías a la empresa ni previsiones de adjudicación de recursos financieros para esta finalidad.
- No existe todavía un plan tecnológico concreto, pero se quiere que los nuevos productos incorporen las tecnologías más avanzadas y se hace una provisión de los recursos financieros necesarios por abordar la I+D+I del proyecto.
- Existe un plan estratégico a medio o largo plazo para incorporar nuevas tecnologías a la producción. En el plan se asigna un responsable y un presupuesto para I+D+I que incluye una estimación de la rentabilidad y el riesgo esperado de la inversión.

90. ¿Existe algún procedimiento para decidir qué parte de I+D+I se realiza internamente y cuál se subcontrata?

Elige una respuesta

- La empresa no abstruye, por el momento, actividades de I+D+I, ni interna ni externamente.
- Para los proyectos de I+D+I se analiza la conveniencia económica y estratégica de realizarla I+D+I internamente o subcontratarla.
- Se definen claramente los conocimientos y tecnologías estratégicas para la empresa que conviene desarrollar internamente.
- La empresa tiene los medios adecuados para ejecutar correctamente los proyectos y coordinar la subcontratación y para gestionar la relación tecnológica con clientes y proveedores.

91. ¿Se mantienen relaciones estables con los proveedores de tecnología (Centros tecnológicos, Universidades, Ingenierías...)?

Elige una respuesta

- La empresa desconoce la existencia de proveedores externos de tecnología y no trabaja conjuntamente con sus proveedores aspectos de innovación tecnológica.
- Se realizan contactos puntuales (consultas esporádicas). Los proveedores más avanzados hacen sugerencias de mejora tecnológica.
- Existen procedimientos para decidir qué actividades de I+D+I se tienen que subcontratar. Al fallar del proyecto, se hace una evaluación de los resultados y de la calidad. Los proveedores participan activamente en el desarrollo tecnológico de los nuevos productos aportando propuestas. La empresa ha establecido alianzas tecnológicas con empresas complementarias.

92. ¿Se conocen los mecanismos de protección de la propiedad intelectual y las ayudas públicas a la I+D+I?

Elige una respuesta

- Se desconocen las acciones para proteger la propiedad intelectual resultando de un proyecto de I+D+I. Tampoco se conocen los programas institucionales a la I+D+I.
- No existen mecanismos establecidos por decidir si se protege o no la propiedad intelectual de los resultados de investigación, si la conveniencia es clara se adoptan acciones concretas. La empresa conoce bien los programas de fomento nacional y regional de apoyo a la I+D+I.
- Existen mecanismos para decidir la conveniencia de proteger la propiedad intelectual, son aplicados sistemáticamente a todas las acciones de desarrollo que lo requieren. La empresa participa activamente en programas de I+D+I de la Unión Europea y disfruta de las deducciones fiscales por I+D+I en su impuesto de sociedades.

Tipo De Manufactura

93. Tipo de operación realizada

Elige una respuesta

- Procesamiento
- Procesamiento y preparación simple
- Ensamble

94. Estaciones de trabajo

Elige una respuesta

- Una estación de trabajo
- Más de una estación de ruteo fijo
- Más de una estación de ruteo variable

95. Manipulación de materiales

Elige una respuesta

- Carga y descarga de unidades de trabajo
- Posiciona unidades de trabajo en cada estación
- Almacena temporalmente unidades de trabajo en cada estación

96. Layout

Elige una respuesta

- Estación simple
- Múltiples estaciones de trabajo con ruta fija
- Múltiples estaciones de trabajo con ruta variable

97. Máquinas de producción

Elige una respuesta

- Manuales
- Semi-automáticas
- Automáticas

98. Transporte de materiales

Elige una respuesta

- Manual
- Automático de ruteo fijo
- Automático de ruteo variable

99. Sistemas de control por computadora

Elige una respuesta

- Comunica instrucciones a los operadores
- Maneja programas de partes para los CNC
- Control de manejo de materiales
- Planeación de la producción
- Diagnóstico de fallos
- Monitores de seguridad
- Control de calidad
- Manejo de operaciones

100. Recursos Humanos

Elige una respuesta

- Opera manualmente
- Controla y supervisa las máquinas
- Programa, da mantenimiento y repara

101. Nivel Manning (Tiempo que un trabajador dedica a atender una estación de trabajo)

Elige una respuesta

- M > 1 (Múltiples trabajadores atienden una estación)
- M = 1 (Solo un trabajador está en la estación)
- M < 1 (Un trabajador atiende más de una estación)

102. Combinaciones de acuerdo al tipo de manufactura

Elige una respuesta

- Tipo IM (Estación simple manual)
- Tipo IA (Estación simple automatizada)
- Tipo IM (sistema multi-estación manual con ruteo fijo)
- Tipo IIA (sistema multi-estación automatizada con ruteo fijo)
- Tipo IIA (Sistema híbrido multi-estación con ruteo fijo)
- Tipo IIM (Sistema multi-estación manual con ruteo variable)
- Tipo IIIA (Sistema multi-estación automatizada con ruteo variable)
- Tipo IIIM (Sistema híbrido multi-estación automatizada con ruteo fijo)

103. Variedad de productos

Elige una respuesta

- Sin variedad de producto
- Variedad de productos suaves
- Variedad típica de productos duros

104. Flexibilidad debida a la variedad del producto

Elige una respuesta

- No requiere
- Alguna flexibilidad
- Flexible

105. Variaciones del modelo

Elige una respuesta

- Modelo simple
- Modelo de lotes
- Modelo mixto

106. Flexibilidad en el sistema

Elige una respuesta

- Las diferentes unidades de trabajo están identificadas
- Rápidos cambios de instrucciones de operación
- Rápido cambio de la instalación física

107. Sistemas de manufactura reconfigurable

Elige una respuesta

- No lo tiene, las partes del sistema están ancladas
- Fácil movilidad
- Diseño modular de los componentes del sistema

108. Características de un sistema de manufactura reconfigurable

Elige una respuesta

- No lo tiene
- Arquitectura abierta en componentes de control
- Estaciones de trabajo CNC
- Madurez productiva

109. Características de la organización

Elige una respuesta

- No dispone de un ambiente estable para el mantenimiento de los procesos. Se utilizan técnicas correctas de ingeniería pero los esfuerzos se ven minados por falta de planificación.
- Dispone de prácticas institucionalizadas de gestión de proyectos
- Dispone, además de una buena gestión de proyectos, de correctos procedimientos de coordinación entre grupos, formación del personal, técnicas de ingeniería más detallada
- Usa de modo sistemático la métrica para la toma de decisiones y la gestión de riesgos
- Dispone de un proceso de innovación para los procesos y lo gestiona

110. Empleo de la métrica en el proceso

Elige una respuesta

- La organización no ha establecido las métricas necesarias
- La organización cuenta con las métricas básicas
- La organización cuenta con un nivel avanzado de métricas
- La organización tiene un conjunto de métricas significativas
- La organización hace uso intensivo de las métricas

111. Manejo de los proyectos

Elige una respuesta

- La mayoría de las veces está basado en el esfuerzo personal
- La relación con los involucrados se gestiona sistemáticamente
- Se implementan técnicas de revisión por pares (peers)
- Los proyectos se realizan por un equipo conformado por profesionales con experiencia
- Se cuenta con una entidad dentro de la organización que está encargada de proyectos

112. Calidad de los proyectos

Elige una respuesta

- A menudo se producen fracasos en la producción
- Casi siempre existen retrasos y sobrecostos en la producción
- El producto cumple con las normas
- El producto resultante es de alta calidad al superar las normas
- Las innovaciones de calidad representan ventajas competitivas

113. Resultados del proceso productivo

Elige una respuesta

- El resultado es impredecible
- Usualmente el resultado es el esperado
- Se logra el resultado esperado
- Los resultados permiten a la empresa mantenerse en el mercado
- Los resultados obtenidos representan ventajas competitivas

Observaciones o sugerencias finales

114. Observaciones o sugerencias finales

R:

2.4 TIPOS DE ERRORES SISTEMÁTICOS DE LOS HUMANOS EN EL DISEÑO DE HERRAMENTAL PARA ESTABLECER SU MEJORA.

Los errores sistemáticos presentados en el diseño de herramientas son derivados de causas propias que se presentan en los diseñadores con falta de capacitación. Nuestro país carece de personal capacitado para el diseño de herramientas ya que el sector automotriz está entre los más demandantes y provoca que se solicite mano de obra extranjera para realizar el diseño y fabricación de los herramientas. En la actualidad existen pocas empresas que se dedican al diseño y fabricación. La capacitación es el principal factor para cometer errores en el diseño de herramientas para ello se realizó una encuesta la cual proporciona información valiosa que muestra las fortalezas y debilidades. En base a los errores sistemáticos que se encontraron en la encuesta realizada se definirán el comportamiento estadístico de diseño de herramientas e este capítulo.

Tipos de errores cometidos en los procesos

La confiabilidad no solo es útil en las diversas formas de estimación utilizadas para conocer a ciencia cierta los posibles efectos de falla en términos de costo y pérdida. También es de gran relevancia analizar aspectos de seguridad y de mantenimiento que pueden repercutir en daños a personas y bienes.

Analizar el papel del mantenimiento de equipo y maquinaria en el aumento de la confiabilidad de los recursos tecnológicos es una estrategia para saber administrar de una manera más efectiva el mantenimiento de una organización.

Uno de los aspectos clave en la falla de un producto está relacionado con las consecuencias que dicha falla pueda tener sobre la seguridad humana o sobre la propiedad. Por ello se deben tener acciones y tomar precauciones durante el diseño y manufactura del producto, a fin de evitar y, si es posible, eliminar, potenciales fallas de este tipo. Un problema que se presenta al estudiar estas fallas es que éstas tienen una baja probabilidad de ocurrencia, por lo que recolectar datos para analizar causas y mejorar los productos es una acción limitada.

Las fallas generalmente son el resultado de una interacción de elementos tales como fallas de equipo, mantenimiento inadecuado, problemas con instrumentación y control y, sobre todo, errores humanos. En esta fase las herramientas de diagnóstico de fallas requieren un análisis más minucioso y particular en cada una de ellas.

Una de las fuentes principales de error es el ser humano; no importa si el error se debe a negligencia, ignorancia, descuido, falta de control, habilidad o falta de entrenamiento, lo cierto es que la incidencia puede ser catastrófica desde el punto de vista humano, económico o en ambos. Por ello, se debe poner especial atención a los requerimientos de habilidades y destrezas en la operación o uso del producto, con el fin de prevenir este tipo de situaciones mediante acciones correctivas o preventivas. En el mundo actual, han ocurrido gran cantidad de fallas catastróficas que se han atribuido a errores humanos.

El estudio de la influencia de errores humanos en las fallas es complejo. En este tipo de análisis deben considerarse tres limitaciones para modelar la incertidumbre: la primera es la variabilidad natural del rendimiento humano; la segunda es la forma de modelar probabilísticamente esa variabilidad, dado que intervienen aspectos de tensión, entrenamiento y capacidad; la tercera es la asignación de valores numéricos a las probabilidades, los cuales son solo aproximaciones. No obstante, es necesario incluir los errores humanos en estudios de falla,

pues su incidencia es significativa no solo en problemas de calidad e imagen sino también en aspectos de costo.

En sistemas modernos de producción, mediante la automatización de procesos se ha tratado de minimizar la intervención humana como un medio de reducir la incidencia de errores humanos. Sin embargo, estos prevalecen con menor frecuencia e intensidad, pues los sistemas deben aun ser sometidos a operaciones de programación y mantenimiento efectuados por personas. Se incluyen aquí los sistemas computarizados de servicio y los sistemas integrados de manufactura.

Los errores humanos en los sistemas de producción que tienen incidencia directa o indirecta en el producto se clasifican en aleatorios, sistemáticos y esporádicos; estos últimos son los más difíciles de analizar y controlar, pues no existe patrón alguno que permita anticipar la ocurrencia de los mismos y, generalmente, ocurren en el momento más inoportuno, causando atrasos en la producción o en el funcionamiento del producto.



Ilustración 42 Tipos de errores humanos

Los errores aleatorios ocurren sin posibilidad de predicción y su comportamiento no es conocido. Los errores sistemáticos tienen a centralizarse en un área específica; su estudio no es tan difícil, pues su incidencia tiende a ser siempre la misma, por lo que se pueden identificar sus causas. Los errores esporádicos ocurren por una pérdida momentánea de la atención, del control o debido a un descuido. Se deben establecer medios para evitar la incidencia de este tipo de errores.

Errores sistemáticos en el diseño

Las fallas en el diseño del troquel se hacen notorias aun cuando no se han estampado piezas, como por ejemplo los retrasos en el desarrollo de los mismos. Estas fallas nos ayudan a entender que hay una parte del proceso de diseño que ha encontrado complicaciones y que la podemos resolver antes de manufacturar el troquel lo cual nos ahorraría mucho tiempo y dinero.

Hemos identificado seis causas potenciales que se reflejan en fallas en el diseño de un troquel y cada una de estas fallas tiene sus propias sub-causas que a continuación se analizarán a través un diagrama de Causa-Efecto de las fallas en diseño de un troquel.

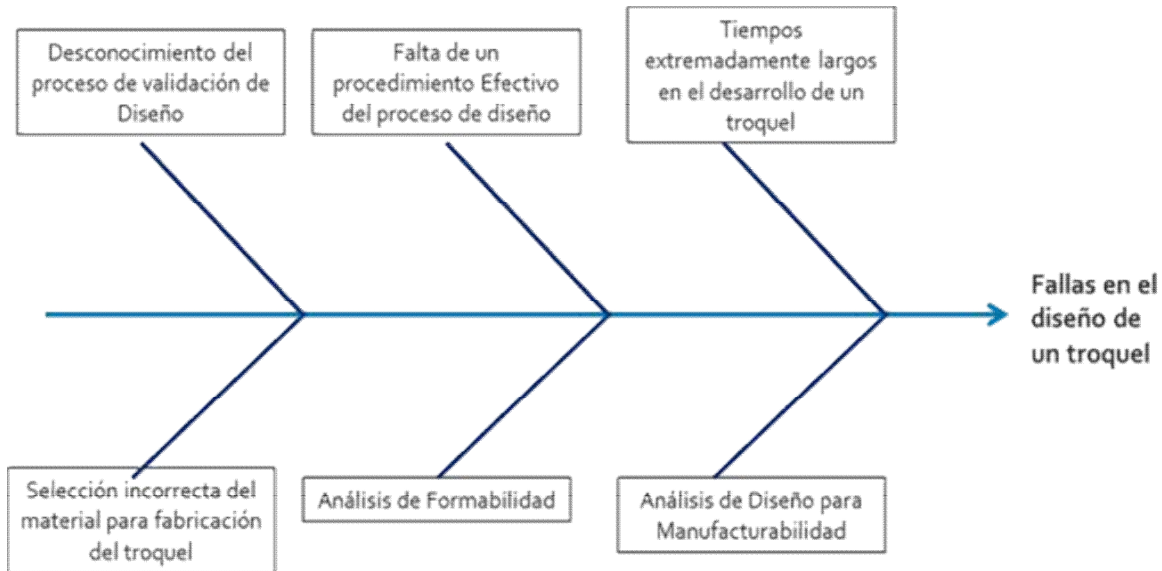


Ilustración 43 Fallas en el diseño de un troquel

Tiempos de desarrollo de un troquel extremadamente largos

El tiempo de desarrollo de un producto siempre ha sido un gran y costoso problema de cualquier empresa. Siempre se ha contemplado que hay que dar un seguimiento más allá de lo costeable a los grupos de ingeniería del producto para que se alcancen metas establecidas en planes de plazo. De igual forma dentro del grupo de ingeniería se debe trabajar en la gran mayoría de las ocasiones con herramientas que ayudan en poco al diseño del producto.

Una de las causas detectadas en el retraso de tiempos de entrega, es la falta de optimización de recursos entre el desarrollo de la herramienta y el diseño de la misma. Esto hace referencia a la diferencia de recursos entre el diseño de una pieza y los que se utilizaron para el desarrollo de la herramienta para poder manufacturar la pieza. Se tiene la creencia general de que el desarrollo de herramientas se puede hacer con software "más barato" que con el que se

concibió el automóvil completo o la pieza que vayamos a manufacturar. El hecho no es lo económico de un software, sino que muchos de éstos no cuentan con las herramientas que faciliten el desarrollo de un troquel. La funcionalidad del software no se limita únicamente a poder ver la pieza en 3D (ya que hay una gran variedad de software para estos fines como Solid Edge, SolidWorks, Autocad etc.), sino que hay programas especializados en el desarrollo de herramientas que ofrecen precisión en diseño y simulación, entre otros. También se ha encontrado que en muchas ocasiones se desarrolla un producto con herramientas 2D, lo cual imposibilita tener una mayor comprensión de la herramienta que se está desarrollando.

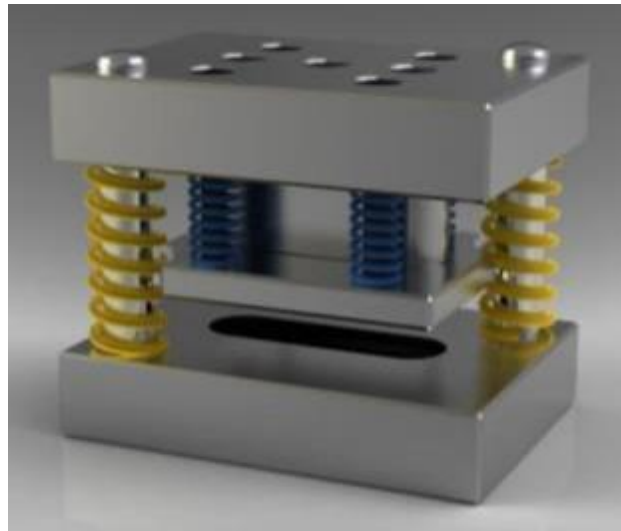


Ilustración 44 Realidad Virtual de un troquel

Desde luego, otra causa por la cual se tienen tiempos largos en el diseño y fabricación de los herramientas, es el desarrollo de habilidades de los recursos de diseño con los que cuenta la empresa.

Los grupos de ingeniería del producto deberían estar no solo capacitados para el trabajo que se les asigne, sino certificados como expertos en el uso de las herramientas. Aunque es muy

complicado hallar en el mercado personas con estas características, estos existen, aunque la mayoría de ellos fueron desarrollados por las empresas donde trabajan y muy difícilmente estas los dejarán ir a buscar otro empleo. El objetivo de la empresa está entonces en el desarrollo de los recursos humanos que aseguren el cumplimiento de las metas no sólo de tiempo sino de calidad en el desarrollo de los productos.



Ilustración 45 Capacitación de equipos de trabajo

Falta de un procedimiento efectivo de Diseño

Este error es muy común en los equipos de diseño que se encuentran con un nuevo desarrollo y no comprenden como arrancar la fase inicial del diseño del componente. Desde luego al no tener un buen inicio, el resto del proceso del diseño estará viciado. La esencia de la ingeniería es el diseño, es la función más importante a desarrollar por parte de un ingeniero, ya que del diseño se derivan todos los demás procesos como la producción, mantenimiento, etc.

Es de suma importancia tener grupos de ingeniería de diseño con pensamiento estructurado con una serie de pasos lógicos para lograr el diseño óptimo, que de acuerdo a los requerimientos para su utilización, será el desarrollo del herramental.

En muchas ocasiones los problemas que tenemos en la industria no se muestran de forma explícita y es necesario desarrollar una serie de actividades con el fin de detectar el problema que afecta al área de producción.

Un procedimiento nos indica cómo hacer el trabajo y que procesos se deben utilizar con respecto a una actividad dada. El procedimiento es un medio de instrucción que se diseña para representar el flujo de trabajo, excepto con la tarea cubierta. El procedimiento es fundamental para obtener resultados a partir de objetivos trazados.

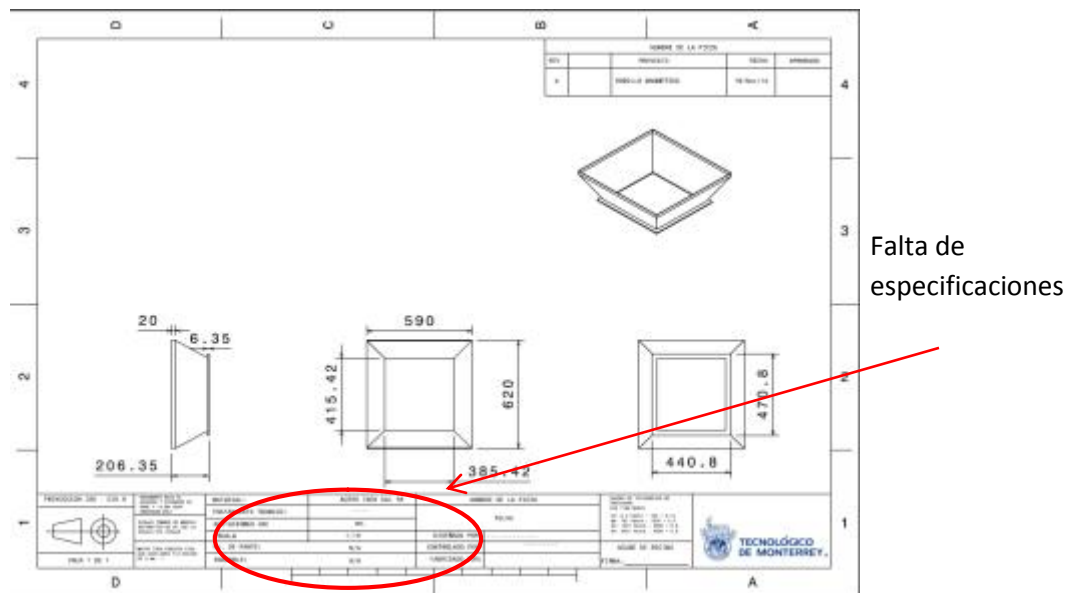


Ilustración 46 Plano con falta de especificaciones

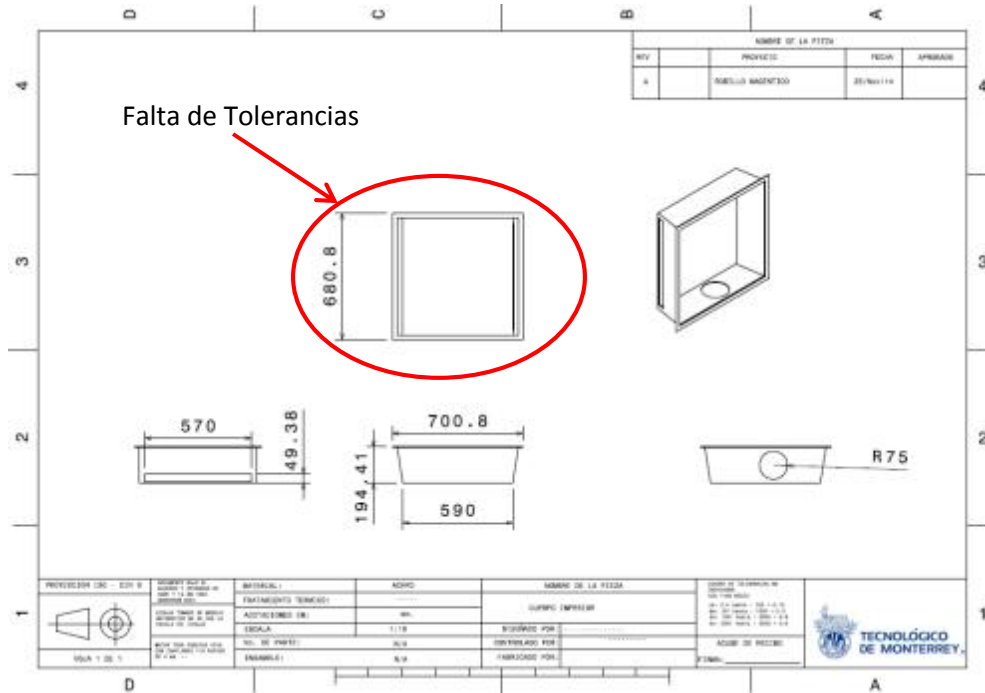


Ilustración 47 Plano con falta de tolerancias y normas

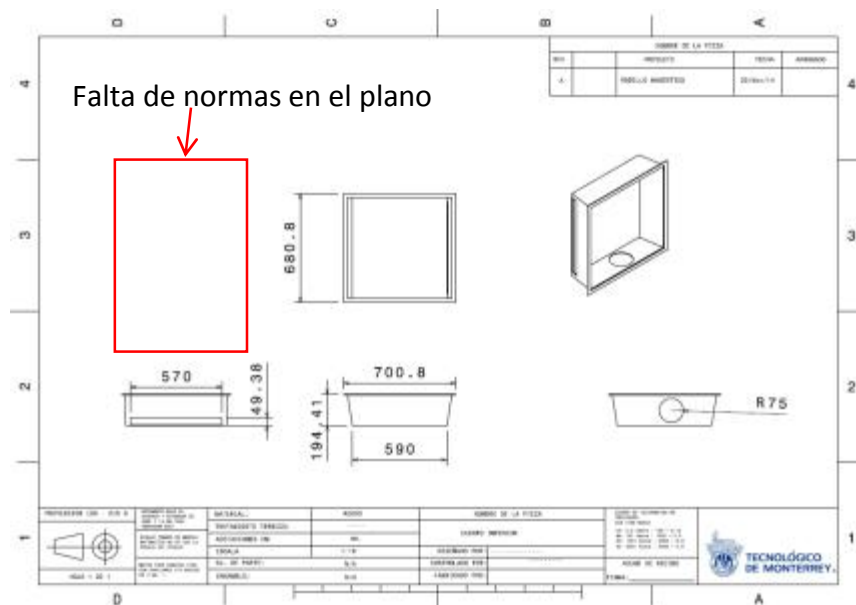


Ilustración 48 Falta de normas en planos

Análisis de Diseño para Manufacturabilidad

Para tener un mejor proceso de diseño siempre debe haber relación entre el diseño de las herramientas y el diseño de productos. El caso del diseño de un troquel no es la excepción, nunca debe haber un arranque del diseño de un producto sin haber tenido contacto con la pieza que se planea producir aunque sea de forma virtual 3D.

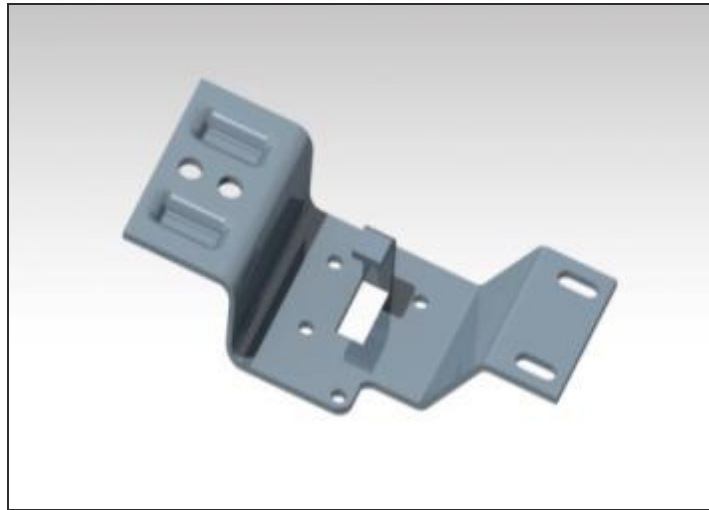


Ilustración 49 Realidad virtual de un componente estampado

El diseño para manufacturabilidad o también conocido como Diseño para Manufactura (DFM por sus siglas en inglés) es una técnica general de los grupos de ingeniería de productos que orientan a que los productos sean fáciles de manufacturar. Se centra en el diseño de una parte pero con una orientación a la producibilidad de los componentes, en otras palabras, que los productos no solamente sean fáciles de producir sino que también se tengan los recursos de manufactura para hacerlos. En algunas ocasiones un buen diseño es sumamente difícil de producir. Se ha detectado que en muy pocas ocasiones las áreas de manufactura le dan retroalimentación a las áreas de diseño, llamada “*Revisión de Diseño*” por lo que es importante establecer esos análisis de manufacturabilidad donde los equipos involucrados en la producción

del troquel y el diseño del mismo trabajen en conjunto para evitar costos mayores. El no dar seguimiento a los lineamientos del análisis de manufactura resultará en pérdidas de tiempo de manufactura lo que ocasionará que el troquel tarde en implementarse en la línea de producción, además de retrasos en la entrega de productos al ensamblador final.

En un análisis de manufacturabilidad se evalúa lo siguiente:

- Tipo de material
- Forma del troquel y sus componentes así como del material
- Tolerancias y dimensionamientos a cumplir
- Diseño y forma del troquel

Tipo de Material. Evalúa los tipos de materiales a utilizar desde el aluminio, latón y materiales suaves hasta aquellos que son más densos y más duros como el acero, acero inoxidable titanio y aleaciones exóticas. La evaluación de materiales se hace para encontrar cual sería el material ideal con el cual fabricar los troqueles y que no se dificulte la manufactura de los mismos.

Forma de los troqueles y sus componentes y del material. Evalúa las formas en las que se consiguen los materiales con los cuales se manufacturarán los troqueles. En muy pocas ocasiones se hacen evaluaciones de las formas geométricas en la que se compra el acero o el aluminio o cualquier material que se utilice para producir los troqueles. Comúnmente el diseño muestra el troquel y sus componentes en la forma final en la que deben quedar pero no se evalúa detalladamente si la empresa cuenta con la maquinaria ideal para hacer cortes, desbastes y todo lo relacionado a la manufactura del troquel.

Tolerancias y dimensionamientos a cumplir.

Las tolerancias geométricas con las que el componente debe cumplir es otro factor significativo que añade costo al maquinado de un componente. Durante la realización del diagnóstico se detectó que este es otro factor mínimamente evaluado en el diseño de troqueles. Se generan los troqueles para que produzcan los estampados con geometrías cerradas y no se evalúan las tolerancias que se pueden trabajar dependiendo de las formas que se estén produciendo.

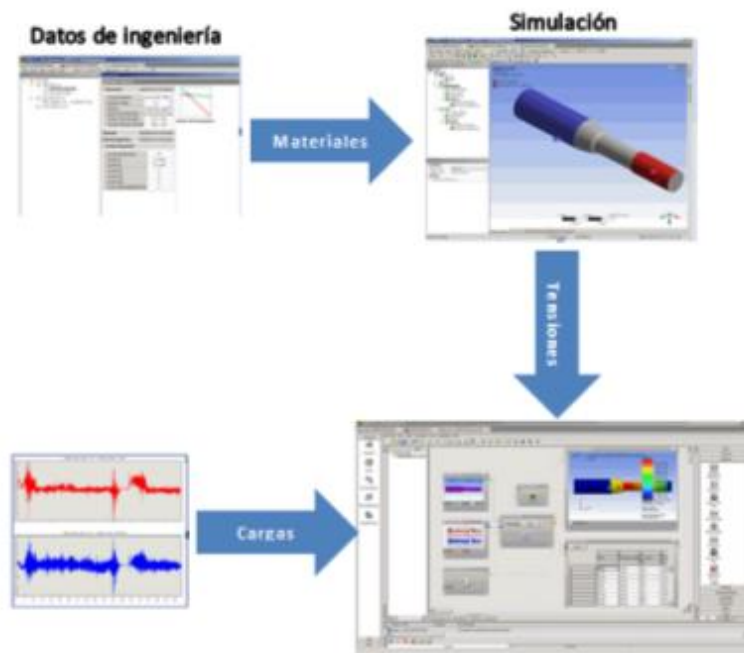


Ilustración 50 Ejemplos de un análisis de manufacturabilidad

Diseño y forma del troquel. La manufactura es un proceso de desbaste o en otras palabras de “quitar material”, pero el arranque de material no puede ser hecho en una sola operación, por lo cual el tiempo para hacer esa remoción de material es un factor importante para determinar el costo del maquinado, desde luego que el volumen de nuestro troquel, así como sus formas y

el tipo de herramental que se va a utilizar, determinarán el tiempo de maquinado y en muchas ocasiones no se hace esta evaluación y mucho menos se hace la evaluación de costos de manufactura por tiempos de corte etc.

Selección incorrecta de materiales

Otro factor que tiene impacto en las fallas en el diseño de troqueles es una incorrecta selección de materiales, ya que el uso de una base de datos que nos proporcione información de los materiales que ya se han utilizado con anterioridad es muy limitado. Es indispensable que el grupo de ingeniería del producto también tenga las bases de selección de materiales, conocimiento de pruebas de dureza de los mismos, conocer de los tipos de aleaciones con los que pueden trabajar etc., ya que esto evitará gastos innecesarios en la compra de materiales.

La selección de un material adecuado que luego va a ser transformado en un troquel que ayude a transformar otros materiales para el estampado de piezas es un proceso complejo. Todo producto manufacturado atraviesa por la secuencia de proyecto: Selección de material-evaluación-rediseño. En la evaluación de un material son muchas las consideraciones técnicas que se deben evaluar para tomar una decisión de selección.

En esta área tan compleja existen algunos métodos que pueden apoyar en una correcta selección de material para la fabricación de troqueles.

Método de historial. Este método admite que anteriormente ya funcionó algo con éxito y que pueden construirse otros troqueles con los mismos materiales o similares. Este método es sumamente útil y muy utilizado en la industria del estampado, sin embargo leves variaciones en las condiciones de la pieza final pueden variar la posibilidad de continuar estampando con materiales anteriormente utilizados. Desde luego que en la industria automotriz es una punta

de lanza en el desarrollo de tecnologías y de igual forma de materiales y estos cambios pueden perfectamente requerir unos materiales u operaciones de producción distintos. Igualmente es imprudente ignorar por completo lo valioso de las experiencias pasadas pero es imprescindible estar a la vanguardia en el desarrollo de nuevas tecnologías de materiales y tener las herramientas necesarias para enfrentar los nuevos cambios.

Otro método que se utiliza en la industria y que es muy parecido al anterior es intentar perfeccionar un troquel ya existente con el afán de reducir costos o mejorar la calidad de los productos estampados pero es muy común que se corra el riesgo de perder alguna de las condiciones iniciales del componente a producir.

Lo más prudente y minucioso es desarrollar un producto enteramente nuevo y es ahí donde se encuentra una causa potencial de fallas en el diseño de un troquel. La mayoría de los materiales utilizados en la industria automotriz están normalizados bajo las especificaciones de las empresas fabricantes de automóviles o dependen de organizaciones internacionales, de las cuales ellos forman parte como las Norma *DIN* alemanas o las especificaciones *SAE* estadounidenses, por lo cual es necesario encontrar una herramienta que cuente con una extensa base de datos de materiales basados en estas normativas.

Análisis de formabilidad

La formabilidad es la capacidad de una hoja de metal para someterse a deformación plástica y lograr una forma deseada sin causar defectos en el material. Los defectos que se puedan presentar deben considerarse aparte del conformado principal de la hoja o chapa de metal, estos procesos de conformado son los procedimientos de embutición y estiramiento.

La diferencia entre estos procedimientos de estampado se basa en la mecánica de los procesos de formación. Algunos de los defectos son causados por las herramientas de estampado, por los regímenes de fricción o por las propiedades mecánicas y metalúrgicas del material, así como de los parámetros geométricos. Para poder llevar a cabo este tipo de análisis de formabilidad es imprescindible realizar pruebas a las hojas de metal a transformar. Los valores obtenidos de todos los análisis realizados a las hojas de metal serán de gran ayuda en la definición de parámetros para el diseño del troquel que se usará.

Los resultados que se obtienen en el análisis de formabilidad dependen tanto de las características del material como de las variables de los procesos, los datos de concentración de esfuerzos y rangos de deformación serán de suma importancia en los análisis de formabilidad. A esta información se le conoce como caracterización del material y muchas de esas informaciones están en bases de datos de los distintos tipos de software de diseño de primera clase.

Tabla 18 Tolerancias de placas de acero.

Grosor	Tolerancias normales			Tolerancias de la chapa de la invención	
	EN 10051 Rollos en caliente	EN 10031 Chapas en frío		Tolerancias en caliente	Corona máxima
		Normales	Estrictas		
≥ 1,50	+/- 0,17	+/- 0,11	+/- 0,08	+/- 0,06	0,03
1,51-2,00	+/- 0,17	+/- 0,13	+/- 0,09	+/- 0,07	0,04
2,01-2,50	+/- 0,18	+/- 0,15	+/- 0,11	+/- 0,10	0,04
2,51-3,00	+/- 0,20	+/- 0,17	+/- 0,12	+/- 0,11	0,05
3,01-4,00	+/- 0,22			+/- 0,12	0,06
4,01-5,00	+/- 0,24			+/- 0,12	0,06
5,01-6,00	+/- 0,26			+/- 0,12	0,07
6,01-8,00	+/- 0,29			+/- 0,15	0,07

Para este tipo de análisis es imprescindible contar con software de diseño de clase mundial que cuenten con todas las herramientas que se necesitan para realizarlos, hay datos como la resistencia última a la tracción, el límite elástico, módulo de Young, ductilidad, dureza, exponente de deformación por endurecimiento y radio de deformación plástica que experimentalmente solo pueden ser obtenidos por medio de pruebas al material, sin embargo hay software que cuenta con extensas bases de datos de las propiedades de materiales que en conjunto con una simulación utilizando el modelo de la pieza a estampar (conocido como el modelo de la cara) se pueden determinar esos valores que se aplicarán en el proceso del diseño del troquel.

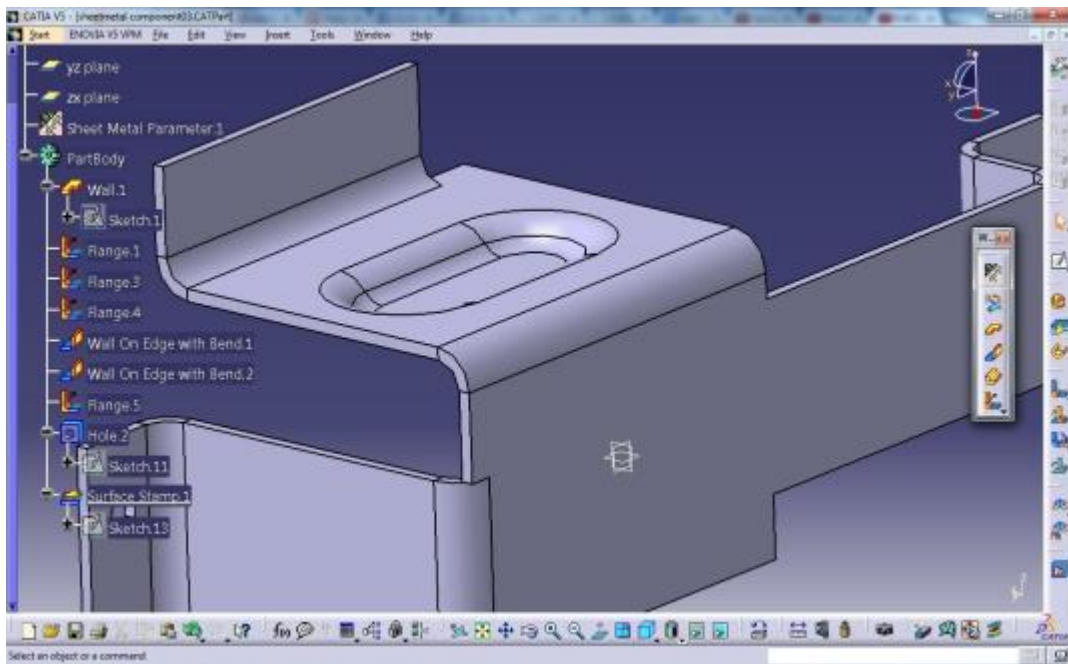


Ilustración 51 Análisis de Manufacturabilidad en CATIA V5.

Desconocimiento del proceso de validación de un diseño

La validación es la confirmación a través de evidencia objetiva de que un sistema, un diseño o un producto realizarán las funciones previstas. Estas funciones son determinadas en un inicio por uno de los clientes finales y el proceso de validación mostrará si el producto final es lo que realmente buscaba el cliente, si cubre las necesidades que se buscan satisfacer. En el caso de la producción de troqueles la validación de diseño de un troquel va de la mano con la validación de diseño de la pieza estampada que va a producirse con ese troquel. Desde luego que hacerlo con piezas físicas sería muy costoso, no sólo por el material que se tendría que invertir en los prototipos físicos de la pieza final, sino también en los herramentales que se utilizarían para producir esos prototipos. En otras palabras si un prototipo necesita ser re-trabajado entonces todo el herramental sufriría cambios y se tendrían que generar re-trabajos en los herramentales ya producidos o generar nuevos.

Es por esto que encontramos como una potencial causa de falla en el diseño de herramental la falta de una validación del propio diseño, y como ya lo hemos explicado, de una validación virtual, corriendo simulaciones que nos provean la seguridad de que el herramental que vamos a utilizar es el ideal para producir la pieza que necesita el cliente. Desde luego que habrá una verificación física posterior para verificar que las partes cumplen con las especificaciones pero la validación virtual es de gran ayuda en la economía de pruebas de prototipos físicos.

Para tener éxito en el mercado global, las empresas manufactureras se involucran cada vez más en la expansión de modelos de simulación de productos y procesos (cadenas de calor), poniendo énfasis en simulaciones del ciclo de vida y en el diseño basado en variaciones del producto para así obtener tanto calidad del producto como procesos robustos. Estos métodos de validación son vitales para reducir fallas en el proceso de creación de un troquel y generan de forma eficiente y efectiva cambios de ingeniería.

Comúnmente esta herramienta no ha sido explotada por compañías mexicanas que se dedican a la fabricación y mantenimiento de troqueles. Estas herramientas no solo añadirían calidad a la creación de los herramentales sino que esto ahorraría tiempo en el desarrollo de los mismos y mejor aún, disminuiría riesgos de fallas en el producto final, además de representar grandes ahorros en la creación de prototipos físicos. Actualmente los procesos de validación de los productos se basan en la conformidad del producto respecto a la funcionalidad del mismo y la capacidad del proceso. Sin embargo incluso el diseño más robusto puede estar sujeto a fallas durante la verificación del producto y es en ese momento cuando un re-diseño se encarece.

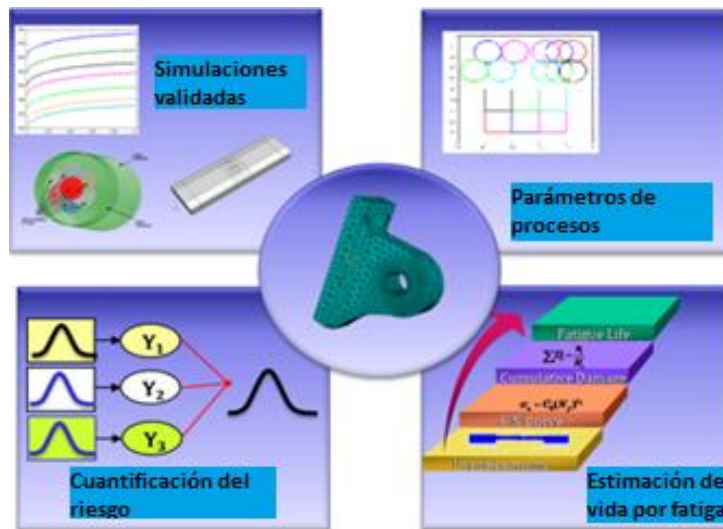


Ilustración 52 Ejemplo de Análisis de Validación de un diseño

Comportamiento estadístico en el diseño de herramientas

El comportamiento que muestra la encuesta esta en base a identificar fortalezas y debilidades de las empresa las cuales propocionan información valiosa. En la actualidad existen una variedad de fallas que debilita los procesos, para ello la encuesta arrojará información que lleva a un análisis de las condiciones que se presentan en la actualidad. La encuesta se califica de (0 – 10) esto dependerá de la situación actual en la que se encuentra cada empresa.

De acuerdo a la información que se recabo de la situación actual en la que se encuentran el uso de CAD/CAM/CAE en la industria, se concluye que el nivel de conocimiento de este software es muy básico lo que genera tiempos de entrega largos y errores de diseño a continuación se muestra el nivel de conocimiento en el manejo de estas herramientas.

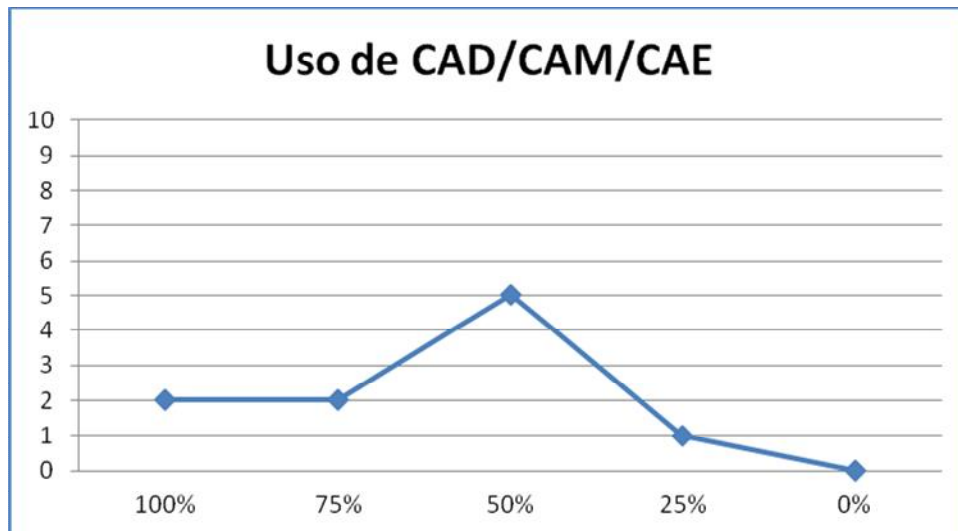


Ilustración 53 Uso de software CAD/CAM/CAE

De acuerdo a la encuesta que se aplico existen ciertas necesidades para incrementar la capacitación en ciertas áreas de la organización, lo que manifiesta es lo siguiente las áreas de calidad y mantenimiento son más vulnerables a los errores y en los cuales existen áreas de oportunidad para disminuir los errores.

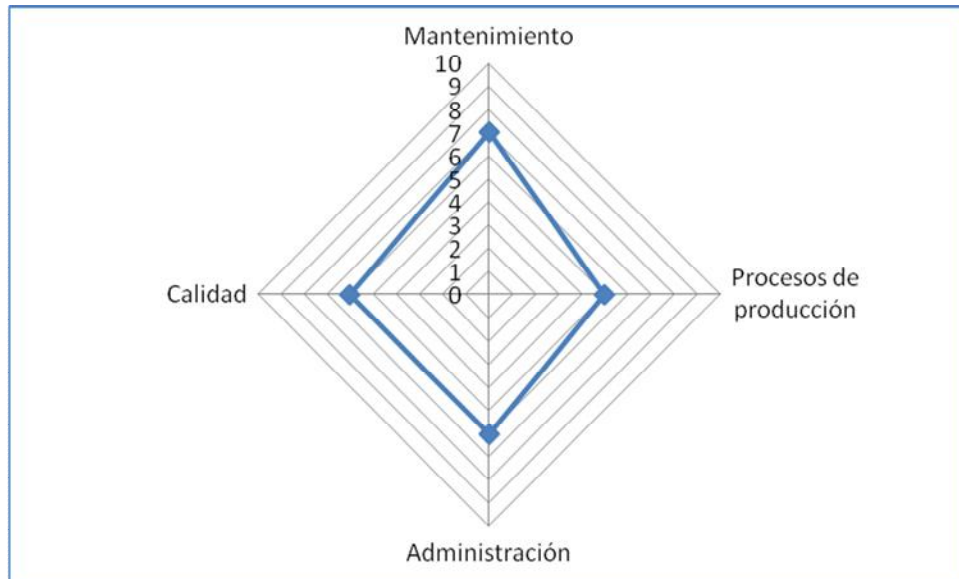


Ilustración 54 Áreas de capacitación

Una de las áreas que demanda la mayoría de las empresas es la fabricación de herramientas en las cuales hay escaso personal capacitado que de solución a los problemas que se presentan durante el diseño de los herramientas, la siguiente ilustración muestra la situación actual del personal, se observa que hay poco conocimiento en este tipo de tareas, ya que el conocimiento está por debajo de la media lo que genera errores durante el desarrollo de los herramientas.

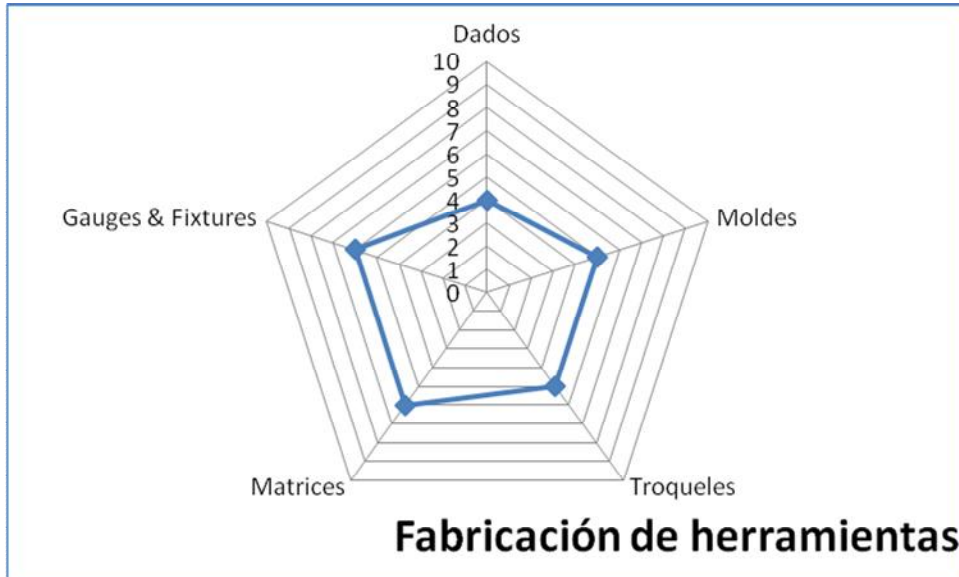


Ilustración 55 Fabricación de herramientas

Una de las partes importantes dentro del desarrollo de herramientas es el servicio que ofrece el área de mantenimiento ya que el personal debe estar capacitado de manera adecuada para minimizar los errores, pero la situación actual en esta área se muestra a continuación.

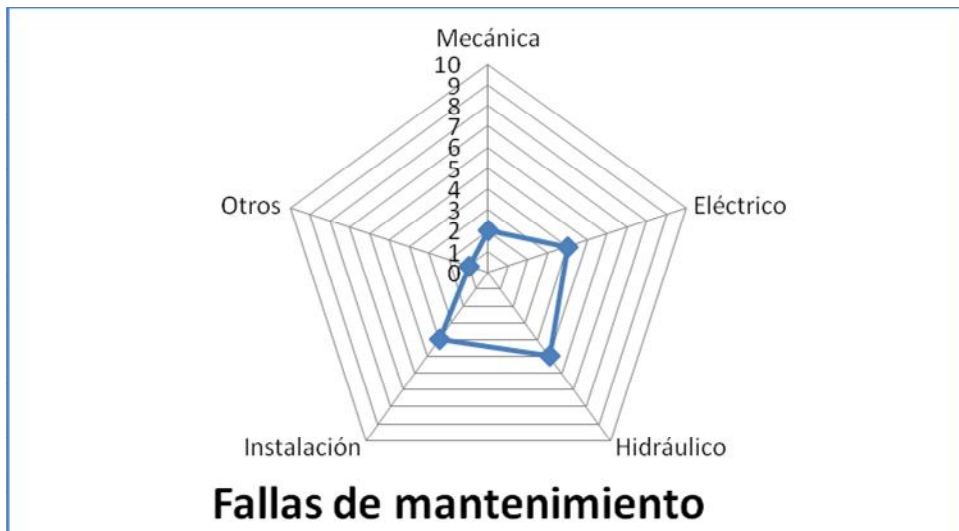


Ilustración 56 Situación actual del mantenimiento

2.5 TIPOS DE ERRORES SISTEMÁTICOS DE LOS HUMANOS EN LA FABRICACIÓN DE HERRAMENTAL PARA ESTABLECER SU MEJORA (PARTE 2)

Las fallas en los procesos de fabricación de troqueles son muy influenciadas por las fallas en el diseño, sin embargo, también hay situaciones que independiente de la fase de diseño pueden afectar en la fabricación de un troquel. Las fases afectadas por las fallas de fabricación de troqueles son: Las fases de realización y la fase de producción. El siguiente Diagrama Causa-Efecto nos muestra algunas de estas fallas en las que se incurre en la fabricación de troqueles.

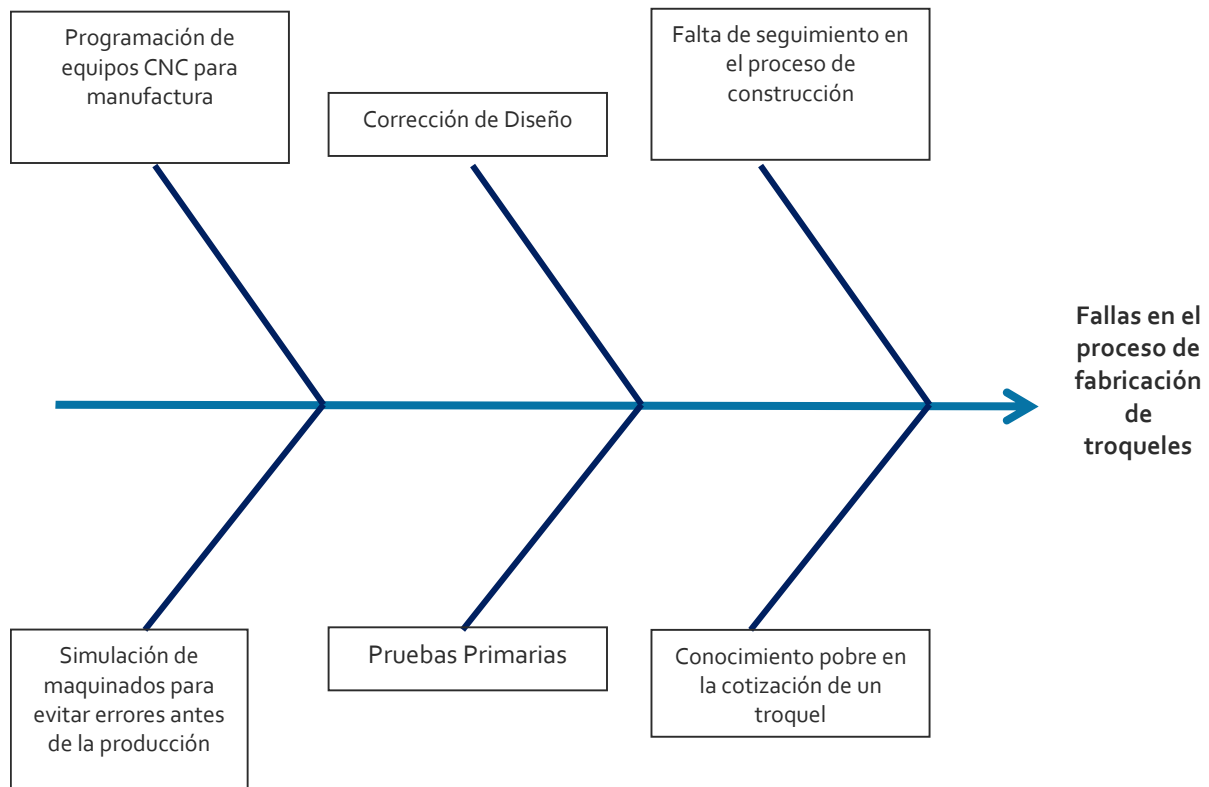


Ilustración 57 Fallas en procesos de fabricación de troqueles.

Uno de los errores más comunes en la fabricación de herramientas es el manejo de maquinas y equipos. El CNC y los calibradores tienen mayor porcentaje de errores como se muestra en la ilustración siguiente.



Ilustración 58 Necesidades de maquinas y equipos para la construcción de herramientas

Conocimiento limitado en la cotización de un troquel

Se considera una causa en las fallas de la fabricación de un herramental, la etapa de cotizaciones y costeo, puesto que al delegar las actividades de cotizar y selección del proveedor se puede caer en buscar siempre al proveedor más barato, lo que significa en la mayoría de las ocasiones que este esté fuera del país. Comúnmente se buscan proveedores asiáticos que tienen la fama de realizar trabajos de dudosa calidad y muy económicos. El hecho no es que se

cambie el lugar de manufactura de los troqueles a utilizar, sino más bien del hecho de tener un procedimiento estandarizado para la evaluación de proveedores.

Es necesario contar con un sistema en el que puedan interactuar los equipos de compras e ingeniería para que ambos sean capaces de revisar dichas cotizaciones. El sistema deberá permitir evaluar de forma eficaz las características del diseño a manufacturar y visualizar gráficamente los pros y contra de seguir el procedimiento.

Aunque parece que esta causa no tiene nada que ver con el diseño y con los procesos de fabricación, realmente es todo lo contrario ya que pueden tener un gran impacto si es que se tienen problemas con algún herramental de mala calidad. Si no se tiene el respaldo de un sistema, se dificulta el proceso de garantía del trabajo. Antes de encontrar equipos a los que se les atribuya el error, es mejor recurrir a sistemas que gestionen la revisión de dibujos y muestren los requerimientos fundamentales que deben cumplirse en el producto solicitado.

Falta de seguimiento en el proceso de construcción

Dar seguimiento a cualquier proceso es fundamental para el aseguramiento de calidad de un producto. En la fabricación de un herramental es imprescindible ese seguimiento que debe ser implementado no solo a proveedores que estén realizando la fabricación del herramental, sino también al taller de fabricación interno de la empresa. Este debe ser planeado por los equipos de ingeniería que, en base al uso de las herramientas de gestión de un proyecto que bien puede ser Six Sigma o Lean Manufacturing tienen un control del procedimiento de fabricación.

Cuando el seguimiento es interno con un taller de mecanizado propio el seguimiento puede ser más fácil de llevar a cabo ya que el uso de sistemas PLM pueden no solo concentrar

información técnica de la pieza a construir, ahí mismo se puede encontrar todo el proceso de validación del mismo cuya información puede despejar dudas cuando la pieza es manufacturada y de hecho en el mismo sistema se pueden guardar los programas de mecanizado CNC que pueden ser revisados por los operadores e ingenieros de manufactura aún antes de comenzar a hacer la pieza, esto dará confianza de que la pieza se está haciendo bien y evitará retrasos por informaciones que pueden poner en duda la fabricación del herramental.

Cuando el seguimiento es a proveedor, es más complicado llevar a cabo el seguimiento; sin embargo, las mismas técnicas de gestión pueden ser usadas, dando guías a los proveedores del porque se decidió la forma del troquel y el material, así como recomendaciones en la programación de equipos de manufactura.

Es en este punto donde se deben definir estrategias estadísticas que auxilien en el aseguramiento de que el troquel enviado a fabricar será tal y cual lo concibió la ingeniería previa, diseño y validación; es por esto que, también es necesario que los equipos que trabajarán en la planeación de fabricación del troquel estén familiarizados con el control estadístico de procesos así como de definición de límites dentro de la evaluación de una pieza.

Es necesario que los ingenieros de diseño y manufactura auditen al proveedor para conocer tanto sus instalaciones como los equipos con los que cuenta y de esa forma adaptar las hojas de control con los recursos con los que cuenta el proveedor. El proceso de diseño definió al diseño para manufactura como una parte importante para el aseguramiento de calidad de los troqueles. Esas evaluaciones se hacen presentes en este punto y es de ahí donde se pueden generar los controles de producción al igual que recomendaciones de dispositivos para asegurar un mecanizado o fabricación con el mínimo riesgo de errores.



Ilustración 59 Seguimiento a la fabricación de un componente.

Pruebas primarias

Este tipo de pruebas conocidas en inglés como *Try-Out* son similares al proceso de validación de un diseño, solo que en esta ocasión simulan el desempeño de una línea de producción. Aunque la gran mayoría de estas pruebas se realiza para el producto final, en este caso el estampado de piezas metálicas también se puede implementar en la fabricación de herramientas, que en conjunto con el seguimiento de fabricación puede generar mejores prácticas, tanto en el taller propio como en los talleres de fabricación de los proveedores, y establecer esas mejores prácticas como pasos a seguir en la fabricación de un troquel.

Este control de calidad adicional de un troquel antes de que sea manufacturado permite identificar problemas potenciales antes de la producción del mismo, problemas que quizá no fueron identificados en las pruebas de validación del diseño. Desde luego, se pretenden realizar pruebas iniciales virtuales. En esta era de velocidad mundial y realidad virtual, el cálculo de matrices de troquelado o de recuperación plástica de un metal se realiza por software

especializado de simulación en lugar de los métodos tradicionales de prueba y error. De hecho, la simulación de una línea completa de manufactura es posible con estas herramientas.

Estas pruebas de manufactura virtual arrojarán datos sumamente valiosos en el control de fabricación del troquel. Datos como tiempos de corte, algún proceso de endurecimiento necesario, o de programación de las máquinas de CNC dedicadas a la manufactura del herramental etc.

Simulación de maquinados para evitar errores antes de la producción



Ilustración 6o Modelo 3D de un troquel completo.

También se pueden considerar estas simulaciones como *Try-outs* aunque en esta ocasión del proceso de la pieza a estampar o producto final. Este tipo de evaluaciones y análisis también son herramientas que ayudan a predecir errores en la fabricación de los herramientales y predecir errores de la línea final. De la misma forma tenemos la ventaja de simular los procesos

y evaluar donde se puede hacer un ajuste de programación de máquinas, ergonomía de los operadores etc.

En la actualidad es difícil llevar a cabo una simulación de este tipo con los recursos de tecnología con que se cuenta. Es necesario contar con los distintos tipos de software necesario para llevar a cabo este tipo de análisis o de contratar a una empresa de consultoría en análisis 3D. Los software de simulación actual pueden hacer cálculos rápidos del alcance del estampado, velocidad de retorno del herramental entre otras herramientas útiles para el proceso, en lugar del análisis de prueba y error que se han llevado a cabo durante muchos años, y que de manera inmediata parecería ser la opción más económica.

De hecho en la actualidad los fabricantes de troqueles de primer nivel comienzan sus procesos de fabricación con base a datos obtenidos en simulaciones.



Ilustración 61 Simulación de Proceso de Estampado

Programación de equipos CNC para manufactura

Otra posible causa que podemos utilizar en el diagnóstico para la corrección de fallas en la fabricación de un herramental es la programación de los equipos de control numérico que se harán cargo del mecanizado de las piezas que conformaran el herramental. El simple hecho de poder contar con el diseño digital del herramental puede favorecer la construcción de un programa completo de maquinado, de lo contrario esta programación tendría que ser llevada a cabo paso a paso de forma directa en el control de la máquina. La desventaja de hacerlo de forma manual es que alguna línea del código pudiera haberse ingresado incorrectamente y el error no se vería hasta hacer las pruebas de maquinado (prototipo). Otra desventaja que encontramos en este segmento es la selección del herramental ideal para la ejecución de las tareas de maquinado, ya que esta selección se tendría que hacer de forma manual y se podría elegir una herramienta no ideal para el proceso, la cual pudiera realizar la tarea pero podría forzar al herramental o tener tiempos de corte mayores a los programados o estimados como ideales para el proceso.



Ilustración 62 Programación manual de máquina CNC.

Una de las características más ventajosas de tener una integración CAD/CAM es que esto permite simular con precisión todos los movimientos de la herramienta.

Esto se traduce en agilidad a la programación ya que se puede visualizar fácilmente el trabajo y permite hacer chequeos de colisiones entre la herramienta, la máquina, la pieza y las fijaciones, evitando así errores de programación que pudieran provocar algún accidente



Ilustración 63 Máquina CNC.

Errores sistemáticos en la operación de CNC



Ilustración 64, Apertura de aire

Uno de los errores más comunes en la utilización de los CNC es el olvidar abrir la llave del aire comprimido para que pueda funcionar la máquina, esto nos da como resultado colisiones pieza-Herramienta-Maquina, pudiendo dañar seriamente el equipo, herramienta o la pieza a maquinar.



Ilustración 65 Daño en el equipo

Ejemplo de una de una tolva dañada tras una colisión de la Máquina-Herramienta.



Ilustración 66 Oxido en la maquina

Otro de lo de los errores es dejar montada las piezas o prensas durante mucho tiempo, lo cual puede llegar a crear oxido en la bancada y en las mismas herramientas.



Ilustración 67 Alarmas

El no atender las alarmas que el equipo nos da, ya sea por distracción o por falta de conocimiento de ellas, puede llegar a causar graves daños a todo el equipo, incluso al mismo operario.



Ilustración 68 Falta de equipo de seguridad

Otro de los errores es no utilizar el equipo de seguridad adecuado, la falta de lentes o vestimenta adecuada, puede evitar muchos problemas posteriores.



Ilustración 69 Programación fallida

El olvidar poner de forma adecuada los ceros en la maquina, así como en la pieza, nos puede dar como consecuencia un mal corte o una colisión severa.



Ilustración 70 Pieza mal colocada

La mala colocación de una pieza, es uno de los errores más comunes que se cometen, esto puede ocasionar daños a las piezas y a las herramientas.



Ilustración 71 Puertas abiertas

El olvidar cerrar las puertas en algunos modelos de CNC que carecen de sensores, es un grave error que muchos cometen, ya que la pieza puede ser lanzada con gran fuerza si no se encuentra bien sujeta, también se puede lanzar viruta del desbaste propio del material, que frecuentemente es de metal y que pueden llegar a dañar los ojos.



Ilustración 72 Falta de refrigerante

El olvidar refrigerar la pieza con líquido especialmente diseñado para ese motivo puede traer como consecuencia el recalentamiento de la herramienta y las piezas, así como su deformación por calor.



Ilustración 73 Calentamiento del CNC

La mayoría de los modelos de CNC necesitan de un tiempo para calentar sus partes y aceites, por lo cual es necesario hacerlos girar a baja velocidad durante un corto periodo antes de ponerlos a trabajar, este es un error muy común haciendo que la maquina trabaje en frio, reduciendo de forma significativa su vida útil.

Errores sistemáticos en el funcionamiento de troqueles

Los errores que se presentan durante el funcionamiento de los troques son derivados principalmente por dos causas, la primera por errores humanos (mala alineación, falta de experiencia del personal, etc.) y la segunda por fallas mecánicas.

El error más común que se presenta en el funcionamiento de los troqueles es la mala alineación esto es derivado por la falta de experiencia de los montadores, lo que provoca lesiones graves al equipo y el troquel durante la manipulación.



Ilustración 74 Mala alineación del herramental

La mala distribución de equipos y materiales y la frecuencia de fallas provocan un exceso de movimientos del personal lo cual le provoca fatiga durante la jornada laboral, ya que en el área de trabajo solo debería existir lo necesario para realizar las tareas asignas.



Ilustración 75 Exceso de materiales y equipos

La falta de seguridad en los sistemas de accionamiento de los equipos, representa un riesgo para los operarios, ya que un descuido puede provocar el accionamiento de la prensa.



Ilustración 76 Falta de seguridad en máquinas

Los errores de automatización provocan dos situaciones importantes las primeras lesiones al personal y la segunda piezas dañadas o con falta de operación.



Ilustración 77 Errores de automatización

Otro de los errores que se presentan durante el proceso son los cuellos de botella provocados por falta de balanceo de líneas, falta de automatización, tiempos de mantenimiento largos, entre otros.



Ilustración 78 Cuellos de botella en procesos de funcionamiento

La falta de programación de mantenimiento provoca desviaciones en las piezas estampadas tales como punzones desplazados o falta de operaciones entre otras, lo que genera un retrabajo o en algunos casos scrap.



Ilustración 79 Falta de mantenimiento a prensas

2.6 TIPOS DE ERRORES SISTEMATICOS DE LOS HUMANOS EN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS PARA ESTABLECER SU MEJORA (PARTE 3)

Las fallas o errores en el funcionamiento de los equipos son ese tipo de fallas que pretende que nunca se presenten, ya que las complicaciones que éstas acarrear son más serias por su dificultad de resolución que los anteriores tipos de fallas.

Este tipo de fallas suelen aparecer por la presentación de errores en los procesos de diseño y planeación de fabricación de un troquel, también pueden ser causadas por involucramiento del mantenimiento que se le da a los equipos de estampado, así como al mantenimiento que se le proporciona a los troqueles. Son muchos los motivos por los que se busca a toda costa no llegar a este tipo de fallas y es por ello que durante el presente proyecto se busca identificar las posibles causas que originarían estas fallas. A continuación se presenta una serie de causas por las que pudieran existir fallas en el estampado final de una pieza.

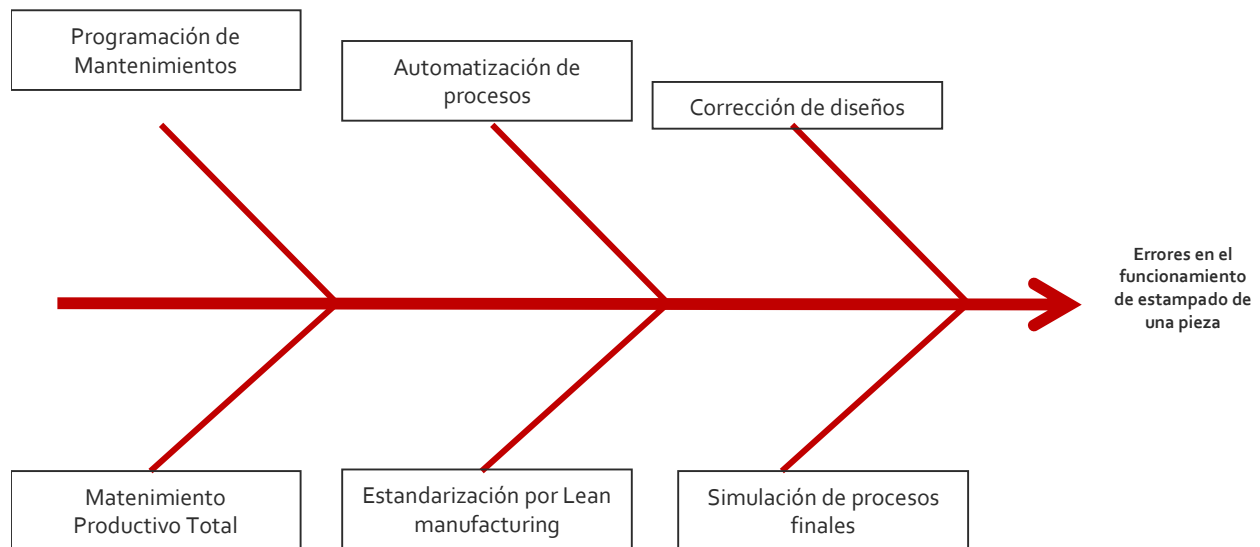


Ilustración 8o Fallas en el estampado final de una pieza.

Corrección de diseños

La corrección de diseños es una de las causas potenciales definidas en el diagnóstico de fallas, la fase de corrección es parte de la Manufactura del Estampado y debe realizarse antes de las pruebas secundarias. En esta etapa se identifican aquellos cambios necesarios que se deben realizar al diseño de un herramental y una vez realizados estos cambios se hacen nuevamente simulaciones de pruebas secundarias para verificar que se hayan reducido los errores en el estampado.

En un alto porcentaje los cambios de diseño se deben a las geometrías que se están trabajando; es en este momento cuando se necesitan hacer evaluaciones de dimensionamiento y tolerancias. Una de las evaluaciones por las que pasa una simulación de estampado final es la de ensamble, se debe probar que la pieza obtenida, aún de forma virtual, coincidirá con las subsecuentes piezas con las que se va a ensamblar. Herramientas como análisis de Stack-ups ayudarían a comprender si las piezas finales se encuentran dentro de tolerancias o fuera de ellas.

Es necesario entender que al trabajar con modelos virtuales es muy fácil viciar los valores de dimensionamiento, por lo cual, también es importante no sólo abogar a la ética de los equipos para no modificar los modelos y forzarlos a cumplir con los requerimientos, sino también es necesario tener equipos altamente capacitados en las herramientas de dimensionamiento y con conocimiento de los estándares establecidos internacionalmente como la ASME Y14.5, que conozcan las normativas aplicables a la asignación de tolerancias por formas de las piezas y tengan un alto conocimiento de diseño de experimentos que ayudarán a facilitar los análisis del componente.

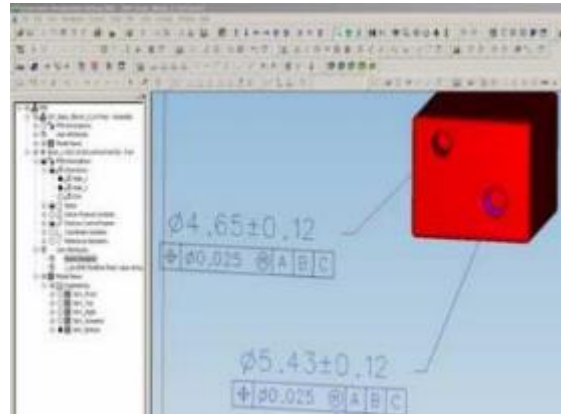


Ilustración 81 Dimensionamiento de una pieza

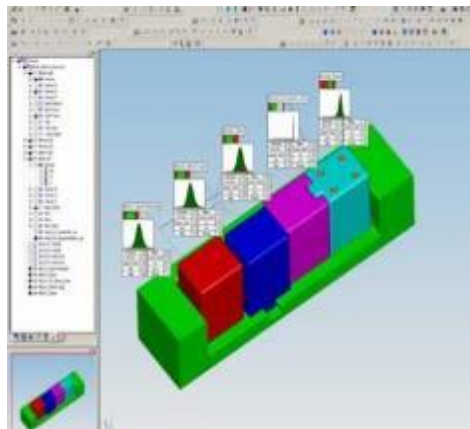


Ilustración 82 Análisis de Stack Up

Se debe estar preparado a que en las correcciones del diseño se evalúen datos fundamentales tanto de diseño como del mismo material, aunque la probabilidad es baja, en esta etapa de un diseño, se pudiera dar el caso de alguna mejora en los diseños originales del cliente que impacten al tipo de material que ya se había seleccionado y por lo tanto repercuta en los análisis previamente realizados.

Simulación de procesos finales

La facilidad aparente de los modelos virtuales no se ve reflejada en la serie de simulaciones que se realizan para entrar de lleno en el estampado de las piezas, pero las simulaciones reducen tiempo de desarrollo de un producto y ahorran dinero en comparación a los métodos de prueba-error tradicionales. Y aunque el proceso parece ser tedioso, este agrega valor al producto final ya que se puede tener un grado de confianza alto, garantizando que a pesar de las variabilidades que existen en todos los procesos, los productos cumplirán con las famosas 3F (siglas en inglés Fit-Form-Function) Forma-Ensamble-Función.

Estas pruebas se consideran como las últimas antes de llevar el herramental a manufactura y que pase a las líneas de producción. Aquí se determina si el proceso puede fabricar una parte sin deformaciones o fracturas. Como aquí ya está optimizado todo el diseño del herramental es el momento ideal para realizar esta evaluación. En la simulación virtual se pondría atención a dos herramientas de software que son el Diagrama de Límite de Formado (FLD, en inglés Forming Limit Diagram) y el espesor del estampado. Estos valores ayudarán a validar los valores de fuerza de presión del herramental y la velocidad de retracción del mismo. Este tipo de análisis, sí se hace en la actualidad aunque no de forma virtual sino de forma experimental lo que ocasiona se eleven los costos de puesta en marcha de un equipo de prensado. Y para llevarlos a cabo involucran no sólo equipos de diseño sino de metrología que son los encargados de realizar mediciones en la pieza para aprobar su espesor final.

En esta evaluación se optimizará el uso de los dispositivos portadores de la lámina de metal o los elementos de sujeción. En un análisis tradicional esta optimización es el resultado de la solución de problemas experimentados cuando se monta el troquel y las piezas a estampar ya en la prensa. Se trabaja con diferentes configuraciones para hacer que la pieza asiente de forma

aceptable sobre la cama del troquel y que el troquel no tenga impedimentos para estampar la forma deseada.

Este proceso tiene tiempos de conclusión muy altos, ya que al hablar de diferentes configuraciones en la soportería de piezas se entiende que se deben de montar las piezas en la prensa, si la configuración no es ideal se deben de desmontar y volver a trabajar otra configuración hasta encontrar la óptima.

En una evaluación tradicional se puede determinar que hace falta un nuevo soporte o dispositivo de fijación y se debe esperar a continuar la optimización de la máquina hasta que el nuevo dispositivo sea manufacturado. Una vez que ya se tienen los dispositivos de sujeción listos ahora se deben establecer las líneas de corte. Estas líneas de corte por lo general se evalúan tradicionalmente con una pieza de metal cortado que simule la geometría final de la pieza y ayude a visualizar los ajustes, y una vez hechos se cortaría otra pieza para visualizar si no hay más ajustes que hacer.

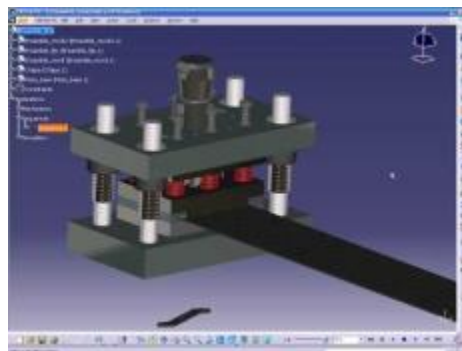


Ilustración 83 Simulación por CATIA

Siempre habrá cambios por hacer cuando se hacen simulaciones virtuales de estos procesos, sin embargo, la simulación mostrará si una pieza puede ser manufacturada o no y después de una serie de pruebas que muestren que la producción no será exitosa entonces se podrá contar con una serie de datos para hacer las recomendaciones pertinentes al cliente final respecto a cómo modificar la pieza original sin que pierda funcionalidad.

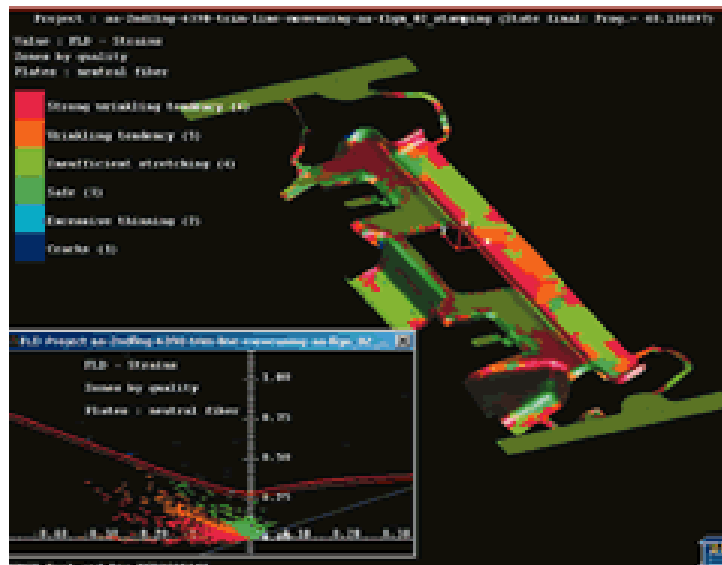


Ilustración 84 Simulación de una corrida de estampado

Automatización de procesos

La gran mayoría de los procesos actualmente son automatizados en las líneas de fabricación y en años recientes se han creado herramientas altamente sofisticadas para la automatización y control de procesos. El avance de estos sistemas se hace de manera visible en la industria automotriz, que es punta de lanza en el desarrollo de nuevos sistemas y no debe negarse la tendencia de alta productividad de las empresas ensambladoras de automóviles que buscan las mejores herramientas en el mercado que puedan ser implementadas con sus procesos y buscar

la evaluación de proveedores a aquellos que puedan hacer equipo con los sistemas que hagan más fácil la rastreabilidad de una pieza.



Ilustración 85 Electroerosionadora

La importancia de la automatización de procesos se ha concebido como factor indispensable para que una compañía pueda sobrevivir en un mercado altamente competitivo, otros de los factores son productos de bajo costo, de corto tiempo de producción, de alta calidad y que cumplan con especificaciones del cliente, etc. Es por ello que hay una alta presión en el desarrollo de productos y procesos para el desarrollo de productos, ya que los aspectos de producibilidad de un producto son altamente dependientes de sus procesos de manufactura, se ha comprobado que considerar aspectos de manufactura paralelos al proceso de diseño resulta en productos exitosos y a esta consideración conocida como Ingeniería Recurrente.

Las razones por las cuales es importante incluir actividades de manufactura automatizadas son: Incremento en la productividad, reducción de costos laborales, reducción de los efectos de no contar con personal altamente calificado, eliminar tareas manuales rutinarias, mejorar la

seguridad laboral, mejorar la calidad del producto, eliminar o reducir los tiempos de espera en la fabricación, y llevar a cabo tareas que no se pueden realizar manualmente.



Ilustración 86 CNC

Los análisis de manufactura automatizada mejoran el concepto de diseño para manufactura o manufacturabilidad y provee de datos de producción a los diseñadores de troqueles y líneas de producción en una fase temprana del proceso de diseño. En ocasiones, hasta que no se tiene un proceso trabajado es posible identificar que hay algunas tareas que serían más fáciles de llevar de forma automática por su repetitividad o por el difícil acceso que tengan los operadores a las tareas.

Si no se cuenta con este tipo de herramientas se puede seguir produciendo como se ha hecho actualmente, pero corriendo el riesgo de no mejorar tiempos de entrega o de realizar optimizaciones de procesos tardíos.

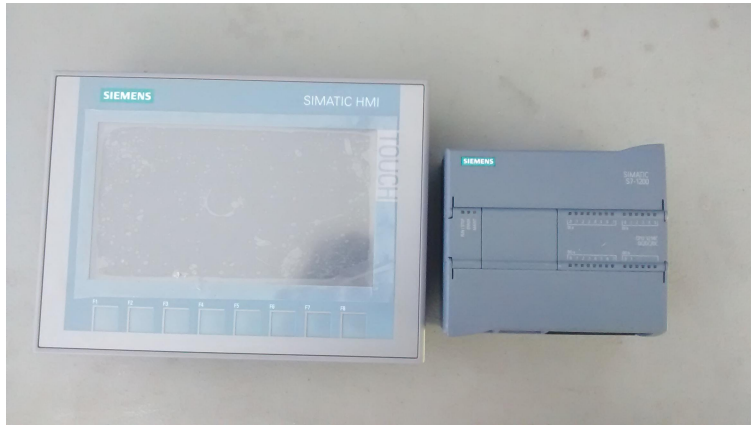


Ilustración 87 HMI de Máquina automática y servo controlador

Estandarización por Lean Manufacturing

La estandarización de los procesos deben estar enfocados a los siguientes parámetros: Valor agregado al cliente, respeto hacia los colaboradores, mejoramiento de la cadena de valor al eliminar todo tipo de desperdicios, mantener el flujo de producción y un esfuerzo dirigido a la perfección.



Ilustración 88 Estándares

La cadena de valor que hay detrás de un producto incluye las actividades de manufactura pero también se refiere a los materiales, personal, y toda la información que debe fluir en los procesos para de esta manera proveer al cliente final el valor que desean.

La filosofía Lean nace de la observación y comparación de las actividades de manufactura de las compañías japonesas que en la década de los ochentas se ganaron el prestigio de crear productos de calidad, no limitados a televisores y equipos electrónicos, sino también automóviles. Las observaciones tomadas en aquellos tiempos llevaron a analizar los siguientes casos:

- ¿Por qué ellos necesitan menos esfuerzo para diseñar, producir y dar servicio a sus productos?
- Requirieron menos capital de inversión para lograr esa capacidad de producción
- Fabricaron productos con pocos defectos
- Utilizaron menos proveedores
- Corrigieron sus procesos en menos tiempo y con menos esfuerzo que sus competidores
- No tuvieron necesidad de grandes inventarios en cada paso de los procesos
- Tuvieron menos accidentes de trabajo

Estos parámetros avalaron el nombre que se le dio a las fases de estandarización de procesos como "LEAN" que da a entender procesos ligeros y no por ello endebles o débiles, sino al contrario procesos robustos pero ligeros a la vez.

La estandarización de actividades Lean en los procesos logra que los recursos humanos logren trabajar con la mentalidad de que lo que hacen tiene sentido. En una era de pensamiento complejo las actividades Lean le proporcionan al colaborador la habilidad de aplicar sus ideas

en cualquier situación, combinando la lógica del mundo tradicional con las herramientas del mundo moderno. También los colaboradores entenderán que “Lean” es un compromiso serio con la empresa pero que no es exclusivo, ni costoso, ni difícil de seguir.

El pensamiento “Lean” tiene varias aplicaciones entre las cuales se conocen las metodologías de TQM – Total Quality Management (Administración de la Calidad Total), TPM – Total Productive Maintenance (Mantenimiento Productivo Total), Six Sigma (Seis Sigma) entre otros. Este pensamiento se enfoca en la culturización y la organización; los elementos culturales demandan una perspectiva orientada a la calidad desde todos los aspectos de la compañía, ya que el producto final que vamos a entregar le va a servir a otra persona, y por eso se enfoca en comprometer a la gente a hacer sus tareas bien a la primera.

Este tipo de filosofía es realmente productiva ya que es la propia gente es la que se involucra en hacer y cuidar que las cosas se hagan bien sin la necesidad de repetirlo varias veces. En otras palabras entienden que hacer las cosas bien en el primer intento es lógico, ya que así no tendrán que quedarse más tiempo en la fábrica y podrán tener tiempo disponible para sus actividades fuera de la empresa.



Ilustración 89 Lean Manufacturing

Programación de Mantenimientos y el Mantenimiento Productivo Total

Dentro de las causas que se diagnostican para evitar errores en el trabajo con herramientas aparece el mantenimiento como una fase importante y que se debe considerar. Determinar cuál componente de máquina sufrirá desgaste y tendrá que recibir algún tipo de mantenimiento para recobrar sus características ideales de uso, o en su defecto deberá ser cambiado.

Toda empresa desea que los grupos de mantenimiento se aparezcan poco en las líneas de producción dando a entender que los procesos no tienen necesidad de ellos y están corriendo de manera satisfactoria, o en caso dado, que entren solo en determinadas fechas sabiendo que cuando acaben su trabajo se podrá seguir produciendo sin dificultades.

Las filosofías de Mantenimiento Productivo Total (TPM por sus siglas en inglés) forman parte de la filosofía “Lean”. Cuando se habla de mantenimiento, se piensa que son actividades difíciles de llevar a cabo, trabajos sucios y tardados, pero el TPM se enfoca a las actividades de mantenimiento preventivo, considerando que estas son rápidas, lógicas, y sin necesidad de tener las áreas de trabajo sucias, al contrario, la filosofía TPM enfoca al operador a tener un lugar de trabajo pulcro, digno de los operadores que ahí laboran.

El TPM antecede a la programación de Mantenimientos correctivos. Es impresionante saber que hay poca información disponible en las gerencias de producción del estado de sus prensas. Información como ¿Cuál es el paralelismo del carro de la prensa? ¿Está calibrado el indicador de altura de cierre? ¿El monitor de tonelaje es el correcto? Y mucha información más es difícil de responder por los grupos de ingenieros que están en línea de producción. En realidad hay gente que conoce toda esta información aunque quizá sin los tecnicismos de ingeniería. Los operadores de los equipos, son capaces de detectar fallas, a veces sin tener conocimiento de

ingeniería, sino más bien gracias al conocimiento del mismo equipo, fallas tales como que la mesa de la prensa esta desalineada, que los sensores de seguridad ya no encienden, que los valores que muestran las pantallas ya no son reales etc., y que se han hecho de artimañas para resolver estos desperfectos y seguir trabajando a su parecer normalmente.

El pensamiento de TPM se orienta a establecer parámetros que el operador pueda identificar fácilmente y reportarlo en unas hojas de control y éstas a su vez puedan ser utilizadas como datos de historial por los grupos de mantenimiento y de ingeniería de producción. Las actividades de TPM se pueden presentar al personal como simplemente la limpieza del lugar y con ello identificar parámetros de las máquinas que de otra forma no serían visibles. Aunque si es necesario tener cuidado por el tipo de equipos que se encuentran en un área de estampado ya que la seguridad de los operadores debe ser primordial. Aunque el mantenimiento programado nunca se podrá evitar, si se pueden mejorar los tiempos de programación del mismo, si se toman en cuentas los datos arrojados por el mantenimiento preventivo hecho por los operadores. Esta información puede optimizar también la planeación de actividades que se llevarán a cabo en cada programa de mantenimiento y así se evitarán tiempos desperdiciados en el montaje o desmontaje de componentes de los troqueles.

Desde luego, que hablar del mantenimiento de un troquel es un tema delicado que va más allá de la programación de actividades, ya que la restauración de un troquel en México es poco competitiva ante sus rivales chinos. Esta diferencia en competitividad no es por falta de experiencia o por recursos humanos con poco conocimiento, más bien es por la falta de materiales disponibles en el país.



Ilustración go Troquel en mantenimiento

La transformación de aceros en el país es pobre y la mayoría de los aceros para producción de troqueles son traídos de países del extranjero como Alemania, Estados Unidos, Japón y China. Todavía se debe añadir que países de la anteriormente conocida Europa del Este están participando en la creación de empresas que se dedican a la reparación de troqueles como la República Checa, Polonia y Eslovaquia y enfatizar el mejor ejemplo de una transformación de la industria del acero que es Corea del Sur.

Hablar de un troquel, su diseño, fabricación y mantenimiento involucra muchos recursos humanos. El diagnóstico de fallas en las fases previas a la producción es de vital importancia, ya que esto ayudará a concebir mejor los productos de la empresa y a optimizar los recursos. Hasta el momento se han mencionado las posibles fallas que actualmente se tienen en las líneas de estampado o que se han evaluado como potenciales y que se quieren evitar. En las siguientes fases del trabajo se hablará de los tipos de software, sistemas, metodologías y

tecnologías disponibles en el mercado que se pueden adquirir e implementar para poder diagnosticar las fallas y proceder a evitarlas.



Ilustración 91. Ensamble de un troquel

2.7 ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE MEJORA EN EL DISEÑO.

Es claro que no se pueden establecer mejoras sin apearse a las normativas y procedimientos que rigen a la industria automotriz, no por el hecho de no ser innovadores, sino por el hecho de que la industria ha logrado un cierto grado de estandarización que genera que cuando mejora una sección de la industria repercute en todo el conjunto de procesos. Para ello, a pesar de que hay muchas tecnologías y metodologías disponibles, no todas son convenientes para el ramo industrial o no todas se apean a la normatividad vigente.

Para la mejora continua podemos establecer una base de datos de parámetros, procedimientos y normas determinadas en:

- Normas establecidas para los mercados europeos, asiáticos y norteamericano.
- Tecnologías disponibles para el diagnóstico oportuno de fallas.
- Metodologías disponibles para el diagnóstico oportuno de fallas.

Tomando como base los errores sistemáticos en el diseño vistos en punto 2.4, se identificaron seis causas potenciales que se reflejan en el diseño de un troquel, para estas causas se definió el potencial de mejora sobre el diseño de troqueles.

A continuación se presentan las causas y como resultado su potencial de mejora.

Tabla 19 Causas y potencial de mejora

Causa	Potencial de Mejora
Tiempos de desarrollo de un troquel extremadamente largos	Implementación de hardware de computo con características para software de diseño de alto nivel (Catia, NX) Implementación de Software de diseño de alto nivel con parametrización y herramientas de validación (Catia y NX)
Falta de un procedimiento efectivo de Diseño	Implementación de Lean Manufacturing para optimizar procesos de diseño Aplicación de GD&T a la posición y localización de componentes del herramental
Falta de análisis de diseño para Manufacturabilidad	Capacitación en Análisis de Manufacturabilidad para el diseño Implementación de herramientas de simulación de elementos finitos (CAE)
Selección incorrecta de materiales	Capacitación en criterios y/o normas de diseño

Falta de análisis de formabilidad	Capacitación en Análisis de formabilidad para el diseño de herramientas Implementación de herramientas de simulación de elementos finitos (CAE)
Desconocimiento del proceso de validación de un diseño	Capacitación en procesos de diseño de herramientas

Los errores sistemáticos en el diseño generalmente son resultado de actividades principales que se ejecutan durante esta actividad, por ello se clasificaron estos errores en tres áreas de mejora, las cuales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 20 Errores sistemáticos en el diseño

Causa	Potencial de mejora	Área de Mejora
Tiempos de desarrollo de un troquel extremadamente largos	"Implementación de hardware de computo con características para software de diseño de alto nivel (Catia, NX) "	Infraestructura
	Implementación de Software de diseño de alto nivel con parametrización y herramientas de validación (Catia y NX)	

Falta de un procedimiento efectivo de Diseño	"Implementación de Lean manufacturing para optimizar procesos de diseño	Lean Manufacturing
Falta de un procedimiento efectivo de Diseño	Aplicación de GD&T a la posición y localización de componentes del herramental"	Capacitación
Falta de análisis de diseño para Manufacturabilidad	"Capacitación en Análisis de Manufacturabilidad para el diseño	
	Implementación de herramientas de simulación de elementos finitos (CAE)"	
Selección incorrecta de materiales	Capacitación en criterios y/o normas de diseño	
Falta de análisis de formabilidad	"Capacitación en Análisis de formabilidad para el diseño de herramientas	
	Implementación de herramientas de simulación de elementos finitos (CAE)"	
Desconocimiento del proceso de validación de un	Capacitación en procesos de diseño de herramientas	

diseño		
--------	--	--

Los errores sistemáticos del diseño se clasificaron en tres áreas a mejorar las cuales son los siguientes:

- Infraestructura para el desarrollo de tecnología de diseño de troqueles.
- Lean Manufacturing.
- Capacitaciones para generar cultura y ambientes propicios para el diseño de troqueles.

Infraestructura para el desarrollo de tecnología de diseño de troqueles.

La infraestructura es la base que definirá la vida de cualquier sistema. En el campo del diseño la decisión sobre la infraestructura tiene una importante estrategia ya potenciará el crecimiento de la organización.

Los conocimientos de la tecnología hoy en día no pueden limitarse solo al dominio técnico, se requiere de aprovechar su potencial pero al mismo tiempo el impacto que genera este tipo de infraestructura. Las relaciones entre sus componentes de software y hardware, la falta de dominio de estos componentes, puede dejar obsoletos gran cantidad de sistemas en tiempos relativamente cortos y como consecuencia limitar a la organización de tener sistemas obsoletos para poder competir en la industria.

La infraestructura tecnológica tiene la misión de agrupar y organizar el conjunto de elementos tecnológicos, los cuales soportan las operaciones de diseño de la organización. Es importante mencionar que la infraestructura aporta puntos para el éxito de la organización en la medida de la robustez y calidad. Por este motivo es importante conocer todos los componentes o

elementos a nivel software y hardware. Una infraestructura de diseño solida permitirá obtener beneficios de manera eficiente y eficaz, niveles altos en los servicios y sobre todo tener un potencial de diseño.



Ilustración 92 Sala de medición

Como se mencionó anteriormente existen dos elementos de potencial de mejora para la infraestructura de diseño los cuales se describirán a continuación:

- Implementación de hardware de cómputo con características para software de diseño de alto nivel (Catia, NX)
- Implementación de Software de diseño de alto nivel con parametrización y herramientas de validación (Catia y NX)

Implementación de hardware de cómputo con características para software de diseño de alto nivel (Catia, NX)

Uno de los aspectos importantes para el diseño de troqueles es la implementación de hardware de última generación, ya que el software que se utilizará para diseño requiere de ciertas características para poder funcionar de manera adecuada, las características que debe cumplir este tipo de hardware son las siguientes:

- Procesador: Intel core i7
- Disco duro: 1 TB
- Memoria: 6 GB
- Sistema operativo: Windows 7

Estas características, por mínimas que se vean, son de gran impacto en la tarea de diseño de troqueles ya que es importante para la obtención de resultados, el beneficio está directamente ligado al ahorro de tiempo siendo este el potencial de mejora y sobre todo se reducen los errores sistemáticos durante la ejecución de esta actividad. Con una implementación de hardware adecuada se puede reducir hasta 15% de tiempos muertos, lo que representa beneficios para las organizaciones.

Implementación de Software de diseño de alto nivel con parametrización y herramientas de validación (Catia y NX)

La implementación del software de diseño (Catia) y UGS (NX) proporciona beneficios para la construcción de troqueles (desde su conceptualización y diseño hasta su manufactura y reparación). La aplicación de estos dos software de diseño ha proporcionado soluciones y beneficios satisfactorios, lo que representa un potencial de mejora, en cuanto a la disponibilidad de capital humano especializado.

Los principales beneficios de Catia son el diseño y análisis de piezas. Incorpora herramientas para todas las actividades de desarrollo de productos que incluyen el diseño y la forma, análisis de ingeniería, maquetación digital, y simulación, entre otros. Su valor añadido en el desarrollo es el intercambio de datos y archivos entre varios productos.

Los beneficios de NX es la integración para el desarrollo de productos: diseño, ingeniería y fabricación y proporciona los siguientes módulos:

- Planning
- Industrial design and styling
- Design
- Design simulation
- Tooling and Machining
- Knowledge drive automation

Cualquier implementación debe estar acorde a la estandarización que tiene la industria, tal es el caso de estudio de Boeing y Airbus, empresas del ramo aeronáutico. Ambas empresas habían implementado una de las tecnologías disponibles para la mejora en sus procesos de diseño y producción, pero aunque ambas empresas habían implementado la misma herramienta para uno fue un caso de éxito y para la otra se convirtió en una pesadilla a partir de la cual aprendieron.

Tecnologías disponibles para el diagnóstico de fallas oportuno.

El mercado está plagado de muchos productos, algunos más económicos que otros, unos cuantos más poderosos que otros, unos más de índole académico, todos con aplicaciones diversas en las diferentes ramas de la ingeniería. Pero no todo nos conviene y habrá que evaluar los productos antes de acordar alguna adquisición.

Para definir la tecnología se debe buscar que esta sea compatible, no sólo con nuestros procesos internos, sino también con los procesos del cliente. Los clientes son los ensambladores de equipo original, en otras palabras son los que concibieron el producto y se debe tener en cuenta que el trabajar compatiblemente con ellos hará el trabajo menos complicado.

Una gran variedad de software cuenta con una o varias herramientas pero solo algunas de estas son consideradas las mejores de su clase (Best in Class), agrupan una suite de herramientas que se pueden complementar entre sí, lo que hace que este software sea considerado como de gran poder y ventaja competitiva, y muchos ensambladores de equipo original los han hecho sus plataformas estándares.

En la parte inferior se describen las herramientas de estas tecnologías, consideradas acordes por su estandarización a las normas vigentes y con el potencial de criterios apegados a los parámetros utilizados en diseño, fabricación y mantenimiento.

Tabla 21 Descripción de herramientas tecnológicas

Software CAD en el mercado	DISEÑO	ANÁLISIS	VISUALIZACIÓN	RANGO	INDUSTRIA	OEM QUE LO UTILIZA
AUTOCAD – AUTODESK	✓			BAJO	GENERAL	X
AUTODESK – INVENTOR	✓	✓	✓	MEDIO	GENERAL	X
PTC – PRO ENGINEER	✓			ALTO	AUTOMOTRIZ	FORD
DASSAULT – SOLID WORKS	✓	✓	✓	MEDIO	GENERAL	X
SIEMENS - SOLIDEDGE	✓	✓	✓	MEDIO	GENERAL	X
SIEMENS – NX 7	✓	✓	✓	BEST IN CLASS	AUTOMOTRIZ AEROESPACIAL	GM, GE, MERCEDES BENZ, TOYOTA, HONDA
DASSAULT – CATIA V5	✓	✓	✓	BEST IN CLASS	AUTOMOTRIZ AEROESPACIAL	BOEING, VW, VOLVO, BMW, HONDA, NISSAN
ANSYS		✓	✓	BEST IN CLASS	AUTOMOTRIZ AEROESPACIAL	GE, GM
MSC PATRAN / NASTRAN		✓	✓	BEST IN CLASS	AUTOMOTRIZ AEROESPACIAL	VW, BMW

El potencial de mejora que se estima con la implementación de alguna herramienta de diseño 3D CAD y simulación es alto pero no se obtienen resultados con sólo comprar una nueva tecnología, es necesario enfocarse en la capacitación del personal.

Para comprender esto y ver el potencial de las mejoras en el diseño se analizará un caso de éxito, el desarrollo del Boeing 787, uno de los logros de las herramientas CAD/CAE.

En otoño de 2006 Kevin Fowler vicepresidente de integración de sistemas, procesos y herramientas de la Boeing Company para el proyecto 787 Dreamliner, se disponía a realizar un viaje de Everett Washington a Francia para visitar a la empresa Labinal, proveedora del cableado del 787. Camino al aeropuerto un e-mail urgente llegó, el correo era enviado por su mismo jefe preguntándole si estaba enterado de las noticias que se generaban en Europa y que impactaban a la industria aeroespacial.

Del otro lado del mundo el presidente ejecutivo de Airbus había pronunciado un discurso anunciando que el súper Jumbo A380 de la compañía tendría un retraso de dos años.

El retraso se había evaluado en varios cientos de millones de dólares y lo más impactante del anuncio fue la causa de ese retraso “Problemas de compatibilidad con el sofisticado software de diseño utilizado por los ingenieros de la arquitectura del A380”.

Los ingenieros de Airbus en Alemania, donde se construía la sección trasera del avión, junto con cientos de kilómetros de cableado eléctrico que energizarían la cabina principal del avión, estaban utilizando una versión anterior del software de diseño asistido por computadora (CAD por sus siglas en inglés), mientras que los ingenieros de Airbus establecidos en Toulouse, Francia, utilizaban una versión actualizada del software.

Cuando llegaron los primeros paquetes de cables de Alemania a Francia había un desajuste desde la parte trasera hacia la parte delantera del fuselaje. Los trabajadores de instalación trataron de jalar los paquetes de cables por separado intentando que se logran ensamblar

con los conectores, pero siendo 300 kilómetros de cable y cerca de 40,300 conectores en cada plano, la inmensidad del problema no tardó en hacerse evidente. La validación de los archivos del diseño de cables se había hecho sobre diferentes versiones del software de diseño y esto había causado errores. Errores que los expertos en diseño encontraron en cambios en las mediciones. Esos errores iban a costarle miles de millones a Airbus.

La causa raíz del problema es que había incompatibilidades en el desarrollo de las herramientas de ingeniería recurrente que se utilizan en el diseño de arneses eléctricos. La información de los dos sistemas no podía ser intercambiada con precisión o quizá el grupo de Airbus no la supo intercambiar adecuadamente. Airbus tuvo que armonizar las herramientas de diseño en 3D y la base de datos y esto tomo bastante tiempo.

El jefe de Fowler tenía una gran preocupación y le hizo dos preguntas clave ¿Es CATIA el software que estamos usando, cierto? ¿Podríamos tener los mismos errores nosotros? La respuesta de Fowler fue contundente “Tengo confianza en nuestro programa. Creo que entendemos lo que se necesita para armar el producto, y entendemos cuáles son los problemas que se nos pueden presentar y hemos tomado las medidas adecuadas para evitar que lo mismo suceda en Boeing”.

Para muchos otros responsables de la gestión de productos la seguridad en sistemas de ciclo de vida del producto con sus suites de programas de diseño asistido por computadora no es tan fuerte. Y hay razones para dudar, los sistemas CAD se han popularizado en la industria y la academia, muchas marcas de software están apareciendo día a día y algunos programas de gestión llevan el ciclo de vida del producto desde el concepto, pasando por el diseño hasta su fabricación y pueden dar seguimiento a cualquier producto desde una licuadora, un refrigerador, hasta un jet comercial de pasajeros. Sobre el papel los sistemas PLM ofrecen un

mundo perfecto, pero vivimos en un mundo imperfecto y cuando se habla de algo tan complicado como un avión estamos tratando un movimiento masivo de datos. El almacén de datos para el proyecto Dreamliner, es de 16 terabytes.

Para ese entonces los problemas de Airbus impulsaron a Boeing y su programa Dreamliner. Boeing terminó el año 2006 con ventas récord de aviones comerciales.

Con el uso de software CAD, los fabricantes pueden crear modelos 3D detallados de sus productos y correr sobre ese diseño una serie de pruebas virtuales, por ejemplo de esfuerzo, de vibraciones, de ruido, de turbulencia y hasta de choque, muy utilizada en la industria automotriz, todo esto antes de que se gaste un centavo en manufacturar la pieza. Con el uso de software de manufactura digital las compañías pueden explorar como esas partes o componentes pueden ser producidos por la simulación de procesos. Software como Delmia de Dassault Systemes ayuda a los fabricantes a determinar cuanta gente, robots u otros recursos de manufactura serán requeridos, evalúa si la maquinaria existente puede ser utilizada o habrá que hacer nuevas adquisiciones de equipo de manufactura o si los procesos pueden ser completamente automatizados o habrá la necesidad de realizarlos manualmente.

El software tampoco es responsable de todos los errores de diseño, la pesadilla de Airbus se debió a la falta de estricta uniformidad de los procesos y tecnologías, lo que a la larga se convirtió en una enmarañada red de problemas. Nadie estaba viendo que versiones de CATIA se estaban usando, pareciera ser un problema del área de sistemas, pero el problema era de gestión. ¿Problema de gestión? Sí, no todo se hubiera resuelto con la actualización a CATIA V5 en las computadoras de Airbus Alemania, el asunto era que había que invertir en capacitar a los ingenieros en la nueva versión y además CATIA V4 y V5 son abismalmente diferentes, le tomaría un lapso de 6 meses a un año al equipo alemán en dominar ampliamente las nuevas

herramientas y ese tiempo era dinero. El final de la historia de Airbus es que aprendieron la lección y la reorganización de sus sistemas de PLM ahora trabajan de manera efectiva.

De manera contraria a este caso, la gestión de Boeing nunca quiso correr muchos riesgos y mucho antes de que los problemas de Airbus se hicieran públicos, el fabricante aeroespacial estadounidense había puesto en marcha un riguroso conjunto de requisitos para asegurar que la misma versión de CATIA era utilizada por todos los involucrados en la conformación del Dreamliner.

Cuando el consejo de administración de Boeing dio su aprobación formal al programa 787 Dreamliner, la estrategia de tecnologías de información con la integración de sistemas ya se había gestado, la plataforma de trabajo ya se había seleccionado, y con el mismo sistema CATIA que también usaba su competidor.

La estrategia tecnológica de Boeing se acordó en la selección del sistema de gestión PLM de Dassault Systemes, Boeing ya tenía una experiencia previa con el exitoso 777, un avión comercial totalmente diseñado de forma digital, y con esa experiencia previa ahora venía la implementación en un producto totalmente nuevo. Se acordaron tres componentes principales de la suite PLM de Dassault: CATIA V5 para el diseño; DELMIA, el paquete de fabricación virtual que permitió a los ingenieros tomar los diseños de los arneses del 787 y simular su fabricación y sus componentes; y ENOVIA la plataforma de colaboración que proporciona a los ingenieros acceso a la bóveda de la información del 787 como diseños electrónicos y especificaciones de componentes, además de que se podía tener acceso a ver a la bóveda de información del 777 para darse una idea con lo que ya se había hecho anteriormente.

Para Boeing la gente involucrada no solo eran sus ingenieros sino los ingenieros de sus proveedores. Se había considerado que los socios proveedores pudieran elegir las aplicaciones de software que ellos quisieran, pero en una evaluación preliminar se decidió que no era factible debido al desafío de integración de datos. Boeing propuso un incentivo financiero a sus proveedores, para que todos ellos se subieran al barco llamado CATIA V5 y Boeing se hiciera cargo del entrenamiento de la gente en el uso de este recurso.

Lean Manufacturing

Lean Manufacturing es una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, definidos éstos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios. Identifica varios tipos de “desperdicios” que se observan en la producción: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos. Lean observa lo que no deberíamos estar haciendo ya que no agrega valor al cliente y tiende a eliminarlo. Para alcanzar sus objetivos, despliega una aplicación sistemática y habitual de un conjunto extenso de técnicas que cubren la práctica total de las áreas operativas de fabricación: organización de puestos de trabajo, gestión de la calidad, flujo interno de producción, mantenimiento, gestión de la cadena de suministro. Los beneficios obtenidos en una implantación Lean son evidentes y están demostrados.



Ilustración 93 Estado actual

Su objetivo final es el de generar una nueva CULTURA de la mejora basada en la comunicación y en el trabajo en equipo; para ello es indispensable adaptar el método a cada caso concreto. La filosofía Lean no da nada por sentado y busca continuamente nuevas formas de hacer las cosas de manera más ágil, flexible y económica. Lean Manufacturing no es un concepto estático, que se pueda definir de forma directa, ni tampoco una filosofía radical que rompa con todo lo conocido. Su novedad consiste en la combinación de distintos elementos, técnicas y aplicaciones surgidas del estudio a pie máquina y apoyadas por la dirección en el pleno convencimiento de su necesidad. El pensamiento Lean evoluciona permanentemente como consecuencia del aprendizaje que se va adquiriendo sobre la implementación y adaptación de las diferentes técnicas a los distintos entornos industriales e, incluso, de servicios.

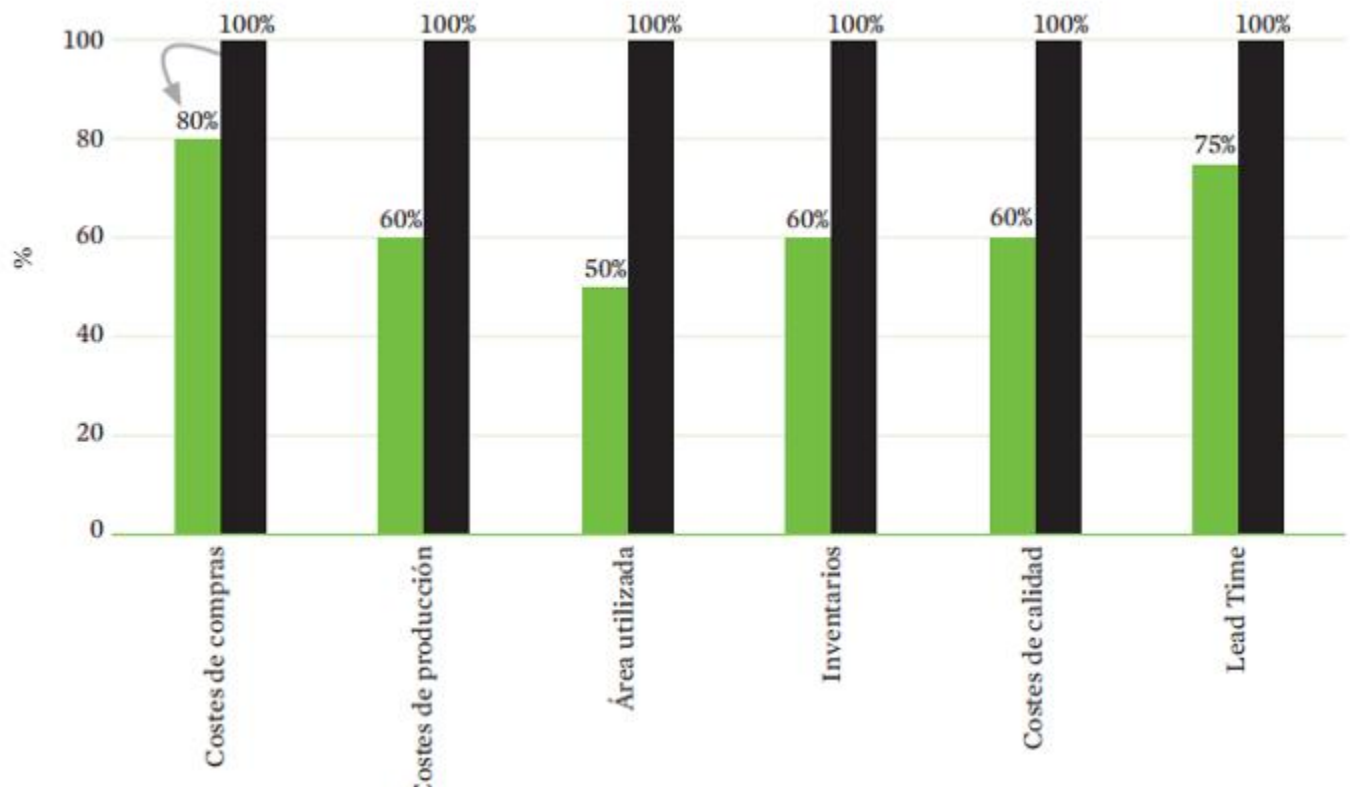


Ilustración 94 Beneficios de implementar Lean Manufacturing.

La difusión de las técnicas de gestión Lean ha venido acompañada de los conceptos de “excelencia en fabricación” o “empresa de clase mundial”. El conocimiento de los objetivos que implican estos conceptos es muy conveniente de cara a iniciarse en las nuevas técnicas, clave para la competitividad de las empresas. Desde el punto de vista de “excelencia” las empresas que desean competir con éxito en el mercado actual deben plantearse los siguientes objetivos:

- Diseñar para “fabricar”.
- Reducir los tiempos de preparación de máquinas para incrementar la flexibilidad y disminuir los plazos de ejecución.

- Lograr una distribución de la planta que asegure un bajo inventario, minimice recorridos y facilite el control directo por visibilidad.
- Usar la tecnología para disminuir la variabilidad del proceso.
- Conseguir que sea fácil fabricar el producto sin errores.
- Organizar el lugar de trabajo para eliminar tiempos de búsquedas.
- Formar a los trabajadores para facilitar la motivación, polivalencia y multidisciplinaridad.
- Garantizar que el personal de línea sea el primero en intentar solucionar los problemas.
- Conservar y mejorar el equipo existente antes de pensar en nuevos equipos. Usar intensivamente el mantenimiento preventivo implicando a todos los empleados.
- Incrementar la frecuencia de entregas de los productos.
- Conseguir que la detección de fallos se realice en la fuente creando mecanismos sencillos que detecten inmediatamente los problemas.
- Garantizar que todas las personas estén regularmente informadas sobre las necesidades de los clientes, su grado de satisfacción y de los métodos a utilizar para su satisfacción.

A continuación se presenta el esquema de la “Casa del Sistema de Producción Toyota” para visualizar rápidamente la filosofía que encierra el Lean y las técnicas disponibles para su aplicación. Se explica utilizando una casa porque ésta constituye un sistema estructural que es fuerte siempre que los cimientos y las columnas lo sean; una parte en mal estado debilitaría todo el sistema.

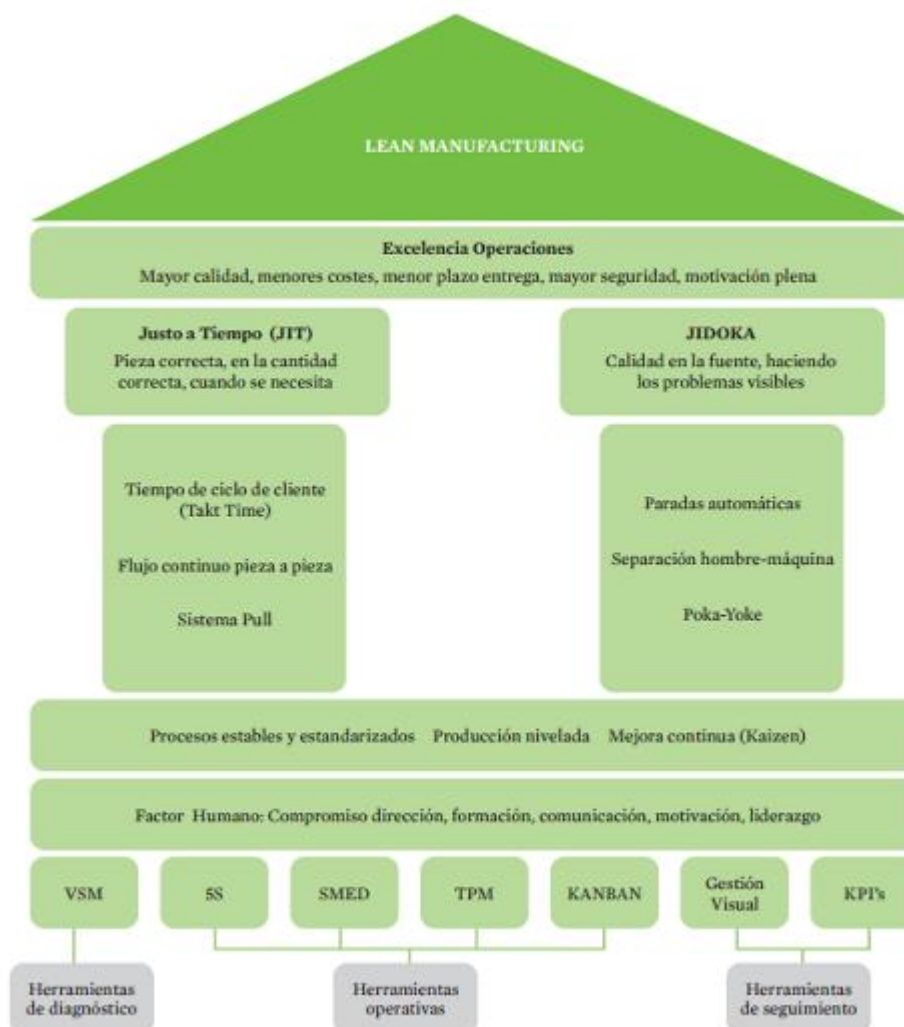


Ilustración 95 Esquema de la casa de Lean Manufacturing.

La implementación de Lean Manufacturing tiene bastantes beneficios ya que abarca diferentes técnicas las cuales podemos aplicar en el diseño de troqueles, donde se tiene un potencial de mejora del 70% en algunos casos siempre y cuando se aplique de manera correcta pero sobre todo que el personal esté involucrado para poder lograr el objetivo.

Capacitaciones para generar cultura y ambientes propicios para el diseño de troqueles

La Capacitación en el diseño de herramientas es muy importante ya que podemos disminuir los errores sistemáticos que ocurren en este tipo de actividades para esto se desarrolló los siguientes pasos de capacitación los cuales no proporcionarían un potencial de mejora en el diseño de herramientas.

Elementos de un programa

- Relación de eventos a impartir por puesto de trabajo.
- Objetivos finales e intermedios que especifiquen el cambio de conductas a modificar en los trabajadores
- Contenido temático del evento.
- Técnicas grupales e institucionales que facilitarían el proceso instrucción - aprendizaje.
- Los recursos didácticos que apoyarán y facilitarán la asimilación de conocimientos a los participantes.
- Recursos financieros y materiales requeridos para efectuar las acciones.
- Duración total en horas de cada uno de los eventos que se programen.
- El instructor y/o institución capacitadora responsable de los eventos previstos.

Resultados de la estimación del potencial de mejora en el diseño.

Para realizar la estimación del potencial de mejora en el área de diseño se analizan 3 áreas de mejora que son:

- Infraestructura para el desarrollo de tecnología de diseño de troqueles.
- Lean Manufacturing
- Capacitaciones para generar cultura y ambientes propicios para el diseño de troqueles.

Tabla 22 Evaluación de infraestructura de Diseño


Edición:	 INDUSTRIAS NORM CENTRO TECNOLÓGICO	Departamento:
Fecha:		
No. De parte:		Área:
Descripción:		INFORMACIÓN PARA EL CALCULO DEL POTENCIAL DE MEJORA DISEÑO
No.	Área de Mejora: Infraestructura	Calificacion (0-10)
1	Cómo consideras las instalaciones para el diseño	6.3
2	Cómo calificas los hardware para diseños (Red, impresoras, PC, Plotters, etc.)	5.8
3	Cómo calificas el software para diseño (Catia, Martercam, solidworks, Nx, entre otros)	5.3
4	Que tan frecuentemente utilizan equipos de Escanner 3D para ingenieria inversa	4.6
5	Cómo calificas el inmobiliario del area de diseño	6.1
6	Que tan frecuente se actualiza el inventarios de equipos para diseño (HW / SW)	5.4
7	Cómo calificas la ergonomia del área de diseño	5.9
8	Cómo calificas los servicios de los proveedores al área de diseño	6.2
	Suma	45.6
	Total de preguntas	8
	Promedio	5.7

Tabla 23 Evaluación de Lean Manufacturing para diseño



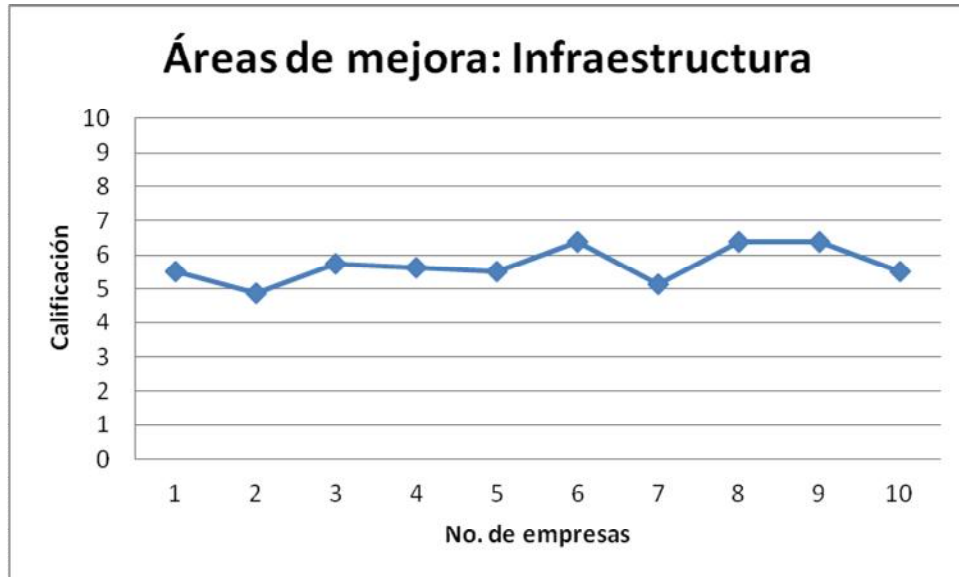
Edición:		Departamento:
Fecha:		
No. De parte:		Área:
Descripción:		INFORMACIÓN PARA EL CALCULO DEL POTENCIAL DE MEJORA
	DISEÑO	Editó: Revisó: Aprobó:
No.	Área de Mejora: Lean Manufacturing	Calificacion (0-10)
1	Cómo consideras las áreas de trabajo	4.2
2	Qué tan frecuente minimizan los defectos en el diseño	3.9
3	Qué tan frecuente aplican la verificación de tolerancias al diseño	4.8
4	Qué tan frecuente los diseñadores identifican errores en sus diseños	4.6
5	Con qué frecuencia promueven la motivación al personal	5.5
6	Cómo calificas los formatos de verificación de diseño final	4.5
7	Con qué frecuencia promueven círculos de calidad en el diseño	4.4
8	Qué tan buenos son los procedimientos para los sistemas de calidad	4.6
9	Que tan frecuente realizan reportes de requerimientos técnicos	4.7
10	Qué tan frecuente son los retrasos en el diseño	5.1
11	Cómo calificas los análisis de manufacturabilidad	4.3
	Suma	50.6
	Total de preguntas	11
	Promedio	4.6

Tabla 24 Evaluación de Capacitación en Diseño

Edición:		Departamento:
Fecha:		
No. De parte:		Área:
Descripción:		<p style="text-align: center;">INFORMACIÓN PARA EL CALCULO DEL POTENCIAL DE MEJORA</p> <p style="text-align: center;">DISEÑO</p>
No.	Área de Mejora: Capacitación	Calificacion (0-10)
1	En qué nivel conoce el personal la norma GD&T y su aplicación	4.1
2	En qué nivel el diseñador maneja las herramientas CAE	4
3	En qué nivel los diseñadores dominan ingeniería Inversa	4.5
4	En qué nivel los diseñadores manejan el modelado de 3D	3.9
5	El diseñador conoce las normas y criterios para el diseño	4.1
6	Qué tan frecuente actualiza al personal en reportes dimensionales	3.8
7	Qué tan frecuente se respetan las tolerancias	4.4
8	Qué tan frecuente se realizan repotes de análisis de materiales	4.3
9	Qué tan frecuente se capacita al diseñador en componentes de un herramental	4.3
10	Qué tan frecuente se capacita en el analisis de formabilidad para el diseño de herramientas	4.1
	Suma	41.5
	Total de preguntas	10
	Promedio	4.2

Para el análisis se evaluaron varias empresas, de las cuales se seleccionaron 10 representativas de varias regiones, por confidencialidad no se mencionan los nombres de las mismas, pero para efectos de estudio, la gráfica siguiente nos muestra un nivel de evaluación de 5.7 en una escala

de 0 a 10, lo cual nos da como resultado un potencial de mejora en la infraestructura de diseño de 43%.



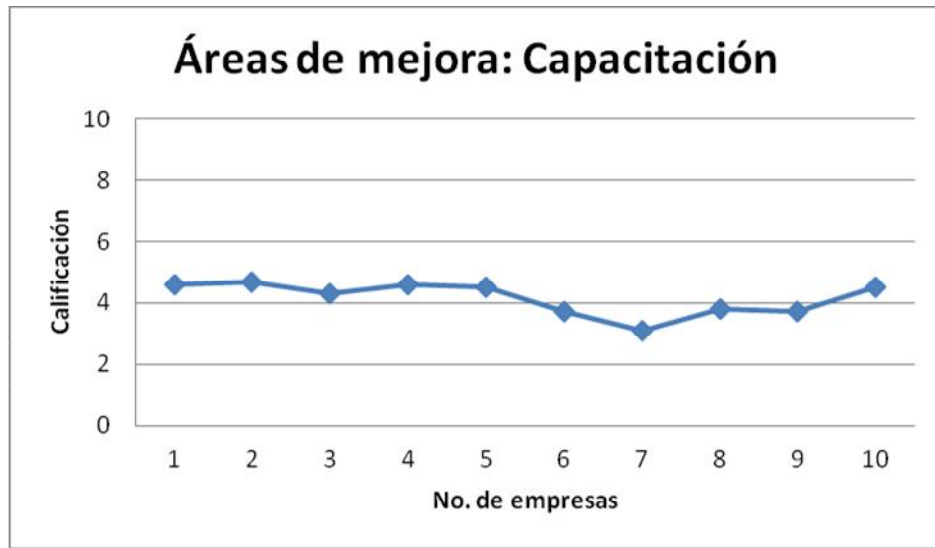
Gráfica 13 Potencial de mejora en infraestructura de diseño

Para el caso del potencial de mejora en el área de Lean Manufacturing para el diseño tenemos como resultado un 54% de oportunidad de mejora, en la gráfica siguiente se muestra el resultado de la evaluación.



Gráfica 14 Potencial de mejora en Lean manufacturing para diseño

Para el caso del potencial de mejora en el área de Capacitación para el diseño tenemos como resultado un 48% de oportunidad de mejora, en la gráfica siguiente se muestra el resultado de la evaluación.



Gráfica 15 Potencial de mejora en la capacitación para el diseño

2.8 ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE MEJORA EN LA FABRICACIÓN.

La estimación del potencial de mejora en la fabricación de los herramientales se fundamenta principalmente en la aplicación de metodologías ya probadas en la industria automotriz para la reducción de variación del producto y eliminación de desperdicios.

Tomando como base los errores sistemáticos en la fabricación vistos en punto 2.5, se identificaron seis causas potenciales que se reflejan en la fabricación de un troquel, para estas causas se definieron su potencial de mejora lo que proporciona beneficios para el diseño de los troqueles.

A continuación se presentan las causas y como resultado su potencial de mejora.

Tabla 25 Potencial de mejora

Causas	Potencial de Mejora
Conocimiento limitado en la cotización de un troquel	Capacitación detallada de los elementos de un troquel y análisis de gastos fijos para su fabricación.
Falta de seguimiento en el proceso de construcción	Planificación de la fabricación
Fallas en pruebas primarias (Try out's)	Implementación de protocolos de prueba estrictos y aplicación de Lean Manufacturing para optimizar procesos
Falta de simulación de maquinados para evitar errores antes de la producción	Implementación de herramientas de simulación de CAM (Catia, NX)

Falla en programación de equipos CNC para manufactura	Capacitación en módulo de Maquinados de software de alto nivel (Catia, NX)
Corrección de diseño	<ul style="list-style-type: none"> - Implementación de Six Sigma para determinar las variaciones de la pieza fabricada vs CAD - Implementación de Ingeniería inversa - Implementación de metrología avanzada portátil mediante scanner 3D
Falta de simulación de procesos finales	Aplicación de herramientas de simulación de ensamble del herramientas, a elemento unitarios e integrados

El potencial de mejora se describe en la parte inferior de este texto.

Los errores sistemáticos en el diseño generalmente son resultado de actividades principales que se ejecutan durante esta actividad, por ello se clasificaron estos errores en tres áreas de mejora las cuales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 26 Errores de fabricación

Causas	Potencial de Mejora	Área de Mejora
Conocimiento limitado en la cotización de un troquel	Capacitación detallada de los elementos de un troquel y análisis de costos y gastos fijos para su fabricación.	Lean Manufacturing
Falta de seguimiento en el proceso de construcción	Planificación de la fabricación	

Fallas en pruebas primarias (Try out's)	Implementación de protocolos de prueba estrictos y aplicación de Lean Manufacturing para optimizar procesos	
Falta de simulación de maquinados para evitar errores antes de la producción	Implementación de herramientas de simulación de CAM (Catia, NX)	Capacitación
Falla en programación de equipos CNC para manufactura	Capacitación en módulo de Maquinados de software de alto nivel (Catia, NX)	
Corrección de diseño	Implementación de Ingeniería inversa	
	Implementación de metrología avanzada portátil mediante scanner 3D"	
	Implementación de Six Sigma para determinar las variaciones de la pieza fabricada vs CAD	Análisis de fallas

Los errores sistemáticos de fabricación se clasificaron en tres áreas de mejora las cuales son los siguientes:

- Lean Manufacturing
- Capacitación
- Análisis de falla

Lean Manufacturing

Lean manufacturing, es un modelo de gestión el cual se encuentra enfocado a la creación de flujo para que se pueda entregar el máximo valor a los clientes, utilizando para ello los mínimos recursos necesarios.

La creación de flujo se centra en la reducción de los ocho tipos de "desperdicios" en productos manufacturados:

- Sobre-producción
- Tiempo de espera
- Transporte
- Exceso de procesados
- inventario
- Movimientos
- Defectos
- Potencial humano subutilizado

Siguiendo los puntos anteriores es posible eliminar el despilfarro, mejorar la calidad y reducir el tiempo de producción y el costo.

Puntos críticos durante la producción.

- Pieza terminada con operaciones faltantes.
- Materiales mezclados en cajas de empaque.
- Piezas dañadas.
- Reclamación de producto no conforme.
- Maquinado de componentes para herramientas inadecuados.
- Proceso largo de maquinado de componentes para herramientas.
- Fallas en el proceso de fabricación de troqueles.

Para solucionar estos puntos es necesaria la implementación de Lean Manufacturing, en la línea productiva. El aplicar elementos a prueba de fallos “pokayoke” evita la confusión y los errores de cómo están colocadas las piezas sin temor a equivocarse, los cuales son diseñados en conjunto con el personal de manufactura y el área de diseño, estos deben ser evaluados constantemente para garantizar su funcionamiento

- La aplicación de una auditoria del proceso y de hacer una automatización del proceso.
- La aplicación de un plan de capacitación.

Los principios clave del lean manufacturing son:

- Calidad perfecta a la primera: búsqueda de cero defectos, detección y solución de los problemas desde su origen.
- Minimización del desperdicio: eliminación de todas las actividades que no son de valor y optimización del uso de los recursos limitados como son: el capital, la gente y el espacio.
- Mejora continua: reducción de costes, mejorar la calidad, aumento de la productividad y compartir la información.
- Procesos "pull": los productos son jalados (en el sentido de solicitados) por el cliente final, no empujados por el final de la producción.

Este modelo tiene una gran flexibilidad, al poder producir rápidamente diferentes mezclas de gran variedad de productos, todo esto sin llegar a sacrificar la eficiencia debido a volúmenes menores de producción.

Construcción y mantenimiento de una relación a largo plazo con los proveedores tomando acuerdos para compartir el riesgo, los costos y la información.

Como se mostró anteriormente existen tres potenciales de mejora para Lean Manufacturing dentro de la fabricación de herramientas los cuales son los siguientes:

- Capacitación detallada de los elementos de un troquel y análisis de costos y gastos fijos para su fabricación.
- Planificación de la fabricación para darle un seguimiento adecuado a la construcción y se apegue a los plazos establecidos, muchas veces un retraso que no se documenta impacta en los costos y sobre todo en la reputación de la empresa.
- Implementación de Lean Manufacturing para optimizar procesos de fabricación de herramientas

Aplicación de los sistemas de gestión de todos los aspectos de la producción, incluyendo diseño y desarrollo, ventas y dirección.

Con una buena aplicación de la metodología de desperdicios que es parte de Lean Manufacturing se puede mejorar en un rango del 20% a 45% según el estado actual de la organización.

Planificación de la fabricación e Implementación de Lean Manufacturing para optimizar procesos de fabricación de herramientas

Aplicando de manera adecuada la técnica de Justo Tiempo se pueden obtener beneficios en la fabricación de troqueles beneficiando a la organización entre un rango de 20 al 60%.

Capacitación

Actualmente en la industria automotriz los proveedores de herramientas que atienden el mercado son muy variados, van desde los pequeños talleres con infraestructura básica hasta

aquellos que son subsidiarias de empresas trasnacionales y cuentan con equipos muy sofisticados, la diferencia es abismal y la oferta no es suficiente para satisfacer la demanda creciente de herramientas. En base a la información extraída de los consumidores directos de herramientas (OEM's) los pequeños fabricantes de herramientas siempre mantienen una característica similar: "No cumplen el plazo", esto provocado por diversas causas, pero la más importante es por la falta de planeación.

Con los métodos de planificación se pretende optimizar el uso de los recursos evitando cambios bruscos de producción de herramientas y, al mismo tiempo, reducir los costos totales de producción. Es posible utilizar la programación lineal en la fabricación de herramientas, siempre y cuando la relación entre las variables que intervienen en la planificación agregada sea lineal. Es decir, se tenga un proceso adicional que pueda satisfacer los cambios bruscos de producción. Si la función se define de forma correcta y se contemplan todas las restricciones, la solución que se obtiene es óptima.

Cualquier método de planificación debe cumplir unas condiciones:

- Minimizar los costos de producción.
- Respetar las restricciones de capacidad de la planta, ya que las instalaciones son fijas, es decir, en el intervalo en que se planifica no es posible comprar nuevas máquinas. Por otro lado, puede existir una tasa mínima de producción por debajo de la cual no sea rentable producir. Esto debe ser analizado para evitar desperdicios tanto de infraestructura como de recursos.
- Dejar la empresa en una buena situación para el futuro.

En la ilustración se muestra esta relación de la producción vs la demanda, en el caso de herramientas se puede decir que es difícil tener una producción constante ya que los

diferentes modelos de herramientas hacen esto muy complicado, sin embargo, en un proceso estandarizado, se tienen muchos componentes base que pueden ser utilizados en múltiples aplicaciones, esto beneficia a las áreas de maquinado que pueden mantener siempre en uso a sus equipos evitando el desperdicio.

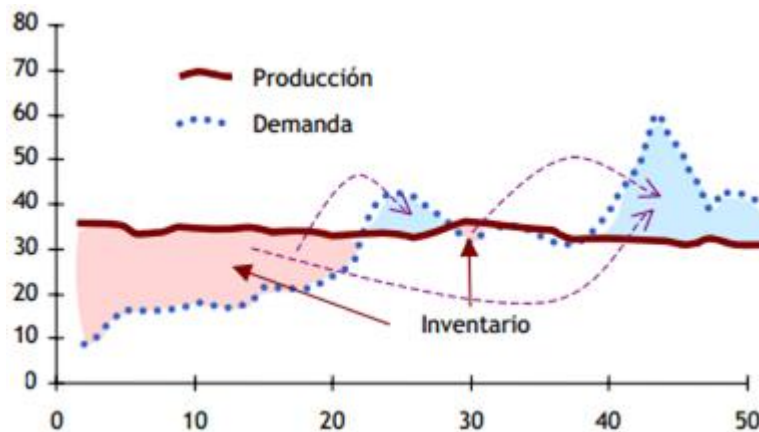


Ilustración 96 Planificación de producción

Estrategias de planificación

Las estrategias puras son aquellas que se centran sólo en un aspecto de los tres que influyen en la planificación agregada: Mano de obra, inventario y producción.

Cambio del nivel de inventario

Una primera estrategia consiste en variar sólo el nivel del inventario. Así, en previsión de períodos de alta demanda la empresa acumula producto terminado. Cuando la demanda descende, se reducen los niveles de stock. El inventario juega un papel muy importante en la fabricación de herramientas, ya que muchas veces los aceros especiales no son de fabricación nacional, esto implica tener una buena estrategia de importación para evitar plazos muy largos

en la entrega de herramientas. En el país se hace esfuerzo para desarrollar proveedores, pero el tema de aceros especiales, todavía no se tiene una estrategia clara.

La ventaja de esta política es que asegura las ventas y evita roturas de stock. Como contrapartida se puede decir que, con esta estrategia, se elevan los costos relacionados con el inventario. Si el producto es caro, o se vuelve obsoleto con facilidad, no resulta una buena estrategia. Para ello se debe pensar en una estrategia de proveeduría especializada donde un proveedor especialista sea quien mantenga este stock y no el fabricante.

Cambio en el nivel de mano de obra

También es posible adecuarse a la demanda realizando contrataciones temporales. De esta forma se aproxima la capacidad de la empresa a las necesidades de producción. Como consecuencia de esta estrategia se consiguen bajos niveles de inventario, pero los gastos en formación, contratación y despido aumentan de forma considerable. Además, al no formar parte de la empresa, un gran número de propuestas de mejora no se podrán llevar a cabo, ya que los operarios temporales no estarán interesados en ellas. Esta estrategia se emplea de forma generalizada en empresas de servicios.

Variación de la tasa de producción

Por último, se puede variar la tasa de producción para satisfacer la demanda.

Existen distintas formas de aumentar la capacidad de la planta sin recurrir a la compra de nuevos equipos:

- Horas extra. Existe un número máximo de horas extraordinarias fijado por el convenio de la empresa. Además, su uso supone un costo adicional.

- Añadir un turno. Similar al caso anterior, y siempre que sea posible añadirlo ya que en algunas ocasiones resultará imposible, bien por falta de personal o bien porque la empresa ya trabaja a 5 turnos. También supone un costo adicional debido fundamentalmente a la estructura necesaria para que funcione la empresa. En el caso de maquinados se puede manejar un turno 3 y 4 turno que pueden satisfacer esa demanda extraordinaria.

- Subcontratación. En muchas empresas se subcontratan algunas operaciones de forma habitual, pero esta estrategia se refiere a subcontratar el pedido completo. Por ejemplo, una empresa que se dedique a la fabricación de herramientas puede ceder a la competencia un pedido, por falta de capacidad y para evitar perder el cliente. En algunos sectores es una práctica habitual. También puede subcontratarse en procesos que no son importantes para la empresa, y así dedicar los recursos en tareas de valor agregado.

- Aumentar los pedidos pendientes. Esta política sólo puede aplicarse con clientes pacientes y será necesario compensar al cliente por la falta de puntualidad en la entrega. No hay que confundir esta estrategia con entregar fuera de plazo los pedidos. En algunos casos un mismo cliente tiene varios requerimientos, se puede negociar para que las prioridades sean adaptadas no a como llego el requerimiento sino a la urgencia real del pedido.

Previsiones

Se ha comentado que la planificación agregada parte de datos de la demanda que pueden no conocerse con exactitud, pero es necesario disponer de información aproximada de los recursos necesarios. Muchas veces se oye la frase “si hubiera sabido que iba a ocurrir... pero ya

es demasiado tarde”. La previsión es la predicción de lo que ocurrirá con una variable en el futuro, y es el punto de partida de la función de planificación de la producción. Es necesario dejar claro que la previsión nunca es exacta, aunque su objetivo sea acercarse lo más posible a la realidad. Sin embargo, las previsiones son necesarias, ya que adelantarse a los acontecimientos sitúa a la empresa en una posición más competitiva. Los requisitos básicos para realizar una previsión son, por un lado, conocer la variable que quiere preverse (en este caso será la demanda) y, por otro lado, fijar el método de previsión que se empleará.

Técnicas de previsión

Son numerosas las técnicas que pueden emplearse para realizar previsiones. Se pueden agrupar en cuatro categorías principales.

- Métodos explicativos o causales: Emplean datos históricos y su objetivo es determinar el comportamiento de la variable en función de las causas que producen las variaciones.
- Técnicas cualitativas: Se basan en la opinión subjetiva de determinados colectivos. Por ejemplo, los estudios de mercado se emplean para probar hipótesis.
- Modelos de simulación: El ordenador posibilita la elaboración de pronósticos mediante modelos en los que se representan todas las variables que afectan a la demanda de un artículo.
- Métodos descriptivos o extrapolación de series temporales: Basados en modelos estadísticos utilizan la demanda del pasado para realizar las previsiones del futuro. Los métodos más empleados son el valor medio móvil y el alisamiento exponencial, tanto para la componente básica como para la tendencia.

Recursos humanos Especializados

Para la fabricación de herramientas se ha detectado que en el país existe una gran demanda de personal altamente capacitado. Muchas empresas extranjeras que han venido a México se quejan de que el personal especializado es escaso y que en muchas ocasiones las empresas hacen fuertes inversiones en capacitación, sin embargo cuando ya tiene cierta experiencia se cambian a otras empresas que les ofrecen mejores prestaciones.

Esto se vuelve un problema y repercute directamente en la productividad, para ello se tienen iniciativas de capacitación especializada que disminuyan la curva de aprendizaje de este personal en tareas de este tipo. Se requiere personal técnico especializado, ingenieros con conocimiento de mecánica y mecatrónica, y buenos planeadores para agilizar los temas logísticos.

Tiempos Muertos

Un tiempo muerto es un momento en el tiempo donde no se produce nada, puede ser en un traslado de material, paro de maquinaria, causando un impacto económico negativo a la empresa.

Para evitar este tipo de eventos se han creado los diagramas de flujo donde se indica por pasos el proceso y/o la operación a seguir, desde la llegada del material al almacén de la empresa hasta la salida del mismo o almacenamiento de entrega.

Las ventajas de utilizar un diagrama de flujo son:

- Favorecen la comprensión del proceso al mostrarlo como un dibujo.
- El cerebro humano reconoce muy fácilmente los dibujos.
- Un buen diagrama de flujo reemplaza varias páginas de texto.
- Permiten identificar los problemas y las oportunidades de mejora del proceso.

- Se identifican los pasos, los flujos de los reproceso, los conflictos de autoridad, las responsabilidades, los cuellos de botella, y los puntos de decisión.
- Muestran las interfaces cliente-proveedor y las transacciones que en ellas se realizan, facilitando a los empleados el análisis de las mismas.
- Son una excelente herramienta para capacitar a los nuevos empleados y también a los que desarrollan la tarea, cuando se realizan mejoras en el proceso.

Como se observó anteriormente existen cuatro potenciales de mejora para la capacitación dentro de la fabricación de herramientas los cuales son los siguientes:

- Implementación de herramientas de simulación de CAM (Catia, NX)
- Capacitación en módulo de Maquinados de software de alto nivel (Catia, NX)
- Implementación de Ingeniería inversa
- Implementación de metrología avanzada portátil mediante scanner 3D

Implementación de herramientas de simulación de CAM (Catia, NX)

La aplicación de estas herramientas de simulación de trabajo tiene un potencial de mejora relativamente notable lo que puede representar un rango de 10 a 30% en la fabricación de herramientas ya que predice de manera verídica las posibles fallas que pueden ocurrir durante la vida útil por otro lado se representa de manera gráfica lo que ayuda a la toma de decisiones de la organización.

Capacitación en módulo de Maquinados de software de alto nivel (Catia, NX)

El tener técnicos especialistas en el manejo de software para la fabricación de herramientas es una tarea complicada, pero con una buena capacitación en módulos de maquinados el potencial de mejora está entre 45 -60% de beneficios. Ya que el eficiente manejo del software proporcionará beneficios en el tiempo de fabricación.

Implementación de Ingeniería inversa

Muchas de las ocasiones se encuentran la organización con la falta de planos de los diferentes herramientas que por diferentes causas no se tienen, para ello la solución es una capacitación de ingeniería inversa. Los beneficios con la implementación de ingeniería inversa son notables lo que representa entre un 10 – 25% del total de la fabricación de un herramienta.

Implementación de metrología avanzada portátil mediante scanner 3D

Con el uso eficiente y eficaz de scanner 3D para la aplicación de ingeniería inversa se obtienen beneficios entre 10 -20%.

Análisis de fallas

Las fallas en los herramientas pueden causar consecuencias graves tanto económicas como pérdidas humanas, de esta manera el análisis debe ser complejo de manera que revele las causas del problema y como consecuencia que proporcione soluciones o alternativas para lograr una producción eficiente. Como sucede en la escena de un crimen, el análisis de falla de un equipo o herramienta está diseñado para que, a través de él, se pueda examinar el equipo. El análisis de falla debe ser una práctica continua e integral de los sistemas de calidad de las empresas.

Ruta del análisis de falla

Un método para el análisis de fallas, debe ser funcional y sencillo para dar solución a los problemas de la organización y poder resolver los problemas de fabricación de herramientas, esto puede ser mediante el uso de herramientas estadísticas las cuales ayudarán al desarrollo correcto del análisis de falla evitando que se repita la misma situación.

Las herramientas son las siguientes:

- Lista de chequeo

- Diagrama de Pareto
- Histograma
- Diagrama de control
- Diagrama causa-efecto

Para realizar el correcto análisis de fallas se necesita seguir algunas etapas:

- Descripción de problema
- Análisis
- Solución
- Documentación.

Historial del herramental

Descripción troquel
 # Parte
 Golpes Acumulados
 Pieza por golpe

No. De golpes afilado _____
 No. De golpes punzones _____
 No. Golpes cambio de matriz _____

Fecha de mantenimiento	Acumulado golpes	MANTENIMIENTO		Fallas				
		Preventivo	Correctivo	Altura de cierre	Carrera	Mal alineación	Punzones facturados	Rectificado de matrices

Ilustración 97 Estadística de funcionamiento del equipo

El potencial de mejora en el análisis de fallas es importante ya que puede evitar pérdidas económicas y humanas, pero sobre todo diagnostica la situación actual del herramental obteniendo beneficios significativos.

Resultados de la estimación del potencial de mejora en la fabricación.

Para realizar la estimación del potencial de mejora en el área de fabricación se analizan 3 áreas de mejora para la fabricación, que ya se mencionaron:

- Lean Manufacturing

- Capacitación
- Análisis de falla

Tabla 27 Evaluación de Lean manufacturing para la Fabricación


Edición:			Departamento:	
Fecha:				
No. De parte:			Área:	
Descripción:		INFORMACIÓN PARA EL CALCULO DEL POTENCIAL DE MEJORA	Editó:	
			Revisó:	
		FABRICACIÓN	Aprobó:	
No.	Área de Mejora: Lean Manufacturing			Calificación (0-10)
1	Cómo consideras las áreas de procesos de herramientas			5.7
2	Con qué frecuencia utilizan los diagramas de flujo (proceso, calidad, PT y etc.)			5.4
3	Con qué frecuencia utilizan hojas de inspeccion de procesos			5.8
4	Con qué frecuencia realizan auditorias internas			5.8
5	Qué tan frecuente realizan la planificación de fabricación			5.7
6	Qué tan frecuente aplican los sistema de gestión en la producción			5.3
7	Qué tan frecuente utilizan la metodología AMEF			5.2
8	Qué tan frecuente utilizan el estudio de tiempo y movimientos			5.7
9	Qué tan frecuente tiene piezas con falta operaciones			5
10	Cómo consideras el interés de la dirección en los proceso de herramientas			6.1
11	Qué tan frecuente existen reclamaciones de producto no conforme			5.8
12	Cómo consideras la infraestructura de la sala de medición			6.3
13	Cómo calificas la distribución de la planta (Layout)			5.6
14	Cómo calificas el servicio de mantenimiento			6.4
15	Cómo calificas los aspectos de manufacturabilidad en los procesos			6.9
Suma				86.7
Total de preguntas				15

Tabla 28 Evaluación de la capacitación para la fabricación



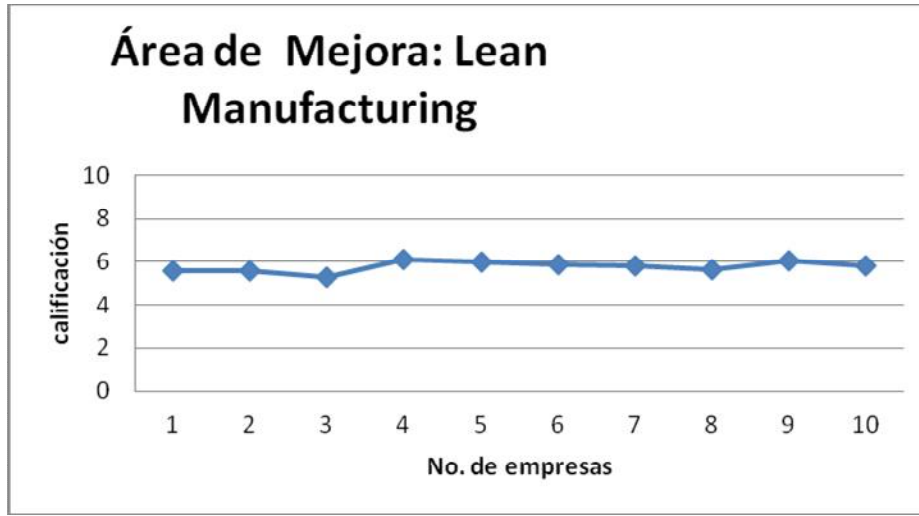
Edición:		Departamento:
Fecha:		
No. De parte:		Área:
	INFORMACIÓN PARA EL CALCULO DEL POTENCIAL DE MEJORA FABRICACIÓN	Editó:
Descripción:		Revisó:
		Aprobó:
No.	Área de Mejora: Capacitacion	Calificacion (0-10)
1	En qué porcentaje conoce el personal la norma GD&T y su aplicación	6.6
2	En qué nivel considera a los trabajadores el manejo de las herramientas CAM	6.1
3	En qué nivel considera a los trabajadores que doniman ingeniería Inversa	6.3
4	En qué nivel los diseñadores manejan el modelado de 3D	5.4
5	En qué nivel considera la aplicación de la metrología avanzada mediante el Escáner 3D	5.2
6	Cómo calificas la capacitacion en modulos de maquinados (Mastercam, Catia, NX, Solidworks. Etc.)	6.5
7	Con qué frecuencia capacitan al personal en mantenimiento (Preventivo, Predictivo)	6.3
8	Cómo calificas la aplicación del AMEF en los procesos de fabricación de herramientas	5.8
9	Cómo calificas la sustentabilidad ambiental	6.3
	Suma	54.5
	Total de preguntas	9
	Promedio	6.1

Tabla 29 Evaluación de análisis de fallas en la fabricación

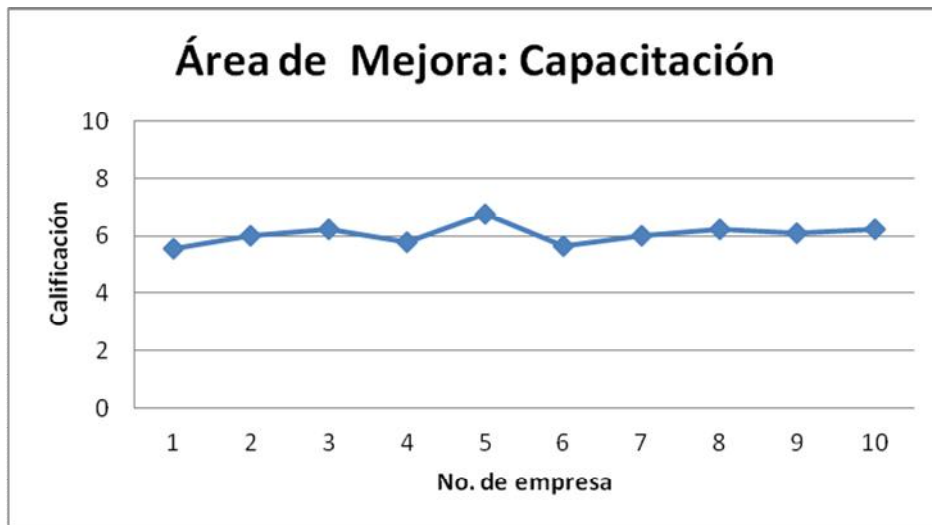
Edición:		Departamento:
Fecha:		
No. De parte:		Área:
	INFORMACIÓN PARA EL CALCULO DEL POTENCIAL DE MEJORA FABRICACIÓN	Editó:
Descripción:		Revisó:
		Aprobó:
No.	Área de Mejora: Analisis de fallas	Calificacion (0-10)
1	Cómo calificas las hojas de inspección de materia prima	4.1
2	Cómo calificas las hojas de inspección de producto terminado	3.4
3	Con qué frecuencia utilizan herramientas estadísticas para la solución de procesos	3.8
4	Cómo calificas la toma de decisiones	3.5
5	Con qué frecuencia se aplican remedios provisionales o parches para la solución de problemas	3.7
6	Cómo calificas los reportes dimensionales de piezas fuera de dimensión	4.9
Suma		23.4
Total de preguntas		6
Promedio		3.9

Para el análisis se evaluaron varias empresas, de las cuales se seleccionaron 10 representativas de varias regiones, por confidencialidad no se mencionan los nombres de las mismas, pero para efectos de estudio, la gráfica siguiente nos muestra un nivel de evaluación de 5.8 en una escala de 0 a 10, lo cual nos da como resultado un potencial de mejora en Lean manufacturing para la fabricación de 42%.



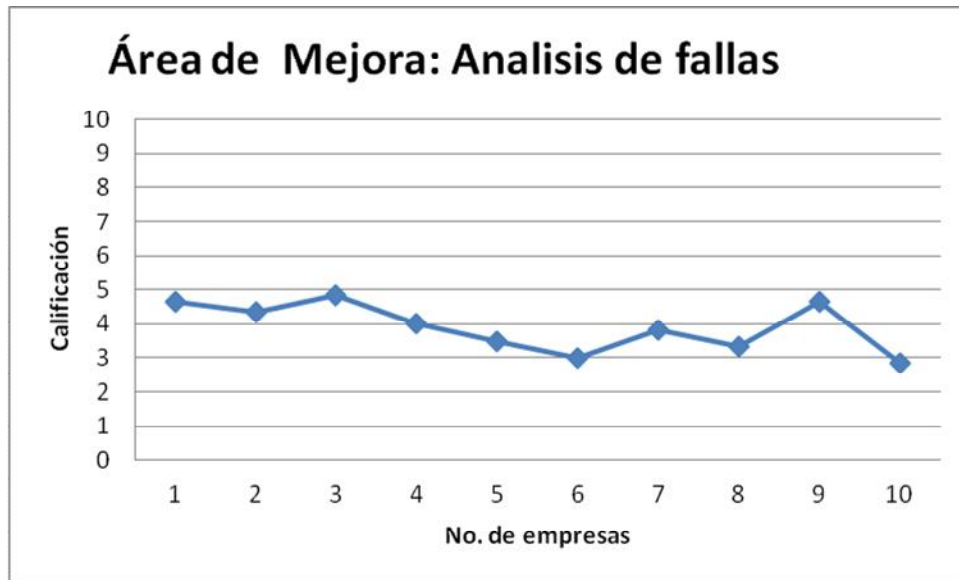
Gráfica 16 Potencial de mejora en lean manufacturing para la fabricación

Para el caso del potencial de mejora en el área de capacitación para la fabricación tenemos como resultado un 39% de oportunidad de mejora, en la gráfica siguiente se muestra el resultado de la evaluación.



Gráfica 17 Potencial de mejora en capacitación para la capacitación

Para el caso del potencial de mejora en el área de análisis de fallas para la fabricación tenemos como resultado un 51% de oportunidad de mejora, en la gráfica siguiente se muestra el resultado de la evaluación.



Gráfica 18 Potencial de mejora en análisis de falla para la fabricación

2.9 ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE MEJORA EN EL FUNCIONAMIENTO.

La estimación del potencial de mejora en el funcionamiento de los herramientas se fundamenta principalmente en la aplicación de herramientas de simulación y de mantenimiento efectivo para reducir costos y aumentar niveles de satisfacción de los clientes.

Tomando como base los errores sistemáticos en el funcionamiento vistos en el punto 2.6, se identificaron seis causas potenciales que se reflejan en el funcionamiento de un troquel, para estas causas se definió el potencial de mejora lo que proporciona beneficios para el diseño de los troqueles.

A continuación se presentan las causas y como resultado su potencial de mejora.

Tabla 30 Causas y potencial de mejora

Causa	Potencial de Mejora
Falta de simulación de procesos finales	Aplicación de herramientas de simulación de ensamble de los herramientas, a elementos unitarios e integrados.
Falta de elementos de detección de falla en el funcionamiento	Automatización de procesos
Falta de estandarización en componentes de herramientas	Implementación de Lean manufacturing para optimizar procesos de funcionamiento de herramientas
Falla constante de funcionamiento de herramientas	Programación de Mantenimientos y el Mantenimiento Productivo Total

Los errores sistemáticos en el funcionamiento generalmente son resultado de actividades principales que se ejecutan durante esta actividad, por ello se clasificaron estos errores en áreas de mejora las cuales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 31 Errores sistemáticos en el funcionamiento

Causas	Potencial de Mejora	Área de Mejora
Falta de simulación de procesos finales	Aplicación de herramientas de simulación de ensamble de herramientas, elementos unitarios e integrados	Simulación
Falta de elementos de detección de falla en el funcionamiento	Automatización de procesos	Tecnología
Falta de estandarización en componentes de herramientas	Implementación de Lean manufacturing para optimizar procesos de funcionamiento de herramientas	Lean Manufacturing
Falla constante de funcionamiento de herramientas	Programación de Mantenimientos y el Mantenimiento Productivo Total	Mantenimiento

Los errores sistemáticos del funcionamiento se clasificaron en tres áreas de mejora las cuales son los siguientes:

- Simulación
- Tecnología
- Lean Manufacturing.
- Mantenimiento.

Simulación

El desarrollo de la simulación es un modelo detallado de un sistema para determinar cómo responderá el sistema a los cambios en su estructura. La simulación de ensambles de herramientas permite experimentar un modelo de sistema para comprender los procesos por los que atraviesa con el fin de mejorar las actividades de la organización.

A nivel de planificación y control estratégicos el modelo de simulación de herramientas inserta varias entradas al sistema, lo que proporciona un modelo para la evaluación o en su defecto para volver a diseñar y medir o cuantificar los factores importantes para lograr la satisfacción del cliente, y utilizando reingeniería en algunos casos del proceso de simulación.

Aplicación de herramientas de simulación de ensamble del herramienta, a elementos unitarios e integrados

Aplicando correctamente la simulación en los herramientas podemos obtener un potencial de mejora entre 25 - 45 %. Dando como resultado herramientas de calidad y sobre todo satisfacción de clientes.

Tecnología

El objetivo principal de la tecnología es la automatización de herramientas lo que se busca es un funcionamiento cada vez más automatizado para mejorar el proceso. La automatización de los troqueles estará combinado con accionamientos mecánicos, eléctricos, hidráulicos, y neumáticos, por otro lado la automatización también incluye beneficios en el proceso y seguridad para el operario.

El siguiente ejemplo muestra el grado de automatización aplicados a un troquel lo que beneficia al operario, calidad y nivel de producción al aumentar la automatización.

Función del Operario Troqueladora Simple

El operario debe:

1. Asegurarse del estado del sistema
2. Colocar la pieza y alinear el troquel
3. No asumir conductas laborales riesgosas que afecten su integridad personal
4. Activar el cilindro
5. Retirar la pieza
6. Iniciar de nuevo el ciclo del troquelado

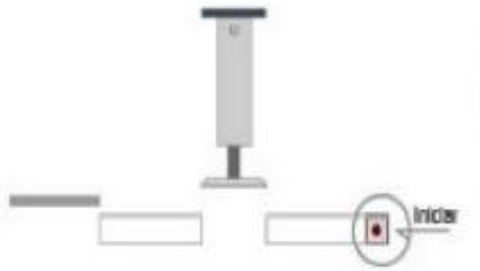


Ilustración 98 Troquelado simple

Nivel de riesgo para el operador
 Nivel de riesgo para la maquina
 Nivel de calidad
 Nivel de producción
 Intervención del operador

ALTO
ALTO
BAJO
BAJO
MUCHA

Función del Operario Troqueladora con protección

El operador debe:

1. Asegurarse del estado del sistema
2. Colocar la pieza y alinear el troquel
3. Activar el cilindro
4. Retirar la pieza
5. Iniciar de nuevo el ciclo del troquelado

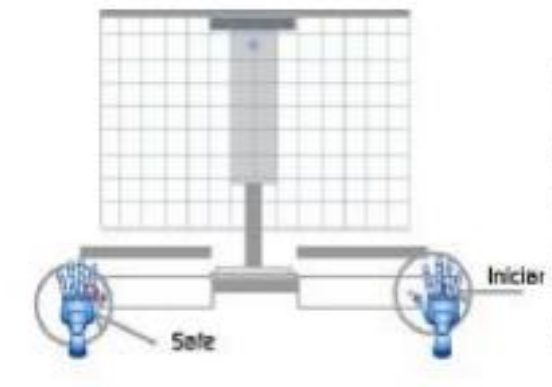


Ilustración 99 Troquelado con protección

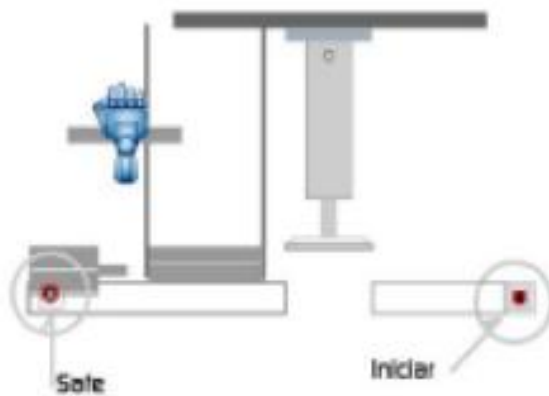
Nivel de riesgo para el operador
 Nivel de riesgo para la maquina
 Nivel de calidad
 Nivel de producción
 Intervención del operador

BAJO
ALTO
BAJO
BAJO
MUCHA

Función del Operario Troqueladora con protección para el operario alimentación automática de piezas

El operador debe:

1. Iniciar de nuevo el ciclo de troquelado



Nivel de riesgo para el operador
 Nivel de riesgo para la maquina
 Nivel de calidad
 Nivel de producción
 Intervención del operador

BAJO
BAJO
ALTO
ALTO
MUCHA

Ilustración 100 Troquelado con protección para el operario alimentación automática de piezas

Automatización de procesos

El potencial de mejora que se obtiene implementado la automatización de procesos se concentra en dos puntos importantes, el primero, en la reducción de accidentes humanos entre 60 – 85% y el incremento de la producción hasta 10% lo que trae beneficios para la empresa.

Lean Manufacturing

Dentro de la metodología Lean Manufacturing encontramos las 5'S las cuales tienen origen japonés. Se refiere a la creación de las áreas de trabajo más limpias, y visualmente más organizadas. Las 5'S son bloques sobre los cuales se instalaron el flujo de la producción, el control visual, y en muchos casos ayuda al Justo a tiempo. Las 5'S es un programa de participación expandida, que incluye a todo el personal de la organización y tiene un alcance muy efectivo para motivar a la gente mejorando el ambiente de trabajo y efectividad. Esta técnica ayuda en la optimización de proceso de herramientas. A continuación se presenta la clasificación de las 5'S



Ilustración 101. 5's

Beneficios del programa de 5'S

Los beneficios que se obtienen en los procesos de herramientas aplicando las 5'S son los siguientes:

- Se reduce el tiempo de búsqueda de objetos
- Mejorar la motivación en el trabajo diario
- Ayuda a los empleados a adquirir autodisciplina, los cuales muestran un compromiso formal en el programa
- Señala anomalías como excedentes o faltantes
- Reduce movimientos inútiles
- Refleja un lugar limpio y ordenado
- Se realiza trabajo en equipo y se establecen reglas de estandarización

Clasificación

Clasificar es **separar** los artículos necesarios de los innecesarios y retirar del sitio de trabajo

- Establecer un criterio y aplicarlo al eliminar lo innecesario
- Practicar la agrupación para establecer prioridades
- Evitar problemas de desorden y suciedad

Los beneficios al clasificar son los siguientes:

- Mejor uso del espacio.
- Eliminación de sobrantes, elementos obsoletos, desperdicios y similares.
- Uso de elementos a tiempo.
- Disminución de tiempos
- Se evitan el almacenamiento excesivo y los movimientos de personal.
- Se elimina el despilfarro.

Organizar

Organizar es *ordenar* un conjunto de objetos, partes o elementos, en una combinación que esté acorde con algún principio racional o con cualquier arreglo metódico

- Claves (numéricas, alfabéticas)
- Períodos de utilización (para almacenamiento).
- Características (tamaño, color, etc.)

Limpieza

Limpiar es el acto de quitar lo sucio de algo.

Pretende incentivar la actitud de limpieza del sitio de trabajo y lograr mantener la clasificación y el orden de los elementos. El proceso de implementación se debe apoyar en un fuerte programa de entrenamiento y suministro de los elementos necesarios para su realización, como también del tiempo requerido para su ejecución.

Objetivos:

- Lograr el grado de limpieza adecuado a las necesidades
- Lograr un nivel de cero mugre y suciedad
- Contribuir a la prevención de fallas en los equipos
- Mantener siempre el área de proceso en condiciones adecuadas de aseo e higiene.

Bienestar personal

El objetivo es mantener la "limpieza" mental y física en cada empleado, medidas de sanidad pública y condiciones de trabajo sin contaminación

En esta etapa se tiende a conservar lo que se ha logrado, aplicando estándares a la práctica de las tres primeras “S”. Esta cuarta S está fuertemente relacionada con la creación de los hábitos para conservar el lugar de trabajo en perfectas condiciones.

- “Mantener mente sana y cuerpo sano”
- Vestir con ropa limpia y apropiada
- Mantener excelentes condiciones de higiene en los servicios comunes
- Especial cuidado en baños y comedor

Disciplina

¡Acostumbrarse a aplicar las 5 s en nuestro sitio de trabajo y a respetar las normas del sitio de trabajo con rigor!

- Estándares.
- Uso de ayudas visuales.
- Instrucción.
- Aprender haciendo.
- Apoyo y condiciones apropiadas.
- Enseñar a través del ejemplo.

Implementación de Lean manufacturing para optimizar procesos de funcionamiento de herramientas

Con una adecuada aplicación de las 5 ´S se puede tener incrementos significativos en la optimización de los procesos de herramientas estimando un potencial entre 10 – 25 %.

Mantenimiento

En mantenimiento preventivo se basa en crear un plan de mantenimiento basado en los resultados que le ofrece el plan de mantenimiento predictivo, mediante mediciones que realiza este tipo de plan.

En este tipo de mantenimiento, y como su nombre lo indica, la importancia radica en evitar llegar a un mantenimiento correctivo que produciría pérdidas económicas y de tiempo que afectaría a la empresa, debemos basarnos en los resultados que nos ofrece el mantenimiento predictivo para poder realizar un plan de mantenimiento preventivo, en el cual debemos de consultar los manuales o instructivos de los fabricantes de las máquinas, verificando que se encuentren las partes de mayor riesgo que se deben de revisar en el mantenimiento de las máquinas, todo el mantenimiento debe de ser con personal que cuente con la suficiente experiencia, este personal deberá de seguir:

- Registro de revisiones.
- Registro de fallas menores.
- Registro de fallas mayores o paros del equipo.

Todos los planes de mantenimiento existentes en la empresa deben de ser revisados de forma frecuente, para poder encontrar fallas y poder corregirlos o actualizarlos en base a todos los registros existentes, la capacitación y concientización del personal es de suma importancia, ya que ellos son los encargados de desarmar, corregir y armar nuevamente las máquinas.



Ilustración 102 Ejecución de mantenimiento

Para corregir la falta de mantenimiento a troqueles, es necesario tener un mantenimiento preventivo, realizar de forma periódica una actualización de equipo, así como también se debe de realizar una actualización de partes críticas, esto nos garantiza un buen proceso y también una respuesta inmediata a las urgencias que se presentan.

Para las fallas en prensas es necesario realizar un mantenimiento preventivo y una actualización del equipo, esto evita cualquier falla y paro de la producción. Es posible corregir la frecuencia de fallas con un mantenimiento preventivo.

Siguiendo un buen plan de mantenimiento preventivo podemos ahorrar en varios puntos que son críticos para el desarrollo de una empresa, estos puntos se refieren a:

- a) Reducción de paros;
- b) Costos de mantenimiento;
- c) Ahorros debido a alargamiento de vida de los equipos;
- d) Reducción de daños provocados por averías;
- e) Reducción en el número de accidentes;
- f) Más eficiencia y calidad en el funcionamiento de la planta;
- g) Mejoras de relaciones con los clientes, al disminuir o eliminar los retrasos.

El objetivo del mantenimiento preventivo, es evitar fallas menores que nos lleven a mantenimientos mayores o correctivos y como consecuencia llegar a tener pérdidas económicas, de tiempo y lo más importante evitar lesiones al personal.

Por esta razón es importante que este plan de mantenimiento incluya:

- Capacitación al personal, tanto operativo como de mantenimiento a planta.
- Contar con un stock de refacciones amplio para evitar largos plazos de entrega por parte de los proveedores.
- Realizar el servicio de mantenimiento de acuerdo al plan.
- Registrar todos los mantenimientos, fallas, y revisiones que se realicen al equipo.



Ilustración 103 Realización de mantenimiento

Pasos para hacer un buen mantenimiento:

- 1.- Se debe de conocer bien la herramienta.
- 2.-Conocer bien la problemática de cada transformación.
- 3.-Conocer cómo funciona cada componente.
- 4.-Conocer las características de cada máquina, prensa o troquel.
- 5.- Analizar el problema desde su origen.
- 6.-Revisar todos los componentes del troquel y de su mantenimiento.

- 7.-Realizar mantenimiento preventivo.
- 8.-Llevar el control del propio mantenimiento.

Resumiendo todo lo anterior y basándonos en el ISO 9000 referente a los sistemas de gestión de calidad, el mantenimiento preventivo se debe basar en los siguientes cuatro pasos:

- Di lo que haces
- Haz lo que dices
- Regístralo
- Actualiza y mejóralo

Programación de Mantenimientos y el Mantenimiento Productivo Total

Con estas mejoras el proceso de producción tendrá un potencial de mejora de hasta 15% debido a que se maneja un plan bien estructurado con capacitaciones y experiencia del personal.

Resultados de la estimación del potencial de mejora en el funcionamiento.

Para realizar la estimación del potencial de mejora en el área de funcionamiento se analizan 4 áreas de mejora para el funcionamiento, que ya se mencionaron:

- Simulación
- Tecnología
- Lean Manufacturing.
- Mantenimiento.

Tabla 32 Evaluación de simulación en el funcionamiento


Edición:		Departamento:
Fecha:		
No. De parte:		Área:
	INFORMACIÓN PARA EL CALCULO DEL POTENCIAL DE MEJORA	Editó:
Descripción:		Revisó:
		Aprobó:
	FUNCIONAMIENTO	
No.	Área de Mejora: Simulación	Calificación (0-10)
1	Cómo calificas el grado de aplicación de herramientas de simulación	4
2	Cómo calificas la aplicación de los elementos unitarios e integrados	4
3	Cómo calificas la aplicación de los elementos discretos de procesos	3.5
4	Cómo calificas la aplicación de los elementos finitos (CAE)	5.2
5	Cómo calificas los conocimientos del personal con respecto a manejo de la simulación	4.1
6	Con qué frecuencia recibe capacitación el personal en el área de simulación	4.9
	Suma	25.7
	Total de preguntas	6
	Promedio	4.3

Tabla 33 Evaluación de capacitación en el funcionamiento


Edición:		Departamento:
Fecha:		
No. De parte:		Área:
	INFORMACIÓN PARA EL CALCULO DEL POTENCIAL DE MEJORA	Editó:
Descripción:		Revisó:
		Aprobó:
	FUNCIONAMIENTO	
No.	Área de Mejora: Capacitación	Calificación (0-10)
1	En qué porcentaje conoce el personal la norma GD&T y su aplicación	6.2
2	Cómo calificas los tiempo muertos en los procesos de herramientas	6.5
3	Cómo calificas los cuellos de botella que se presentan en el proceso	7
4	Cómo califican el interés de la dirección en cuanto a la mejora los procesos	6.6
5	Qué tan frecuente utilizan diagramas de flujo	6.9
6	Qué tan frecuente utilizan diagramas de espaguetti	6.3
7	Qué tan frecuente utilizan el estudio de tiempo y movimientos	6.6
8	Cómo calificas la aplicación del AMEF en los procesos de fabricación de herramientas	6.6
	Suma	52.7
	Total de preguntas	8
	Promedio	6.6

Tabla 34 Evaluación de Mantenimiento en el funcionamiento



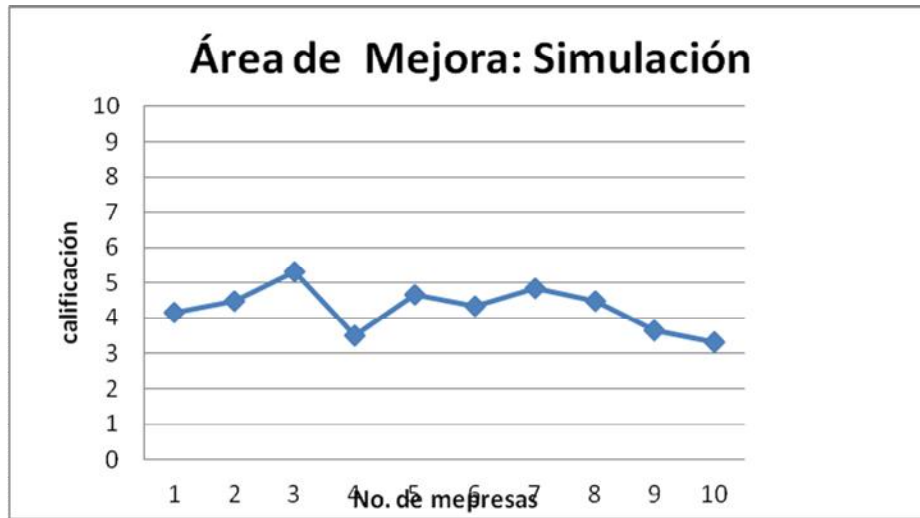
Edición:		Departamento:
Fecha:		
No. De parte:		Área:
	INFORMACIÓN PARA EL CALCULO DEL POTENCIAL DE MEJORA FUNCIONAMIENTO	Editó:
Descripción:		Revisó:
		Aprobó:
No.	Área de Mejora: Mantenimiento	Calificación (0-10)
1	Cómo califica el servicio de SMED	4
2	Cómo calificas el servicio del mantenimiento preventivo	3.9
3	Cómo calificas el servicio del mantenimiento correctivo	3.9
4	Cómo calificas en general al área de mantenimiento	2.9
5	Cómo calificas las habilidad de los ajustadores	3.3
6	Cómo calificas los procedimientos de montaje	4
7	Qué tan frecuente realizan auditorias de mantenimiento	3.6
8	En qué porcentaje implementar sensores para garantizar seguridad	5.4
9	Cómo calificas la metodología de 5's	5.6
	Suma	36.6
	Total de preguntas	9
	Promedio	4.1

Tabla 35 Evaluación en la tecnología para el funcionamiento

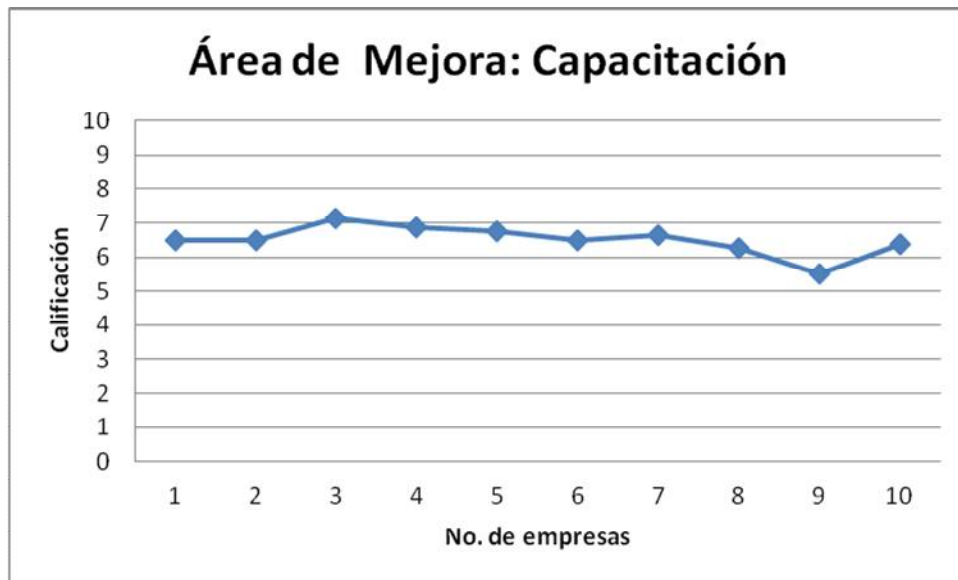
Edición:	 INFORMACIÓN PARA EL CALCULO DEL POTENCIAL DE MEJORA FUNCIONAMIENTO	Departamento:
Fecha:		
No. De parte:		Área:
Descripción:		Editó:
		Revisó:
		Aprobó:
No.	Área de Mejora: Tecnología	Calificación (0-10)
1	Cómo calificas la tecnología en los procesos de fabricación de herramientas	4
2	Cómo calificas los métodos para el monitoreo de los procesos de fabricación	4.1
3	En qué nivel consideras que se encuentra la tecnología para los procesos de herramientas	4.5
4	Cómo calificas los sensores de presencia en los herramientas	4.2
5	Cómo calificas la infraestructura para la implementación de tecnología	5.4
	Suma	22.2
	Total de preguntas	5
	Promedio	4.4

Para el análisis se evaluaron varias empresas, de las cuales se seleccionaron 10 representativas de varias regiones, por confidencialidad no se mencionan los nombres de las mismas, pero para efectos de estudio, la gráfica siguiente nos muestra un nivel de evaluación de 4.3 en una escala de 0 a 10, lo cual nos da como resultado un potencial de mejora en la simulación para el funcionamiento de 57%.



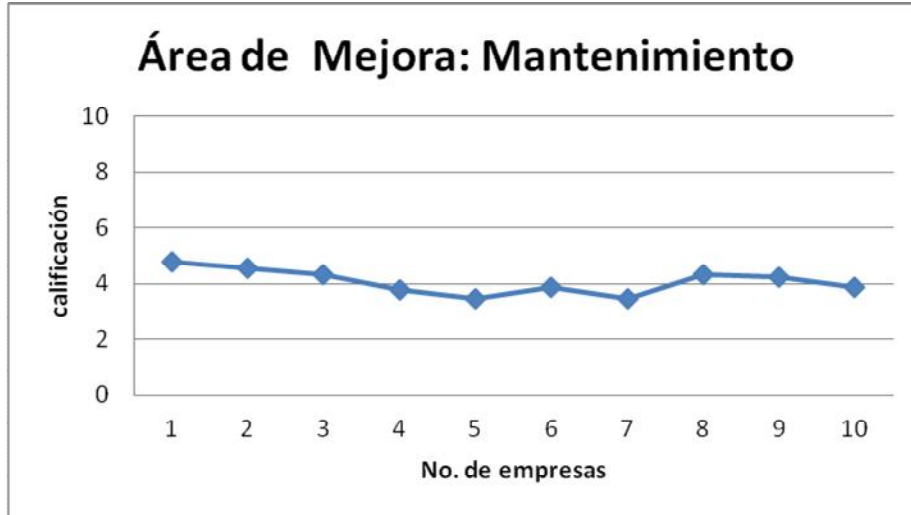
Gráfica 19 Potencial de mejora en la simulación para el funcionamiento

El potencial de mejora para la capacitación en el área de funcionamiento es de 34%, ver resultado en la gráfica siguiente.



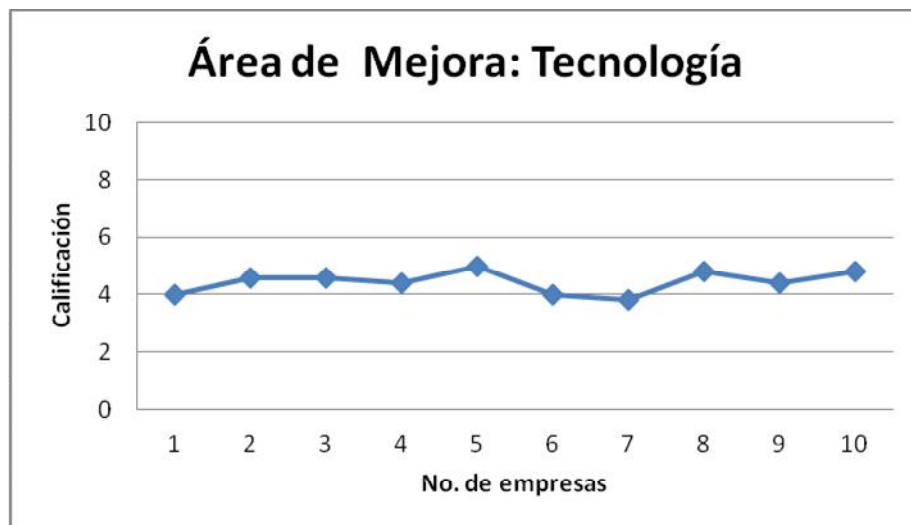
Gráfica 20 Potencial de mejora en capacitación para el funcionamiento

El potencial de mejora para el mantenimiento en el área de funcionamiento es de 59%, ver resultado en la gráfica siguiente.



Gráfica 21 Potencial de mejora en mantenimiento para el funcionamiento

El potencial de mejora en la tecnología el área de funcionamiento es de 56%, ver resultado en la gráfica siguiente.



Gráfica 22 Potencial de mejora en la tecnología para el funcionamiento

2.10 APLICACIÓN DE METODOLOGÍA 3DPRO AL DISEÑO Y FABRICACIÓN DE HERRAMENTALES

La metodología 3Dpro es una opción que permite de manera integral utilizar varias metodologías que tienen diferentes enfoques, permitiendo una homologación en los criterios de los procesos de diseño, fabricación y funcionamiento de herramientas. A continuación se enlistan los contenidos de esta metodología y el enfoque que se da a cada parámetro, que para este análisis son los siguientes:

- a) Diseño de herramientas: se busca optimizar el potencial del diseño tomando las mejores prácticas de los procesos actuales y atacando las fallas que se presentan en este proceso.
- b) Fabricación de herramientas: utilizar las mejores metodologías actuales en cuanto a procesos, damos el enfoque de reducción variaciones en el proceso de fabricación con Six Sigma y eliminación de desperdicios mediante Lean Manufacturing.
- c) Funcionamiento de herramientas: con técnicas de simulación podemos tener información del funcionamiento del herramienta antes de su fabricación y también su evaluación para mejora que puede verse representada en un aumento en el volumen de producción y/o reducción de costos.

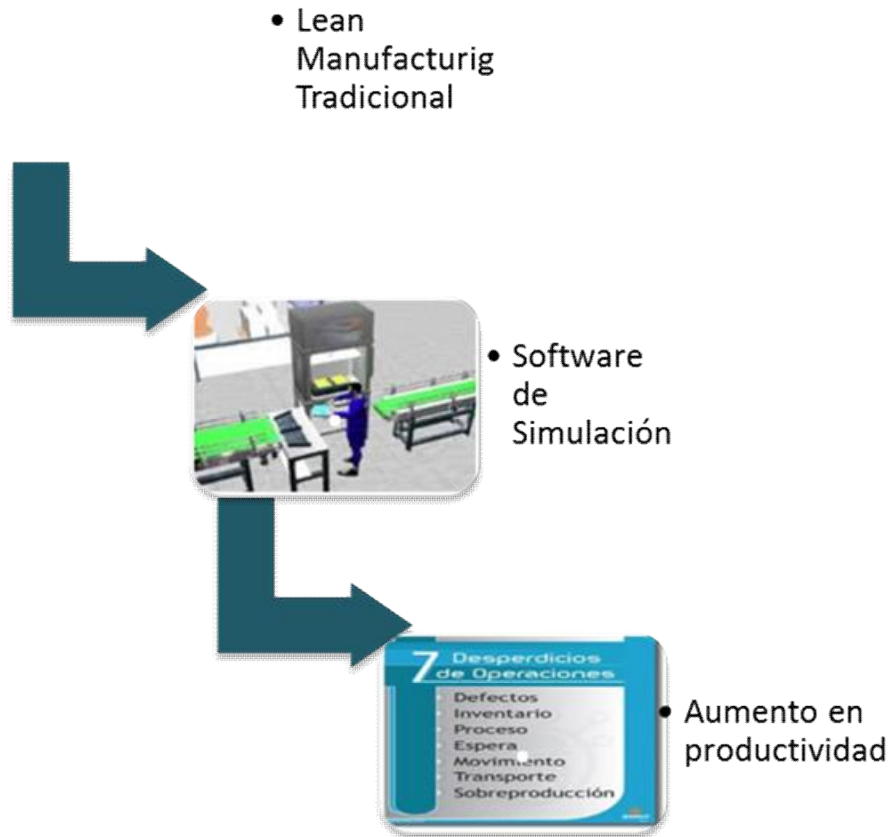


Ilustración 104 Mejora de lean

A continuación vemos una tabla que muestra esta metodología en los 3 enfoques del herramental: diseño, fabricación y funcionamiento.

Tabla 36 Metodológica para el diseño, fabricación y funcionamiento

Parámetro	Método	Enfoque
Diseño	Evaluación dimensional de herramientales Ingeniería Inversa Proceso CAD Proceso CAM GD&T	Mejorar el potencial de aplicación del diseño de herramientas mediante planes estructurados de capacitación y utilización de tecnología de punta en el diseño de herramientas.
Fabricación	Análisis de Fallas Six sigma Lean Manufacturing	Aplicación de metodologías ya probadas en la industria automotriz para la reducción de variación del producto y eliminación de desperdicios.
Funcionamiento	Simulación de elementos finitos y discretos (Procesos) SMED Mantenimiento Preventivo Mantenimiento Predictivo Mantenimiento correctivo	Aplicación de herramientas de simulación y de mantenimiento efectivo para reducir costos y aumentar niveles de satisfacción de los clientes de herramientas.

Antecedentes

Para el desarrollo de producto, cada fabricante de automóviles maneja una metodología en el proceso de desarrollo del producto con diferencias básicas, pero en esencia contiene lo mismo. Normalmente van desde los procesos de conceptualización, hasta la postventa. Cada fabricante le hace variaciones al mismo según sus requerimientos y necesidades.

A continuación un ejemplo de este proceso para el ciclo de vida del producto.

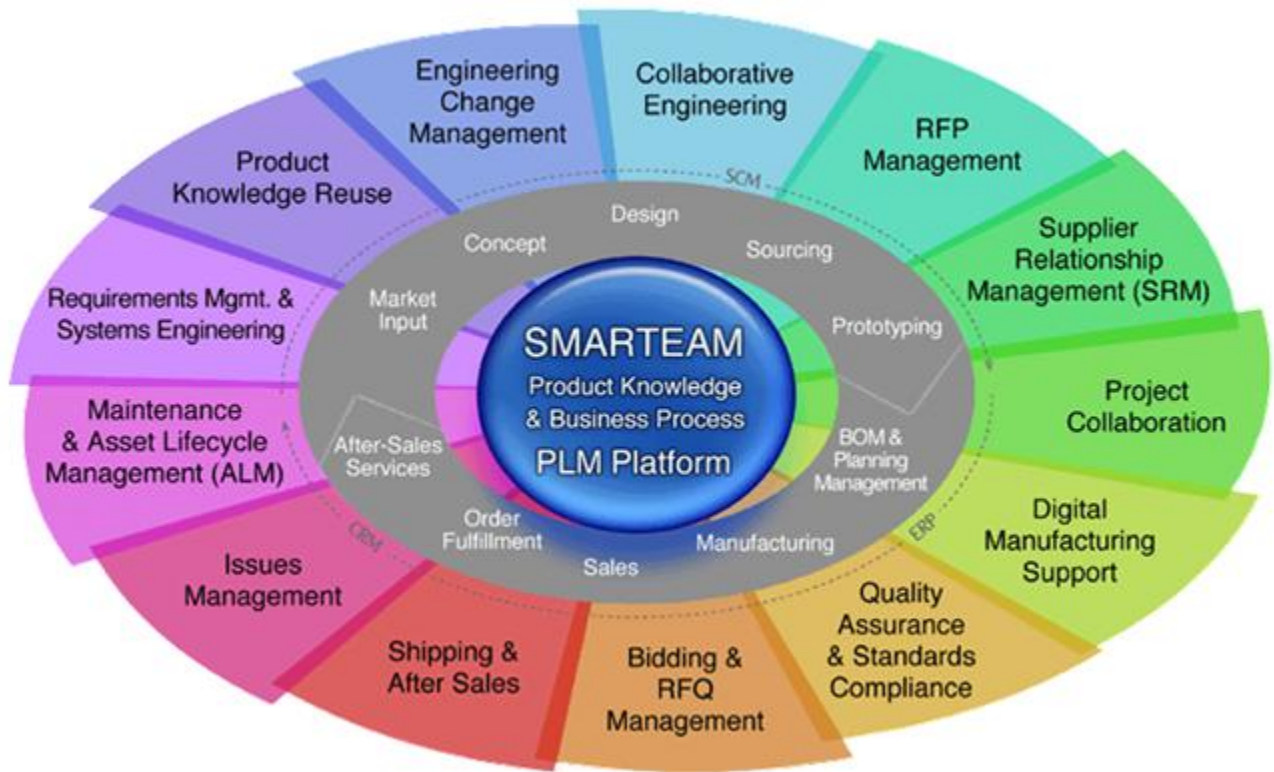


Ilustración 105 Ciclo de vida de un producto, Dassault Systemes, VW

Donde las etapas principales son:

- a) Entrada de Mercado: etapa donde se busca el mercado objetivo, se evalúan todas las premisas del producto para determinar los parámetros principales de fabricación del producto.

- b) Concepto: Una vez, determinado el mercado objetivo, los primeros bosquejos del producto se evalúan, donde tamaño, color, preferencias de uso, etc., son las condiciones iniciales que determinan el concepto final a fabricar.
- c) Diseño: es una de las etapas principales del producto, aquí los bosquejos son convertidos en diseños 3D, con formas reales y se evalúan las consideraciones técnicas del producto.
- d) Búsqueda de proveedoría: esta es una de las etapas claves del proceso para la fabricación de herramientas, las áreas de compras buscan en el mercado local y/o externos proveedores con la capacidad de satisfacer las necesidades de herramientas, equipo de manufactura, proveedores de partes y/o subensambles, etc. La tarea no es fácil, y es una gran oportunidad para el mercado nacional de satisfacer esta demanda muy especializada.
- e) Fase Prototipo: una vez definido los proveedores de servicios y productivos, se asigna recursos para corridas pilotos donde el herramental y otros equipos de manufacturan son validados por el cliente que puede ser directamente el fabricante (OEM) o un proveedor de primer o segundo nivel (Tier 1 y 2). Todo esta validación de acuerdo a procedimientos y normas de los clientes u organismos internacionales.
- f) Planeación y logística: una vez validado el proveedor en fase prototipo y que haya cumplido con los requerimientos técnicos, se inicia la evaluación de logística, donde se determina que planta o localidad del proveedor es la más adecuada, no siempre es la más cercana; los factores principales son el costo, volumen y la calidad. Se inicia un proceso de negociación con los proveedores y se inician los procesos productivos.

- g) **Manufactura:** es la etapa de producción donde ya todos los elementos de los servicios y componentes han sido validados, sin embargo el proceso está listo para posibles cambios de ingeniería por la adición de nuevos modelos o números de parte.
- h) **Ventas:** antes de tener los almacenes con inventario se inicia la estrategia de ventas para posicionar el producto y eventualmente dispersarlo en los mercados objetivos. Esta venta es hacia los mayoristas que para el caso de la industria automotriz son las agencias.
- i) **Requerimientos de órdenes:** para el caso de la automotriz, las agencias ponen sus órdenes a las plantas productoras en base a los requerimientos del cliente, ya que ellos son los que determinan las preferencias del producto.
- j) **Servicios de postventa:** los clientes, además de la compra del producto requieren de servicios adicionales como accesorios y/o mantenimiento de su adquisición.

Los procesos de diseño, fabricación y funcionamiento de los herramientas, interactúan en varios procesos del ciclo de vida del producto. Sin embargo, el enfoque está hacia el producto, es decir todos los esfuerzos se basan en la premisa de que los fabricantes de vehículos quieren que sus productos salgan al mercado de una manera rápida y eficaz, sin embargo estos no contemplan, todo el desarrollo adicional que conlleva la fabricación de los herramientas.

Antes de evaluar un proceso integral para el diseño, fabricación y funcionamiento de herramientas, analicemos los procesos actuales que se utilizan en la industria de fabricación de herramientas.

Proceso de evaluación dimensional de herramientas

Los procesos industriales en la actualidad se sobrellevan a través de diferentes tipos de software, los cuales requieren ciertos conocimientos para su manipulación e implementación para garantizar el funcionamiento de los procesos. Estos conocimientos en su mayoría son adquiridos empíricamente por el personal especializado en diseño y por tal motivo no se encuentra una documentación oficial con validez que sirve como complemento para realizar una evaluación dimensional del herramental.

El proceso de evaluación dimensional debe tomar como referencia el diseño de ingeniería, con el fin de proporcionar los resultados adecuados a la organización. Esto servirá como guía general para dar solución a los problemas.

Estos procesos se aplican en las siguientes condiciones:

- a) Falla del herramental: muchas veces por causas externas, el herramental falla y se debe investigar la causa raíz para determinar una solución, este tipo de análisis debe ser rápido y muchas veces se hace sin un proceso estándar dependiendo del expertis del herramentista.
- b) Mantenimiento preventivo del herramental: cuando el herramental funciona, pero empieza a sacar producto con algún defecto, pero en condiciones aceptables, es hora de hacer una evaluación y determinar la causa raíz que provoca este defecto.
- c) Cambios de ingeniería: aquí el cliente es quien solicita que se modifique el herramental, para ello se debe hacer una evaluación técnica del estado actual del herramental y determinar si el cambio es factible.

- d) Optimización del herramental: cuando se aplican procesos de mejora, se pueden encontrar mejores prácticas, que implican cambios en la secuencia o proceso de los herramientas.

La metodología para la evolución del análisis dimensional tomará como base las siguientes etapas:

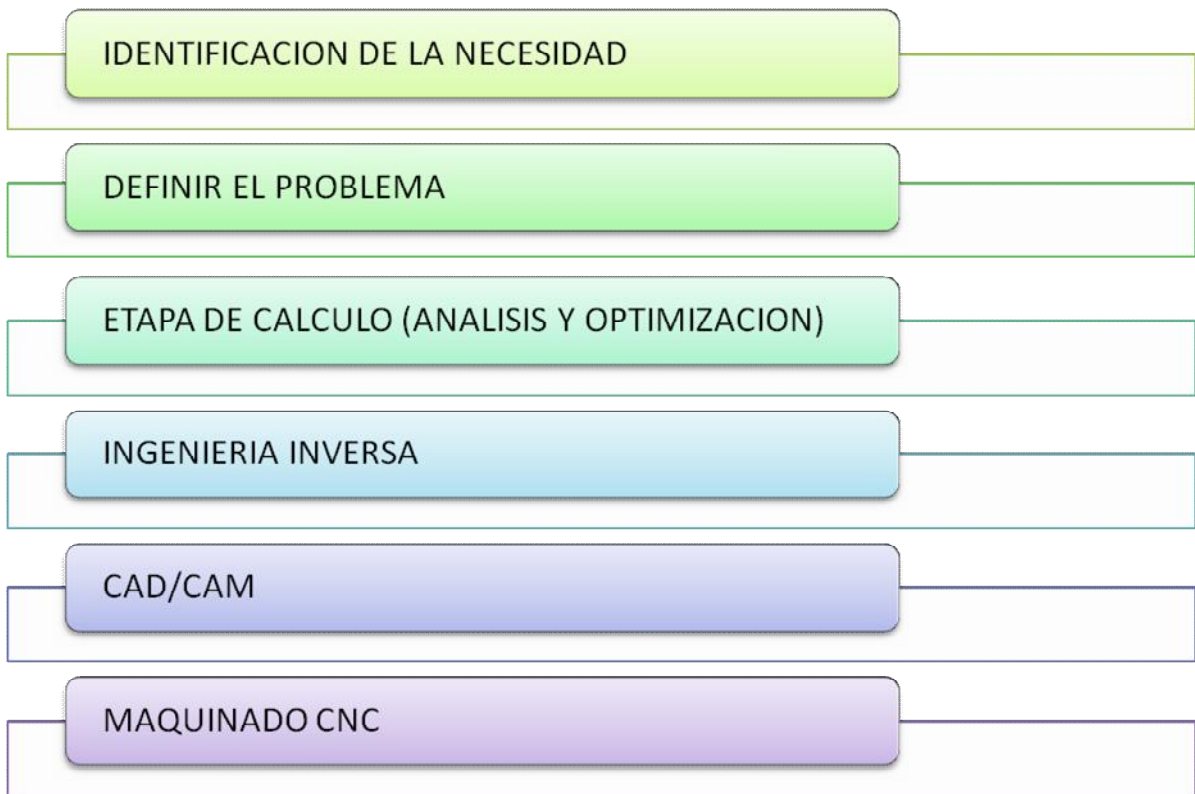


Ilustración 106 Diagrama de los diferentes pasos para la evaluación dimensional

Tomando en cuenta que la evaluación dimensional no es lineal, hay que tener en cuenta la retroalimentación entre cada una de las etapas mencionadas en el diagrama anterior. A

continuación se presenta de manera general la forma de desarrollar la metodología para la evaluación dimensional de herramientas. Estos pasos remarcan paso a paso la manera de llevar a cabo el desarrollo del análisis dimensional hasta alcanzar el resultado.

Identificación de la necesidad

En esta etapa se consideran los datos estadísticos y los datos históricos de: herramientas, experimentos, observaciones personales, así como todos los medios posibles, de manera que se tenga la mayor información, esto se realiza siempre dentro de las necesidades específicas de cada herramienta y de lo que se desee obtener como maquinado al final del proceso.

Definir el problema

Como mencionamos en el párrafo anterior es importante tener claro los objetivos para dirigir de manera correcta los esfuerzos. De manera que se conozcan los límites y alcances del problema, sin perder la referencia de a donde se quiere llegar.

La etapa de la definición del problema se iniciará con el estudio de un producto, en este caso de herramientas. Las especificaciones técnicas, tolerancias y acabados han sido definidos por el diseñador del producto, así pues la metodología que se utilizará para definir el problema, son las condiciones de trabajo, exceso de cargas, fuerza aplicada, peso, entre otras.

En esta etapa de definición del problema se enfoca en las especificaciones de herramientas, de manera de estimar adecuadamente los métodos de evaluación. Se debe tener en cuenta las características principales tal como, diseño, modelo, tamaño, características críticas. Para esto es importante realizar un modelo en 3D, el cual será la base principal, y con ello iniciar el dimensionamiento. Es muy importante contar con toda la información ya que se evaluarán a través de software, los cuales son de mucha utilidad para la evaluación de herramientas.⁴⁵

Etapa de cálculo (análisis y estadísticas)

En esta etapa del proceso implica la mayor parte del análisis de dimensionamiento, ya que se refiere a los factores humanos, tecnológicos, de diseño y optimización todo esto con la iteración de los departamentos involucrados para satisfacer las necesidades de la evaluación dimensional de los herramientas. Gran parte del estudio formal del ingeniero se concentra en estas áreas de estudio.

Para el estudio de los herramientas se realizarán todas las deducciones pertinentes que permitan definir el conjunto de problemas para posteriormente realizar su análisis así como otros criterios de solución. Con el diseño detallado, se desarrollarán las soluciones adecuadas, modelos y simulaciones y pruebas de prototipos.⁴⁵

Ingeniería inversa

La ingeniería inversa se ha convertido en la principal solución antes estas situaciones, permitiendo la reconstrucción de objetos a través de la digitalización tridimensional y posteriormente a través de software especiales como CAD/CAM, terminado en la elaboración de los centros de maquinado CNC.

La ingeniería inversa es un proceso basado en el análisis de recreación de diseño de un producto, con el uso de las piezas físicas a dimensionar. Durante el proceso de diseño los modelos se crean en diferentes prototipos, con el efecto de evaluar y validar el diseño. Actualmente existen muchas herramientas capaces de lograr esa conversión de real a digital a través de los diversos dispositivos.

La digitalización tridimensional es el proceso mediante el cual se escanea un modelo físico con el propósito de obtener una reproducción idéntica del elemento escaneado, existen diferentes

equipos de escaneo tridimensional, ya sea por medición de coordenadas o con equipos laser, siendo estos los más efectivos y prácticos ya que son fáciles de manipular; al momento de realizar el escaneo, tienen capacidades de mediciones que van desde 800,000 puntos hasta 4,000,000 de puntos por 2 segundos.

La digitalización en 3D es el medio por el cual podemos diseñar, fabricar y reparar los herramientas de manera rápida. Mediante un proceso realmente sencillo, cualquier usuario puede utilizar el sistema para realizar digitalización. La tecnología con la que cuenta permite saltarse pasos de preparación y configuración específica, proporcionando una amplia área de digitalización, a una alta velocidad.⁴⁶

Para la digitalización de los troqueles se requieren de varias mediciones desde diferentes puntos, obteniendo un archivo en el software del sistema el cual puede leerse en código ASCII.

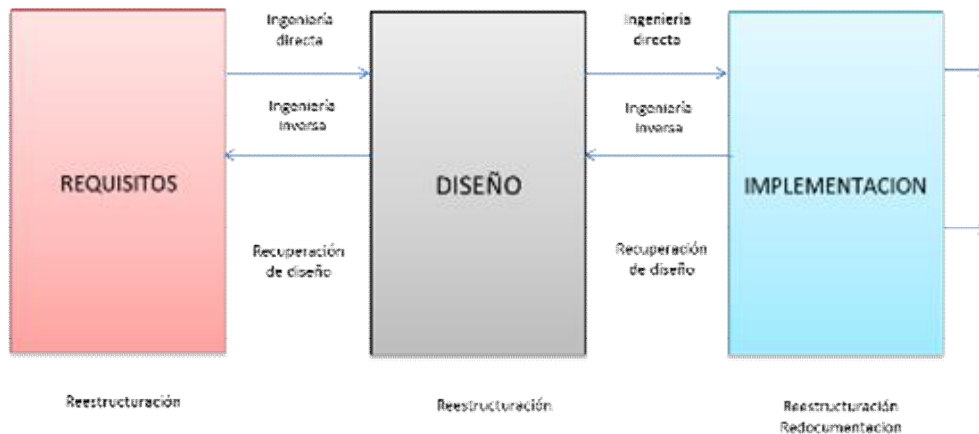


Ilustración 107 Diagrama de comportamiento entre estados

Procesos CAD/CAM

La construcción de las superficies se realiza con diferentes software para diseño los cuales pueden ser: CATIA, NX, CIMATRONE MOLD DESIGN, entre otros; los cuales, crean superficies matemáticas que se ajustan a la forma real de objetos dando como resultado una copia basándose en una nube de puntos obtenida por el escaneado.

Para convertir un concepto o una idea a un producto, se tiene como resultado dos procesos: el diseño y la fabricación. A la vez, el diseño se divide en: etapa de síntesis y etapa de análisis donde se verifica, optimiza y se evalúa el producto creado. Posteriormente, se aborda la etapa de fabricación en la que: se planifica los procesos, los recursos necesarios y por último se realiza el control de calidad. La demanda del mercado de productos cada vez más baratos y de mayor calidad, da como resultado la intervención de los ordenadores para satisfacer estas exigencias; mediante el uso de técnicas de CAD/CAM, se consigue satisfacer estas condiciones del mercado. Las siguientes figuras muestran los procesos a detalle y las herramientas requeridas para cada situación.



Ilustración 108 Proceso CAD

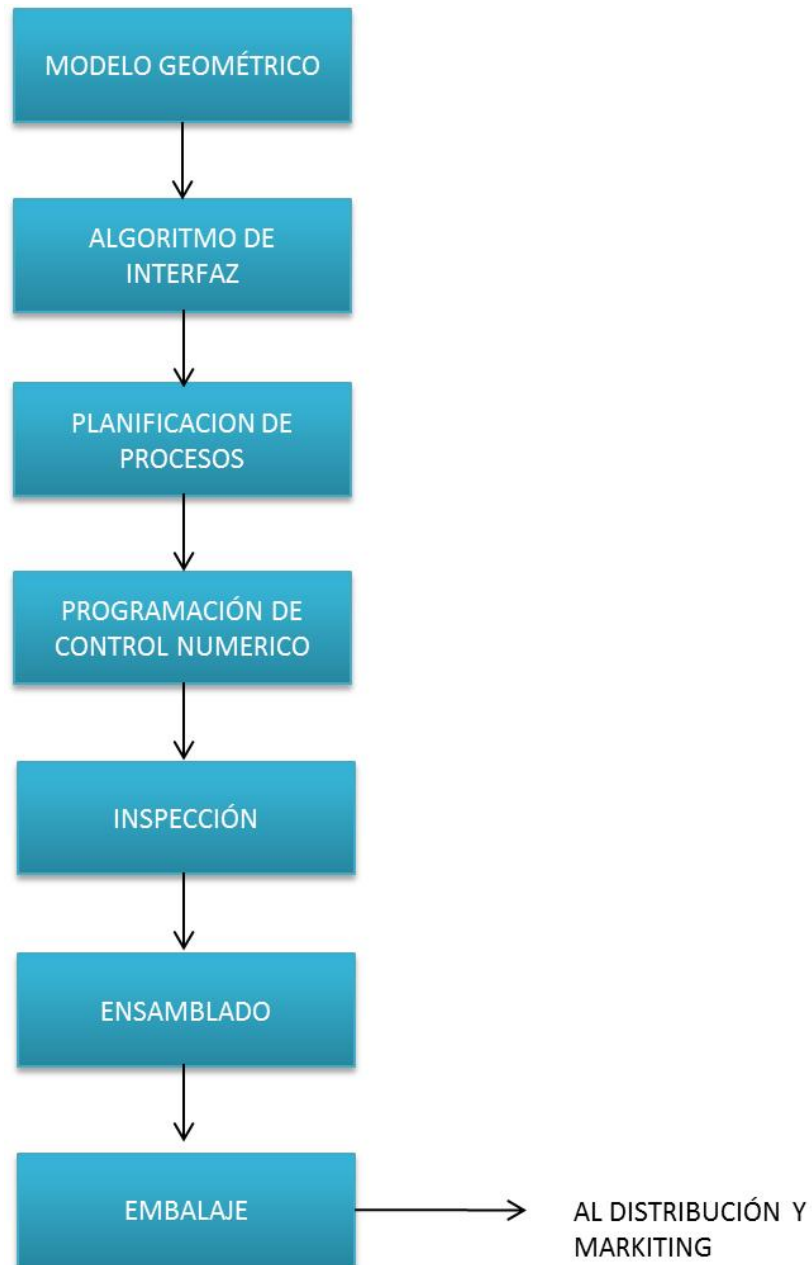


Ilustración 109 Proceso CAM

CATIA

CATIA es una suite que maneja herramientas muy poderosas de diseño (CAD) y maquinados (CAM), además tiene una solución completa de software para el diseño y desarrollo del producto en 3D, está orientado a diseño avanzado de proyectos, teniendo como aplicación el modelado avanzado de sólidos, superficies, ensambles, producción de dibujos, manufactura y análisis.⁴⁹

CATIA se organiza en distintos módulos, enfocado cada uno de ellos en unas funciones específicas. La suite de CATIA tiene principalmente 2 módulos de mecanizado: maquinados (machining) y simulación de maquinados (machining simulation). Estos se subdividen a su vez en otros 8 apartados (workbench) según las herramientas que necesitemos en cada caso:

Maquinados (Machining)

- Lathe Machining. Usado para mecanizados con torno.
- Prismatic Machining. Contiene las herramientas básicas de mecanizado en 3 ejes.
- Surface Machining. Muy útil para hacer mecanizados por áreas, donde se tiene geometría no lineales que se adecuan mediante superficies.
- Advanced Machining. Contiene las herramientas necesarias para hacer mecanizados más complejos utilizando varios ejes.
- NC Manufacturing Review. Está pensado para visualizar y editar las trayectorias de la herramienta.
- STL Rapid Prototyping. Herramientas para el prototipado rápido.

Simulación de Maquinados (Machining Simulation)

- NC Machine Tool Simulation. Proporciona herramientas para el análisis con las máquinas herramientas.
- NC Machine Tool Builder. Herramienta para construir tu propia máquina herramienta para hacer simulaciones.

Simulación del mecanizado

Una de las características más ventajosas de los sistemas CAD/CAM actuales es que podemos simular con precisión todos los movimientos de nuestra herramienta y de la máquina. Esto agiliza la programación ya que es posible visualizar fácilmente el producto final antes de su fabricación permitiendo verificar posibles colisiones entre la herramienta, la máquina, la pieza y las fijaciones evitando así errores de programación que podrían provocar un accidente. CATIA tiene 3 sistemas de visualización, cada uno de los cuales cumple con una función específica:

- “Tool path replay” para la visualización de trayectorias. Una vez que hemos acabado de definir las operaciones hay que comprobar que las trayectorias están correctamente definidas.
- “Video simulation” para las simulaciones de eliminación de material. Este es el modo de simulación con eliminación de material. Es necesario tener definido un punto de partida en nuestro “Setup”, de lo contrario CATIA nos asignará uno por defecto. Si bien en este modo de visualización no tenemos mucho control sobre la trayectoria exacta que sigue la herramienta, sí que es muy útil para comprobar que obtenemos la pieza deseada y no nos dejamos partes sin mecanizar o ver si las trayectorias de transición colisionan con el punto de partida.

- “Machine simulation” para simular los movimientos de la máquina-herramienta. El tercer modo de simulación está orientado a la visualización del movimiento de la máquina-herramienta. Para poder utilizar este modo es necesario disponer de un modelo 3D de nuestra máquina con la cinemática interna definida.

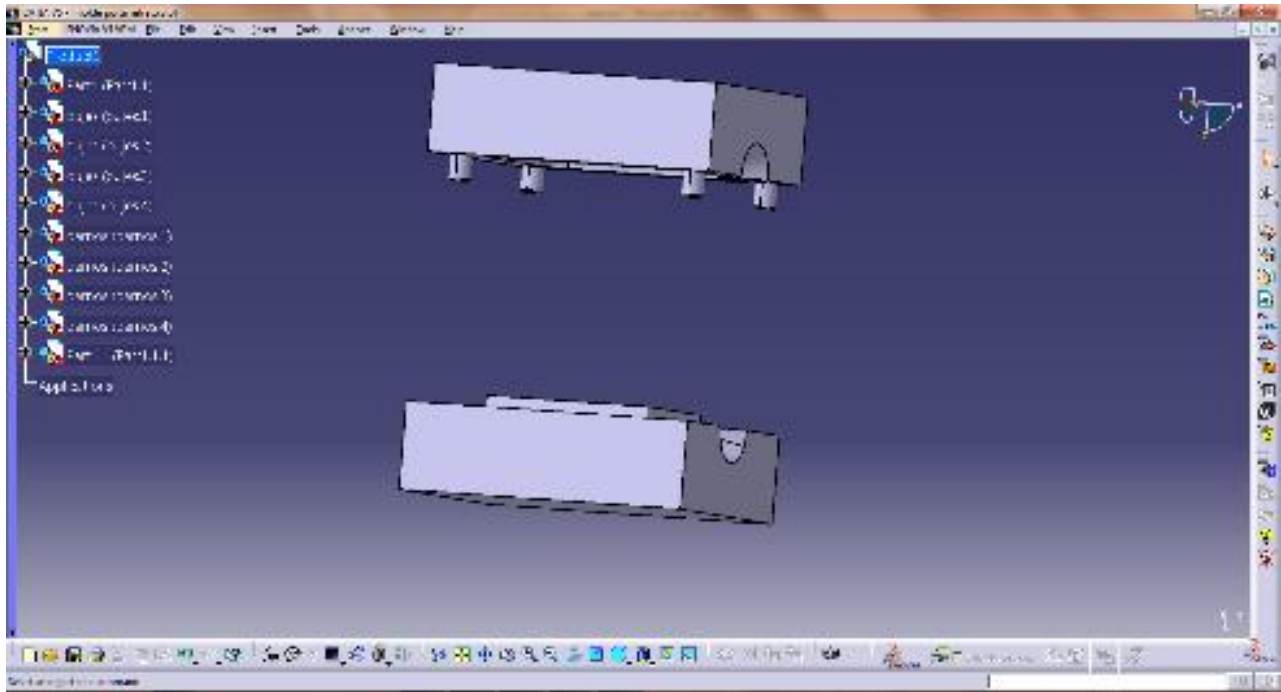


Ilustración 110 Ejemplo de interfaz en CATIA

Un proceso de simulación de ensamble

Después de que se tiene el diseño del troquel se utilizan otras herramientas que permiten simular el ensamble y el proceso de funcionamiento del herramental. Es importante conocer cada uno de los componentes del troquel para poder hacer una simulación de su

funcionamiento y así evitar fallas en la puesta en marcha del troquel, también se detecta posibles interferencias que pueden ser corregidas de manera temprana en el proceso de diseño.

Metodología para la identificación y análisis de fallas en diseño, fabricación y reparación de herramientas

En todo proyecto es importante determinar la metodología a seguir para hallar la problemática y poder así implementar mejoras, es decir para el presente proyecto se determinarán las causas de las fallas en el diseño, fabricación y reparación de los herramientas.

Los resultados esperados pueden traer consigo un beneficio, no solo en el proceso que involucra a los herramientas, sino también una reducción de costos en los productos finales del estampado de autopartes.

La metodología a implementar para el desarrollo del proyecto será *Lean Six Sigma*, debido a los resultados que conlleva beneficios como el mapeo del proceso de manufactura que proporcione el conocimiento profundo de éste; así como, la información necesaria para mejorar los procesos actuales, de esta forma se pretende obtener un proceso estable, robusto y libre de desperdicio.

Lean Six Sigma es una metodología que combina dos herramientas: *Lean Manufacturing* (o manufactura esbelta) y *Six Sigma*. La primera es un conjunto de técnicas enfocado a la reducción de tiempos en los procesos de un producto o servicio; mientras que *Six Sigma* se centra en la mejora de la calidad de productos y servicios que contribuyen a la satisfacción del cliente⁵³.

Lean Manufacturing es un conjunto de herramientas que permiten identificar y eliminar toda operación que no agrega valor al producto o servicio. Consiste en una aplicación sistemática y habitual de varias técnicas de fabricación que buscan la mejora del proceso a través de la reducción de cualquier tipo de desperdicio.

Esta técnica tiene sus orígenes en el sistema *Just in Time* (JIT), que se utilizó en los años 50's en la industria automotriz, por lo que mucho tiempo se creyó que sólo era aplicable a este sector; sin embargo en su evolución a Lean Manufacturing (nacida en Japón) y su difusión en todos los sectores le dio el giro y aceptación en otros sectores como metal-mecánico, farmacéutico, alimentos, servicios, etc.

Esta filosofía de excelencia de manufactura se basa principalmente en tres puntos: la eliminación planeada de todo tipo de desperdicio, el respeto por el trabajador (Kaizen) y la mejora consistente de productividad y calidad. Con este enfoque, la implementación de esta técnica permite reducir costos de producción, reducir inventarios, reducir tiempos de entrega, mejorar la calidad, disminuir la mano de obra de retrabajos, mayor eficiencia del personal, disminución de los desperdicios, evitar sobreproducción, retrasos e inventarios, disminuir movimientos y sobre todo evitar la mala calidad.⁵³

En cuanto a *Six Sigma*, ayuda a conocer y comprender claramente los procesos lo cual permite que puedan mejorarse al punto de reducir los desperdicios de tiempos, materiales, infraestructura, etc., esto a su vez impacta en la reducción de costos que permite tener un producto y/o servicio con precios competitivos en el mercado.⁵²

Se puede entender esta metodología como un enfoque cuantitativo de la calidad, una filosofía completa de trabajo así como una estrategia de negocio, que se basa en la satisfacción del

cliente y se impulsa por los ahorros en costos y el mejoramiento del desempeño del proceso, a través de la eliminación de la variabilidad de procesos para alcanzar un número de defectos mínimo (o idealmente “cero defectos”).

El término *Six Sigma*, fue introducido por Motorola en los años 80’s como una estrategia de negocios y de mejoramiento de la calidad¹, la cual en la actualidad ha sido difundida y ampliamente adoptada por las empresas de clase mundial.⁵⁴

Lean Six Sigma

Por las mismas necesidades de la industria y la velocidad del crecimiento global en el que se requiere ser cada vez más competitivo, los métodos para mejora de procesos y productos evolucionan continuamente. El crecimiento de cualquier negocio se determina por la satisfacción que se ofrece al cliente, regido por la calidad, precio y resultado, mismos que son controlados por el proceso. Es así como nace *Lean Six Sigma* como combinación mejorada de las dos metodologías Lean Manufacturing y *Six Sigma* para buscar la máxima eficiencia en la productividad y en los procesos.

Los principios de la metodología *Lean Six Sigma* son:

- Enfoque del cliente, la voz del cliente es el fundamento de la metodología.
- Administración basada en datos y hechos, se identifican los métricos clave, se realizan mediciones y se utilizan los datos para ser analizados y probar que las soluciones funcionan y mantienen las ganancias.

- Los procesos están donde está la acción, enfocado al proceso, administración y mejora que busca siempre ofrecer ventajas competitivas en el mercado.
- Administración proactiva, se requiere de una dirección dinámica, receptiva y que tenga la capacidad de establecer y dar seguimiento a las metas, a las prioridades y enfocando todo a la prevención e incluso predicción de los problemas.
- Colaboración sin límites, se busca derribar cualquier tipo de barrera entre los miembros de la organización.
- Enfoque a la perfección, pretende vencer el miedo a cometer errores para lograr los objetivos.⁵⁴

Dentro de las herramientas de la metodología, se encuentra el denominado DMAIC (por sus siglas en inglés: *define, measure, analyze, improve, control*):

- Definir
- Medir
- Analizar
- Mejorar
- Controlar

Aplicable a cualquier problema o proyecto planteado, es una herramienta basada en estadística, que da gran relevancia a la recolección y verificación de la veracidad de datos que sirven de base para mejorar un proceso, y así en cada planteamiento minimizar la posibilidad de error.⁵²

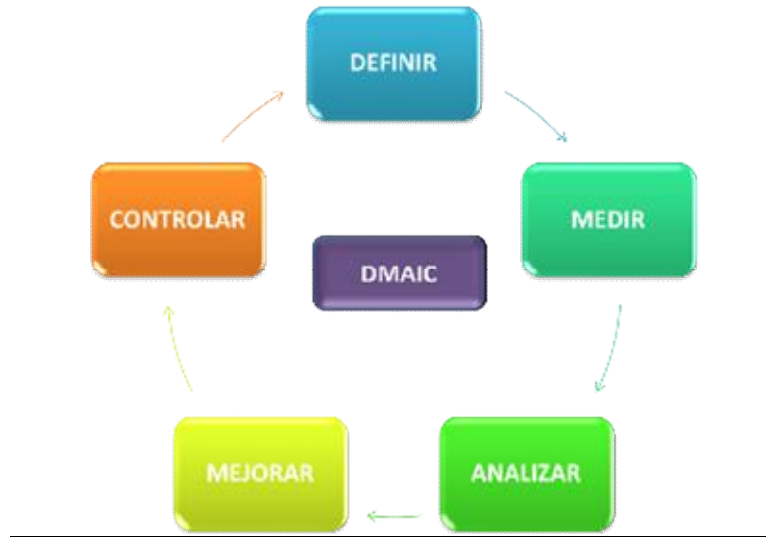


Ilustración 111 Pasos de la herramienta DMAIC

Definir: Definir problemas o defectos. Entender el problema en el proceso, definir los requerimientos del “cliente” respecto a los resultados esperados. En esta etapa es indispensable definir el alcance del proceso a analizar, así como el(los) criterio(s) con el que se cuantificará la mejora. En el caso del diseño y fabricación de herramientas es fundamental comprender las necesidades del cliente para así poder solventar el problema que tiene de manera precisa.

Medir: Medición y recopilación de datos. En esta etapa se definen los indicadores de desempeño del proceso, es decir, entradas, procedimientos, salidas, relacionadas con los requerimientos críticos del “cliente”. Se necesita un plan de medición para establecer las bases de cómo está operando el proceso. Este punto es fundamental en el diseño de herramientas puesto que dará las pautas para poder determinar la manera adecuada para evaluar el desempeño de la máquina.

Analizar: Analizar datos y encontrar el problema raíz. Implica el análisis de los datos que se definieron como indicadores, para que en base a los resultados se logre determinar la causa raíz del problema. Dicho análisis debe tener dos enfoques, estadístico y del proceso. Se pueden utilizar diagramas de Ishikawa y de Pareto, y cualquier método que encamine a la determinación de la causa raíz. Este punto comprende, en el caso de la fabricación de herramientas, el análisis de elemento finito del prototipo del herramienta; ya que aquí se realizan todos los análisis necesarios para poder evaluar los problemas que existen y así poder realizar una mejora considerable.

Mejorar: Enfoque a perfeccionar métodos y procesos. Se genera una lluvia de ideas que permitan identificar las características específicas del proceso que se puedan corregir, dando posibles soluciones a corto, mediano y largo plazo, sesgando a minimizar o bien hasta eliminar la causa del problema.

Control: Controlar el proceso. Incluye la puesta en marcha del plan de implantación de soluciones a la par de un plan de control del proceso, que dé certeza de que las condiciones del proceso con mejora están documentadas y monitoreadas sistemáticamente para obtener una estadística con los métodos del control de proceso. Esto último permite una mejora continua⁴. Aquí es en donde la innovación tecnológica, para el caso de herramientas, es fundamental puesto que se puede hacer uso de tecnologías nuevas como lo son sistemas de monitoreo inteligente o programas computacionales que estén todo el tiempo al pendiente del estado actual del sistema y que puedan en algún momento dado ejecutar alguna acción de control.

Partiendo de esta información se puede establecer el DMAIC para el presente proyecto, siguiendo cada una de las fases, de esta forma se tiene lo siguiente:



Ilustración 112 Desglose de los pasos de la herramienta DMAIC

Metodología aplicada

Como se mencionó anteriormente la metodología 3Dpro consiste en mantener un enfoque orientado al desarrollo de herramientas, para la parte de diseño y fabricación se deben considerar complementarias e integrales, ya que el diseño no termina con la elaboración de planos y modelos 3D, como hemos visto los procesos de fabricación de herramientas conllevan varios ciclos de diseño, ingeniería inversa y validación dimensional para obtener un proceso estable.

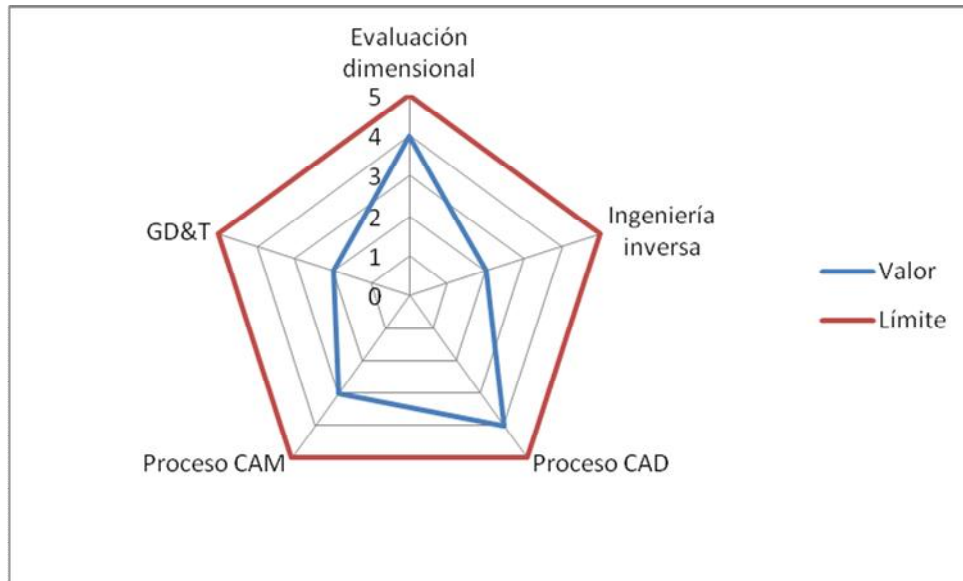
En la tabla siguiente tenemos varios métodos orientados hacia los procesos de diseño y fabricación de herramientas:

Tabla 37 Métodos orientados hacia los procesos de diseño y fabricación de herramientas

Parámetro	Método	Enfoque
Diseño	Evaluación dimensional de herramientas Ingeniería Inversa Proceso CAD Proceso CAM GD&T	Mejorar el potencial de aplicación del diseño de herramientas mediante planes estructurados de capacitación y utilización de tecnología de punta en el diseño de herramientas.
Fabricación	Análisis de Fallas Six sigma Lean Manufacturing	Aplicación de metodologías ya probadas en la industria automotriz para la reducción de variación del producto y eliminación de desperdicios.

Tomando en cuenta estos métodos, y haciendo el diagnóstico a algunas empresas para validar que tanto las utilizan, tenemos los siguientes resultados.

En el área de diseño, preguntamos si incluyen los métodos en sus procesos y este es el resultado, donde 5 es el límite.



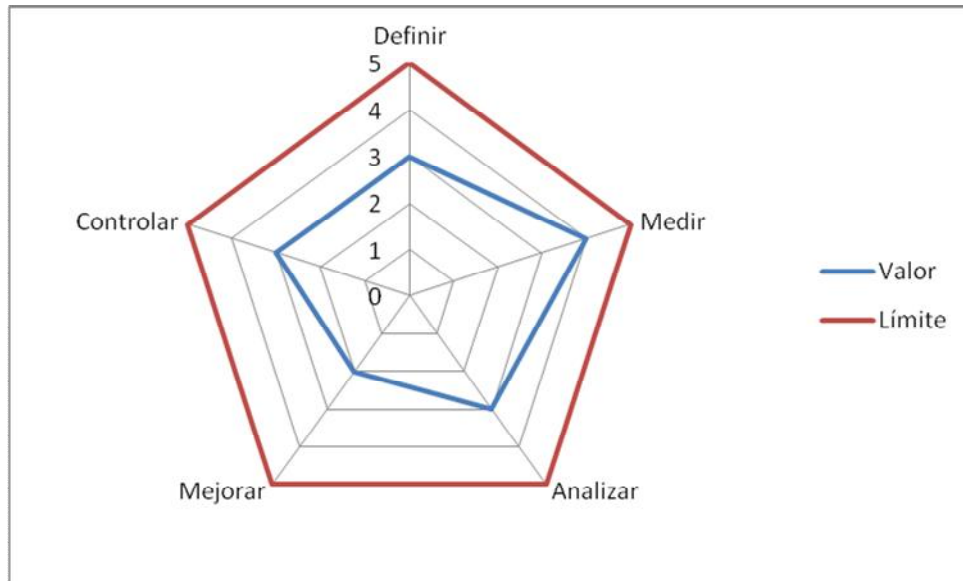
Gráfica 23 Métodos en el proceso de diseño

1. **Evaluación dimensional:** se tiene un 4 porque la mayoría de las empresas si validan sus herramientas con algún método de medición dimensional, sin embargo, no se tienen herramientas portátiles para dimensionar directamente el herramental en la prensa, esto les facilitaría el trabajo y lo pusieron como “sería bueno tener ese equipo”.
2. **Ingeniería inversa:** se tiene un 2 porque no lo utilizan como metodología en sí, normalmente corrigen los herramientas con evaluaciones dimensionales y validación directa en la prensa, pero son muchas las corridas y dificultades para la puesta en marcha.
3. **Proceso CAD:** se tiene un 4 porque si utilizan algún software de diseño para la elaboración, pero no tienen un proceso estándar para la parametrización y validación del diseño en sí. Son muy pocas que utilizan software de alto nivel como CATIA o NX,

que permiten la conexión directa de los modelos del herramental con los del producto, de la industria automotriz.

4. **Proceso CAM:** se tiene un 3, aunque si utilizan un software especializado de CAM, este no se conecta directamente con el software de diseño y ello provoca dificultades cuando hay un cambio. Además el especialista que programa en CAM siempre es diferente al que programa en CAD, provocando errores de interpretación.
5. **GD&T:** se tiene 2 porque si validan los herramentales basados en procedimiento, normas o requerimientos del cliente, pero no son capaces de modificar las tolerancias, basadas en análisis que se pueden hacer mediante el conocimiento de GD&T. Esto puede ahorra ciclos innecesarios de maquinado y diseño.

En el área de fabricación de los herramentales, preguntamos si aplican alguna metodología para corregir las fallas de los herramentales y basados en la metodología 6 Sigma tenemos el siguiente resultado:



Gráfica 24 Resultado en la aplicación de metodología de fallas

1. **Definir:** se tiene 3 porque la mayoría si tiene algún proceso de definición del problema o falla, pero no es robusto, porque depende de cada persona su interpretación. Entonces, se tiene una gran oportunidad en la industria de implementar metodologías de clase mundial para que de manera sistemática se definan los problemas y todos tengan el mismo criterio.
2. **Medir:** se tiene 4 porque si tiene procesos de medición adecuados, sin embargo, en algunos casos las tecnologías van cambiando muy rápido y se debe actualizar en nuevas tecnologías, lo cual abre un campo de oportunidad de tener mejor infraestructura para poder medir de manera más eficaz.
3. **Analizar:** se tiene 3 porque si tiene personal que se dedica a el análisis de los problemas, pero para tener un criterio uniforme es necesario tener mayor capacitación en las metodologías de clase mundial como lo es Lean six sigma.

4. **Mejorar:** se tiene 2 porque falta mucho en innovación para que los herramientas sean fabricados y corregidos adecuadamente, hace falta la implementación de metodologías más robustas para que los ciclos de mejora sean efectivos.

5. **Controlar:** se tiene 3 porque si hay procedimientos de control de fabricación de herramientas, pero son solo aplicables a problemas o fallas que tienen recientes, no hay un proceso de aprendizaje, donde la experiencia les pueda ayudar a detectar posibles fallas futuras.

2.11 APLICACIÓN DE METODOLOGÍA 3DPRO AL FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS

Como se mencionó en el punto anterior la metodología 3Dpro consiste en integrar las metodologías existentes para el diseño, fabricación y funcionamiento de los herramentales. Para el caso del funcionamiento: con técnicas de simulación podemos tener información del funcionamiento del herramental antes de su fabricación y también su evaluación para mejora que puede verse representada en un aumento en el volumen de producción y/o reducción de costos. Con el enfoque de la aplicación de herramientas de simulación y de mantenimiento efectivo para reducir costos y aumentar niveles de satisfacción de los clientes de herramentales. En la actualidad los equipos presentan una serie de errores derivados por la falta de metodología, lo que genera dificultades en la manipulación de los equipos. En el capítulos 2.6 se describen los errores más comunes que se presentan en el funcionamiento de los equipos.

Tomando esos errores como oportunidades de mejora para desarrollar metodologías que ayuden a minimizar este tipo de situaciones y lograr diagnosticar las fallas de herramentales para poderlas integrar y lograr homologación . A continuación se presentan las metodologías con mayor demanda en los procesos.

- Simulación de elementos finitos y discretos (Procesos)
- SMED
- Mantenimientos Preventivo
- Mantenimiento Predictivo
- Mantenimiento correctivo

Simulación de elementos finitos

El método de los elementos finitos, es un procedimiento basado en técnicas computacionales, que puede ser usado para analizar estructuras y diferentes sistemas continuos. Es un método numérico versátil, y que es ampliamente aplicado para resolver problemas que cubren casi todo el espectro de análisis de ingeniería. Sus aplicaciones comunes, incluyen el comportamiento de sistemas estáticos, dinámicos y térmicos. Los avances en el hardware, han facilitado y aumentado la eficiencia del software de elementos finitos.

El diseño asistido por computadora se ha vuelto indispensable en el mundo de la ingeniería, el poder probar la resistencia de piezas antes de su fabricación ha podido ahorrar tiempo y dinero, el saber que una pieza va a resistir o tiene que ser rediseñada antes de ser fabricada ya es posible gracias a algunas de las marcas de software para análisis de elementos finitos como: Dlubal software, Dassault Systèmes, Linux, Ansys, The MacNeal-Schwendler Corporation y Siemens.





En el capítulo 2.3 se presentan los cuellos de botellas más comunes para el funcionamiento de los herramientas, dichos datos fueron recabados por una encuesta que se realizó y que la mayoría de las empresas tiene la necesidad de realizar análisis de elementos finitos, pero por situaciones ajenas a los departamentos no tienen la infraestructura necesaria para adquirirla, pero por otro lado desconocen la metodología que los lleve a la optimización de los errores sistemáticos. Los cuellos de botella y los errores sistemáticos dieron la pauta para elegir la metodología correcta para realizar el análisis de elementos finitos a los herramientas.


En la siguiente tabla se muestran los principales proveedores de software para el diseño y fabricación de herramientas:

Tabla 38 . Lista de los principales proveedores de software para el diseño y fabricación de herramientas. (Información obtenida de cada página web de cada proveedor)

Logo	Marca	Fabricante	Licencia	Características
 www.dlubal.com	RFEM 5	DLUBAL SOFTWARE	No gratuita	Proporciona deformaciones, esfuerzos internos, esfuerzos en los apoyos, así como también las tensiones de contacto del suelo. Los módulos adicionales facilitan la entrada de datos automática al crear las estructuras, así como también para las uniones, y realizan análisis y diseños avanzados.
 www.dlubal.com	RSTAB 8	DLUBAL SOFTWARE	No gratuita	Se determinan esfuerzos internos, deformaciones y reacciones en apoyos. Para posteriores cálculos, se ofrecen módulos adicionales para considerar las condiciones específicas de los materiales y las normas.

 www.3ds.com	CATIA	Dassault Systèmes	No gratuita	Es el software más completo dedicado al diseño 3D, dentro de sus características destaca el Análisis de elementos finitos, diseño 3D, simulación de procesos y dinámica de fluidos.
 w.linux.com	CAELINUX	LINUX	Gratuita	Este Software puede reproducir Deformaciones mecánicas complejas, análisis de elementos finitos, su principal característica es que es totalmente gratis.
 www.ansys.com	ANSYS	ANSYS. INC	No gratuita	Puede proporcionar desde un análisis estructural, transferencia de calor, dinámica de fluidos, electromagnética, hasta campos acoplados.
 www.mscsoftware.com	NX NASTRAM	The MacNeal-Schwendler Corporation (MSC)	No gratuita	Es un solucionador de elementos finitos que analiza el estrés, la vibración, fallo estructural /

				durabilidad, transferencia de calor, el ruido / acústica y flutter / aeroelasticidad.
 <small>www</small> w.siemens.com	FEMAP	SIEMENS	No gratuita	Software de análisis finitos utilizado en una gran variedad de aplicaciones de ingeniería mecánica, estructural, etc.
 <small>www</small> w.siemens.com	SOLID EDGE SIMULATION	SIEMENS	No gratuita	Permite la Simulación de análisis finito de diferentes materiales, así como el dibujo de piezas en 3D.
 <small>www</small> .3ds.com	DELMIA	Dassault Systèmes	No gratuita	Software especializado en elementos finitos y simulación de procesos en tiempos.
 <small>w</small> ww.autocad360. com	AUToFEM	Autocad	No gratuita	Análisis AutoFEM tiene herramientas de análisis especializados para probar y analizar virtualmente piezas complicadas y ensambles. Se emplea el método de elementos finitos para la realización

				de frecuencia estática, pandeo y análisis térmico. El análisis muestra cómo un modelo será bajo condiciones del mundo real, antes de ser construido.
 www .3ds.com	ABAQUS	Dassault Systèmes	No gratuita	Software de análisis finitos, analiza de forma virtual piezas de ingeniería y de estructuras, utilizando diferentes materiales y análisis.

En la industria automotriz se utilizan varias plataformas para el diseño de herramientas, sin embargo las que más sobresalen en el país son CATIA y NX, normalmente las empresas utilizan las aplicaciones de estos softwares para el análisis de elementos finitos. Por lo que es más fácil que una empresa use Abaqus que está ligado a CATIA y Nastran con NX que es de la familia de Siemens.

Procesos y diseño de un herramental de tipo prensa troqueladora

Para saber el funcionamiento de los herramientas es importante conocer los componentes principales. A continuación se muestran los componentes de una prensa troquelado empleada para el desarrollo de piezas de la industria automotriz:

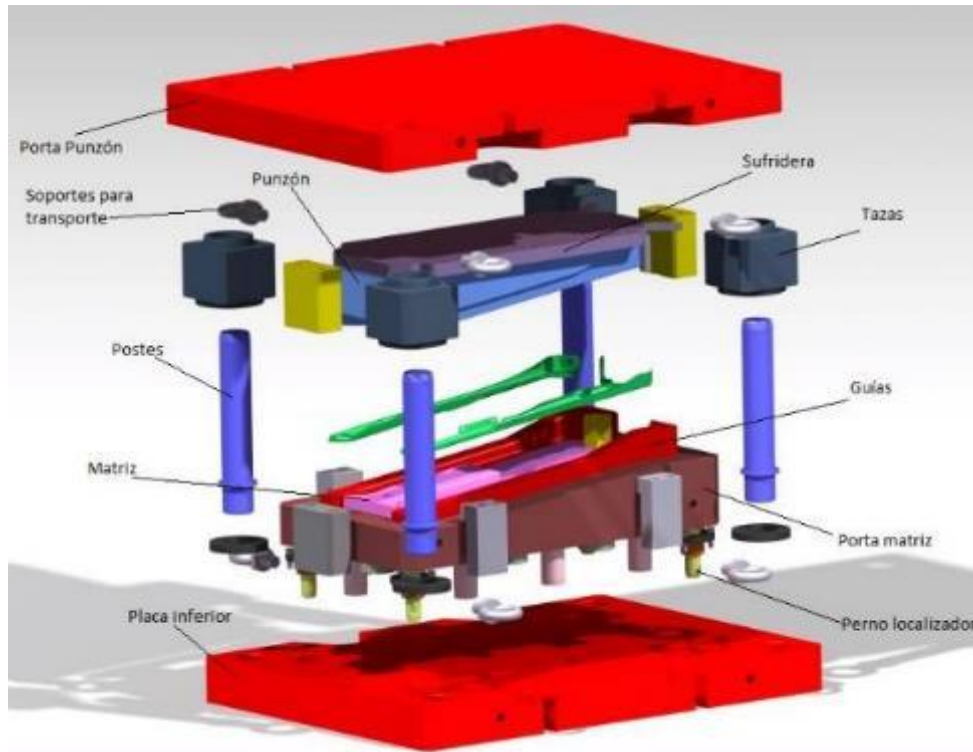


Ilustración 113 Componentes de un troquel empleado para la fabricación de piezas automotrices.

Los componentes de la prensa troqueladora se describen a continuación:

- **Porta Punzón:** es la parte que está conectada a la prensa y es la que transmite toda su fuerza a través del punzón, de esta manera se puede formar la lámina que se encuentra sobre la matriz, puede llevar todo tipo de formas y tamaños de punzón para lograr la forma deseada.
- **Punzón:** Tienen como objeto transformar la lámina a formas deseadas (Embutir, doblar, cortar, etc.) deben de estar firmemente sujetos y muy bien acabados, están realizados en aceros templados para resistir el desgaste.

- **Sufridera:** Son hechas para recibir los golpes que realiza la prensa cada vez que va transformado la lámina, cuando el punzón golpea la lámina la resistencia de está es enviada a las sufrideras, que son en las que se apoya la matriz, son fabricadas de acero templados para mantener su dureza.
- **Tazas:** Son los rodamientos que acompañan el desplazamiento del porta punzón, están colocados en las columnas y facilitan el desplazamiento.
- **Postes:** Son el sistema de guiado del troquel, esto asegura la concetricidad de ambas partes del troquel, por lo general van montados en las cuatro esquinas del troquel, necesitan siempre estar muy bien lubricados para maximizar el traslado y evitar rozamientos innecesarios.
- **Matriz:** Es donde se coloca la lámina a ser moldeada y donde los punzones van a transmitir toda su fuerza, es fabricada en acero templado para garantizar su dureza y resistencia la desgaste.
- **Guías:** Son colocados para guiar de manera correcta la carrera del porta punzón, son templadas para mantener su dureza y evitar un desgaste prematuro.
- **Porta Matriz:** Es la pieza que se encuentra colocada sobre la placa inferior y es la que mantiene a la matriz en su sitio.
- **Pernos localizadores:** Son pequeños pernos de acero que sirven para que las placas y el porta matriz siempre estén asegurados en su posición.

- **Soportes para transporte:** Estos soportes pueden o no estar en todos los troqueles, se colocan principalmente en troqueles de gran peso para así poder facilitar su transportación y su colocación en las prensas.

- **Placa inferior:** Esta parte se mantiene fija y es donde van montadas los componentes de la matriz, es aquí donde recibe toda la fuerza de la prensa.

Simulación de elementos discretos

La simulación de elementos discretos nos sirve para ver cómo interactúa el herramental con su entorno. En la ilustración se puede apreciar el conjunto de operaciones en un layout en 2D de los procesos de troquelado descritos en la ilustración anterior. Dicho proceso consiste en 6 operaciones principales las cuales son:

- corte platina cizalla,
- corte silueta 1,
- corte silueta 2,
- calibrado de la pieza,
- punzonado y giro de 90°.

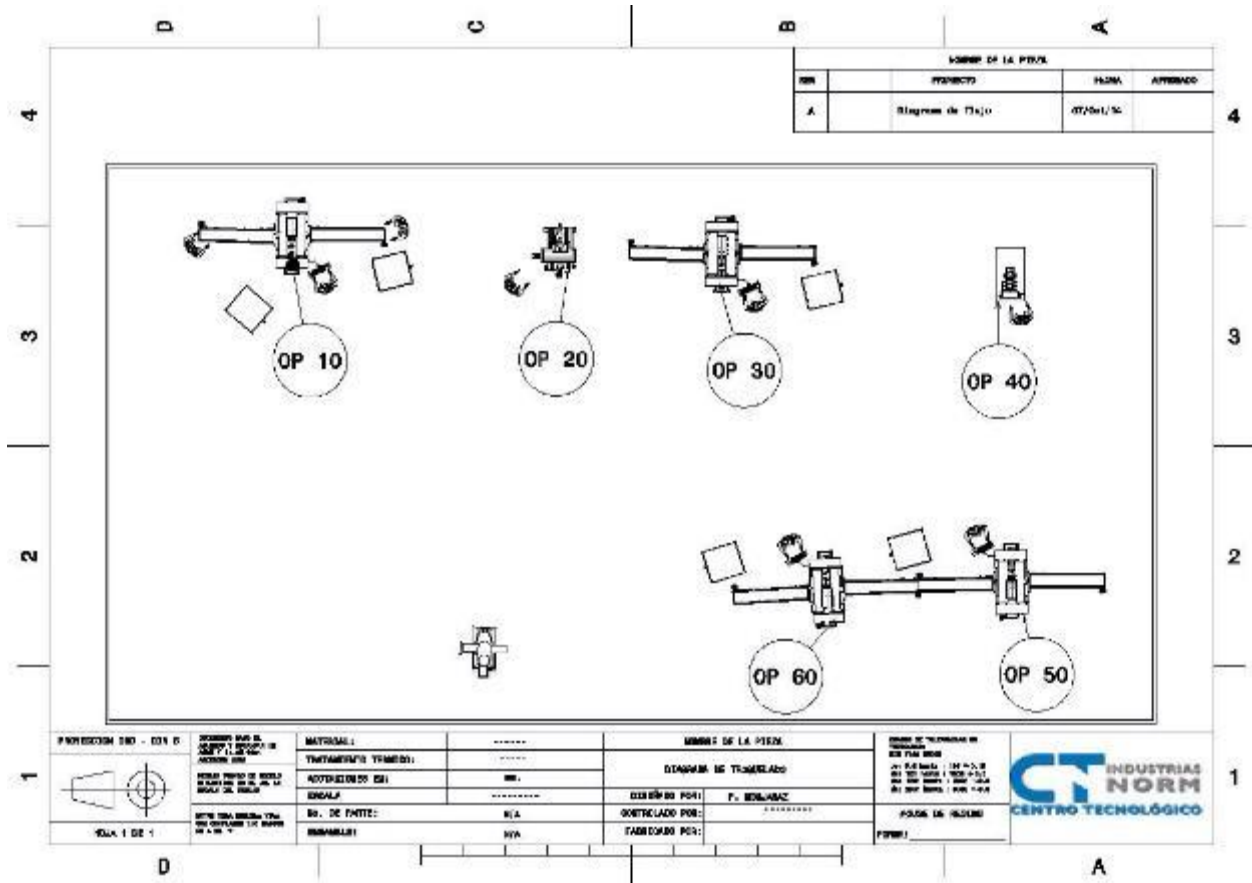


Ilustración 114 Layout del proceso de una prensa troqueladora.

A continuación se muestran los layouts en 3D de estas mismas operaciones, los cuales fueron hechos con las aplicaciones de CATIA, debido a que se observó que era el más indicado por sus características de simulación para el proceso, además de que los componentes del producto son también hechos en este software, como parte de la aplicación de la metodología 3DPro al proceso de funcionamiento de los herramientas, donde el enfoque es detectar los principales cuellos de botella para optimizar el proceso y adecuar el diseño y/o funcionamiento a las características del herramental.

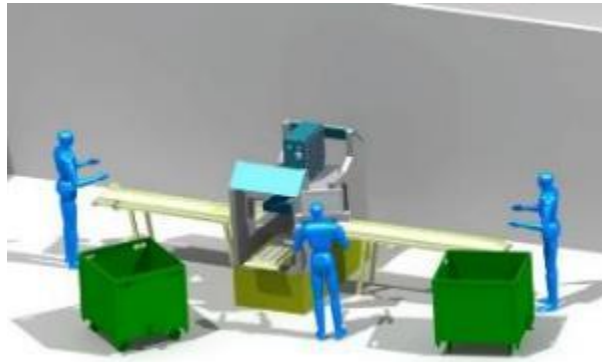


Ilustración 115 Operación 10: Aquí se realiza el "corte de platina cizalla".

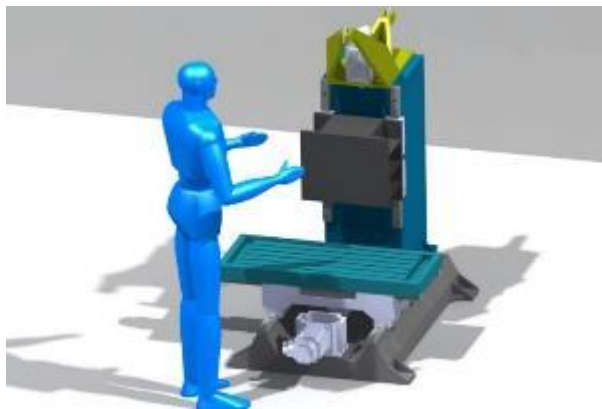


Ilustración 116 Operación 20: Se realiza el "embutado" del material.

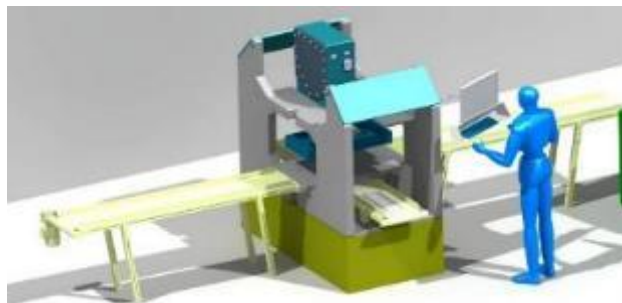


Ilustración 117 Operación 30: En esta operación se realiza el corte "silueta 1".

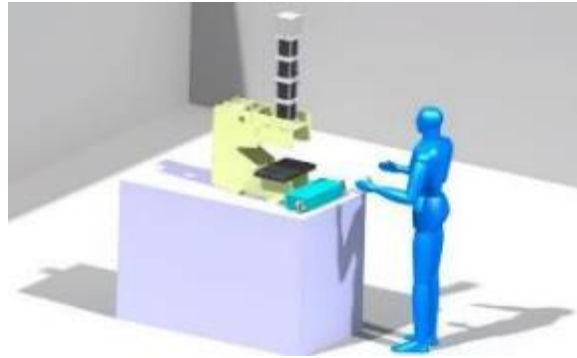


Ilustración 118 Operación 40: Es donde se realiza el corte "silueta 2".



Ilustración 119 Operación 50: Se realiza el "calibrado" de la pieza.

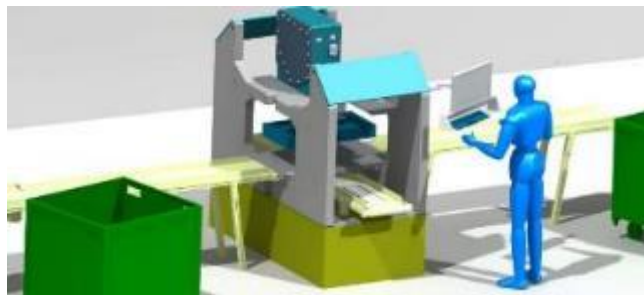


Ilustración 120 Operación 60: está el "punzonado" y "giro" de la pieza a 90 grados.

Gracias a la aplicación de este tipo de metodología se logró reducir los problemas de arranque en un 30%. Ya que se obtuvieron mejoras considerables en los siguientes puntos del proceso:

1. Optimización de Layout
2. Balanceo de las diferentes estaciones
3. Ajuste de velocidad del proceso
4. Optimización del personal

5. Disposición de materiales de entrada y salida de cada proceso
6. Ergonomía

Mantenimiento de herramientas

El mantenimiento lejos de ser una acción es una herramienta que nos ayuda a prolongar la vida útil de un equipo, aumentar la capacidad de producir con calidad, seguridad y rentabilidad. La importancia del mantenimiento radica en que puede evitar muchos de los siguientes problemas: urgencias, pérdidas de tiempo, estrés, frustración, paros de producción, reparaciones costosas, refacciones, tiempos de entrega muy largos, poco personal para realizarlo, entre otras cosas.

El actual desarrollo alcanzado en las áreas científica y técnica a nivel mundial ha obligado al ser humano a crear métodos nuevos para realizar los mantenimientos en los herramientas y traer los beneficios a las empresas. Los errores sistemáticos presentados en el capítulo 2.6 muestran las diferentes necesidades que se presentan en el funcionamiento de herramientas, dichos errores dieron la pauta para poder homologar las metodologías de mantenimiento que existen logrando la optimización.

Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo consiste principalmente en realizar una medición al herramental de acuerdo al manual o instructivo del fabricante que debe consistir principalmente en medir el estado de cada una de sus partes con un tiempo determinado con el fin de encontrar cualquier falla potencial o desperfecto que este en vísperas de presentarse.

La pauta para determinar qué tipo de metodología usar en el mantenimiento predictivo se determinó en base a los cuellos de botellas, al análisis de las encuestas y a los errores

mencionados en los capítulos 2.3 y 2.6. Durante el análisis de campo se observaron situaciones que debilitan el funcionamiento de los herramientas la forma de realizar el mantenimiento no era la mejor ya que los equipos no se aprovechan a 100%, en resumen con la aplicación de metodologías adecuadas se puede aprovechar de manera adecuada los recursos de mantenimiento sin dañar a equipos y sobre todo evitando lesiones a personas.

Sin embargo, en algunos casos no se tienen los manuales por lo que se recomienda hacer las evaluaciones en un proceso estándar con una frecuencia semanal para detectar posibles fallas en los siguientes parámetros

1. Unidades de lubricación.

- 1.1. Revisar niveles de aceite y medir la cantidad del mismo.
- 1.2. Consistencia del aceite y medir viscosidad, a mayor viscosidad, mayor duración del equipo
- 1.3. Realizar cambio según horas de trabajo.
- 1.4. Analizar y evaluar partículas extrañas en el sistema de lubricación, ya que partes metálicas indican desgaste y ello reduce la vida del equipo.

2. Medición de Herramental en general

- 2.1 Revisión de guías
- 2.2 Revisión de partes móviles del herramental, las guías son importantes y si se detectan desalineamientos, pueden provocar esfuerzo adicional al sistema.
- 2.3 Obtener mediciones de vibración en partes móviles.
- 2.4 Realizar análisis de cargas y esfuerzos, mediante celdas de carga si aplica o mediante un análisis de la pieza a herramental, donde se compara con la pieza patrón.
- 2.5 Realizar análisis de resonancia para detección de grietas en la matriz y punzones.

En las imágenes siguientes podemos observar las partes que componen un troquel de manera que se puedan identificar los elementos a medir.

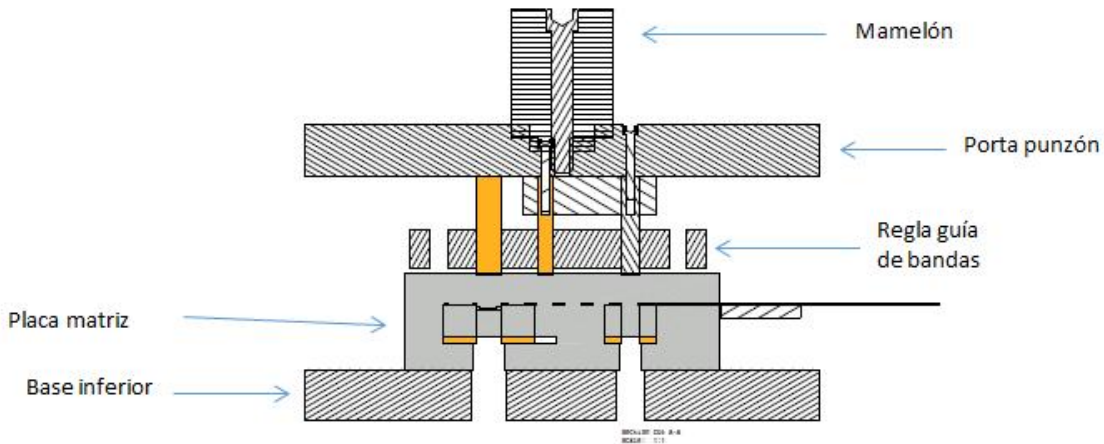


Ilustración 121 Vista frontal de un troquel.

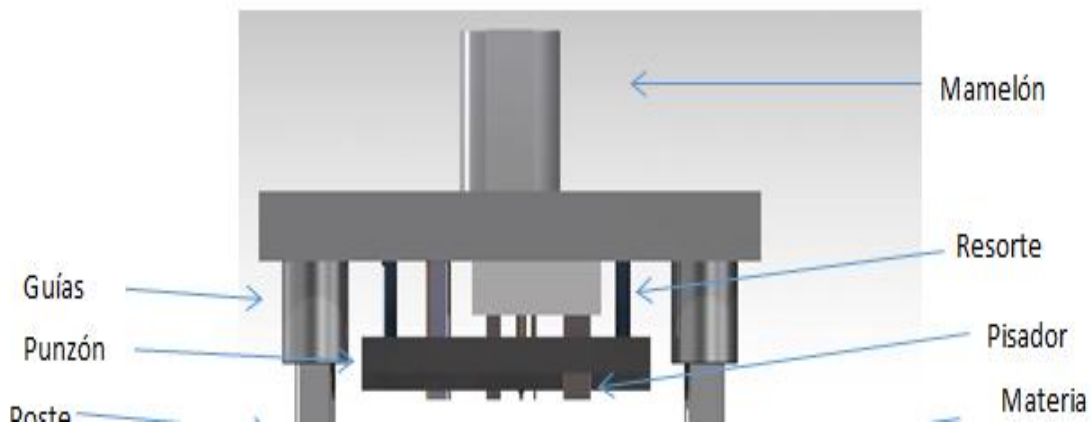


Ilustración 122 Vista de perfil de un troquel.

3. Monitoreo constante del equipo, para el funcionamiento adecuado del herramental:

- 3.1 Indicadores de nivel de fluidos de operación
- 3.2 Sensores de vibración
- 3.3 Sensores de temperatura

3.4 Sensores de presión

3.5 Sensores de flujo

3.6 Contadores de horas de trabajo

Para poder tener un mayor control es importante que estos datos se envíen de manera constante o en tiempo real a la central de mantenimiento, los cuales deben ser mostrados en una pantalla de control y en caso de no cumplir con los niveles establecidos se deben enviar alertas al personal encargado del mantenimiento. Donde tiene la base de datos de todos los equipos y periféricos que se utilizan en los procesos de funcionamiento de los herramientas.

Las ventajas de un mantenimiento predictivo son:

- Reduce los tiempos de paro
- Permite seguir la evolución de la maquinaria en el tiempo.
- Requiere menos personal.
- Permite crear archivos históricos.
- Permite tomar decisiones en momentos críticos.
- Normalizar la compra de recambios.
- Facilitar el análisis de las averías anteriores
- Permite el análisis.

Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo consiste en realizar un plan de mantenimiento en base a los resultados del mantenimiento predictivo (Mediciones). De acuerdo a lo mencionado en el capítulo 2.6 y a la encuesta realizada casi todas las empresa recuden al mantenimiento preventivo pero cometen el error de hacerlo de forma inmediata esto se debe a que no existe

una manera o forma correcta de llevarla a cabo, para esto se sugiere implementar metodologías que aporten beneficios al funcionamiento de herramientas a continuación muestra la metodología para llevar a cabo el mantenimiento preventivo.

Para realizar este plan como hemos ya mencionado anteriormente debemos de basarnos en los resultados obtenidos del nuestro mantenimiento predictivo y también se debe de consultar el manual y/o instructivo del fabricante pues ahí viene indicado las partes de mayor riesgo a revisar, en caso de que no se debe tener un check list que integre los principales elementos a evaluar, otro punto importante a considerar es la experiencia del personal de mantenimiento pues dicho plan debe ser realizado por personal con experiencia, además de seguir un proceso donde se documenta todo lo referente al mantenimiento correctivo y esto está en:

- Registro de revisiones.
- Registro de fallas menores.
- Registro de fallas mayores o paros del equipo.

Este plan de mantenimiento debe ser revisado frecuentemente, debe ser actualizado en base a todos estos registros, también es de suma importancia capacitar y concientizar al personal operativo del herramental pues esto también nos servirá para prevenir un mantenimiento correctivo.

Este tipo de mantenimiento permite:

- Prever cuando necesitan los punzones afilarse.
- Prever la sustitución de resortes
- Controlar la vida útil de las matrices
- Controlar las tolerancias de corte que se encuentren dentro de los valores dados.

- Controlar las roturas o desprendimientos
- Controlar el juego en la placa guía punzones

El objetivo del mantenimiento preventivo, es evitar fallas menores que nos lleven a mantenimientos mayores o correctivos y como consecuencia llegar a tener pérdidas económicas, y lo más importante evitar lesiones al personal y con esto evitar paros de producción que afectarían a la empresa.

Por esta razón es importante que este plan de mantenimiento incluya:

- Capacitación al personal, tanto operativo como de mantenimiento a planta. Para que entienda la importancia de su uso y aplicación. Muchas veces por costos no se tienen los elementos adecuados para implementarlo.
- Contar con un stock de refacciones amplio para evitar largos plazos de entrega por parte de los proveedores de componentes del herramental. En este caso basado en los resultados de componentes con mayor desgaste, y/o tiempo largos en su adquisición.
- Realizar el servicio de mantenimiento de acuerdo al plan.
- Registrar todos los mantenimientos, fallas, y revisiones que se realicen al equipo.

Pasos para hacer un buen mantenimiento:

- 1.- Conocer bien la herramienta.
- 2.- Conocer la problemática de cada transformación.
- 3.- Conocer la función de cada componente.
- 4.- Conocer las características de cada troquel.
- 5.- Analizar el problema desde su origen.

6.-Revisar todo los componentes del troquel en el mantenimiento.

7.-Realizar mantenimiento preventivo.

Resumiendo podemos decir que en el mantenimiento preventivo se basa en los cuatro pasos de ISO 9000.

Lo cual se refiere a:

- ✓ Di lo que haces
- ✓ Has lo que dices
- ✓ Regístralo
- ✓ Actualiza y mejóralo

Mantenimiento correctivo.

Basándose en los apartados anteriores podemos decir que este mantenimiento es el resultado de que no se hayan llevado a cabo con éxito el mantenimiento predictivo (Mediciones) ni el mantenimiento preventivo (Plan de mantenimiento).

También puedes ser el resultado de que nuestras mediciones (Mantenimiento predictivo) no fueron realizadas correctamente, confiables o que nuestro plan de mantenimiento no se realizó de acuerdo al plan preventivo y que puede deberse a la poca capacitación al personal.

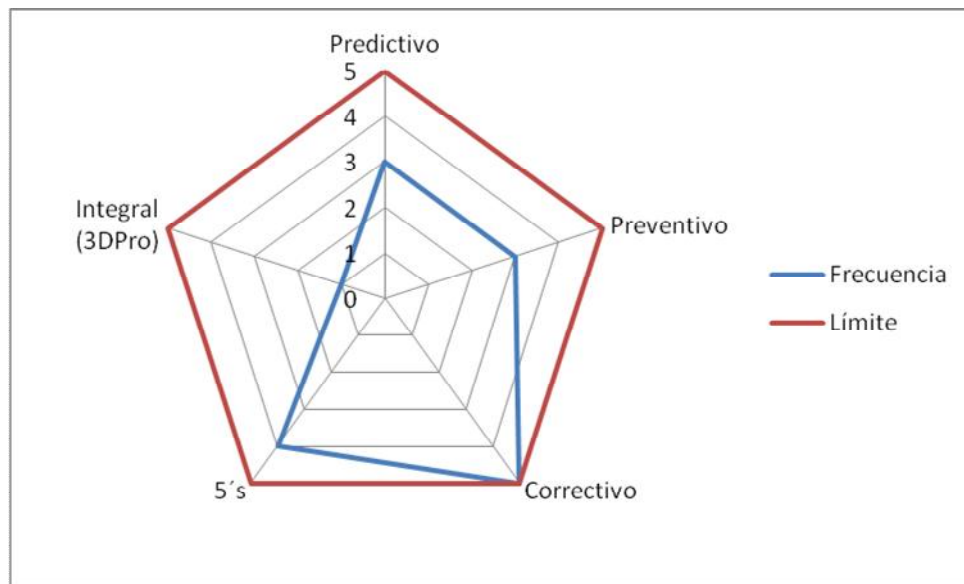
Este tipo de mantenimiento consiste principalmente en sustituir partes dañadas del equipo con la finalidad de volver a tener el equipo en completa operación.

Dentro a las actividades a realizar se encuentran las siguientes:

- Realizar una revisión completa del troquel, con el fin de identificar la falla, corregirla y a poder hacer pruebas post-modificación antes de ponerlo en marcha de nuevo.
- Afilar los punzones
- Verificar que la altura de los punzones sea la adecuada.
- Verificar los resortes (altura, carga, fatiga)

Aplicación de Mantenimientos.

Como se menciona anteriormente, cada mantenimiento es necesario y el uso de uno y otro es el resultado de una mejor aplicación de la metodología. Al revisar en las empresas que tipo de mantenimiento es utilizado con mayor frecuencia tenemos la siguiente gráfica:



Gráfica 25 Aplicación de mantenimientos

Claramente vemos que el mantenimiento correctivo es el de mayor frecuencia, y el integral es el menos frecuente, normalmente la gente responde “que no le da tiempo”. Por eso es importante que la aplicación de una metodología integral (3DPro) sea aplicada en forma sistemática.

La filosofía del mantenimiento nos invita a no esperar a la falla, los cambios se tienen que realizar con antelación, no utilizar materiales inadecuados y sin identificación y tener en mente que los problemas no se arreglan solos. En base a esto también se plantea el uso de sistemas computacionales de monitoreo inteligente encargado de revisar permanentemente el buen funcionamiento del equipo. Esta tendencia tecnológica está siendo utilizada cada vez más en el sector industrial por medio de software como LabVIEW y mediante técnicas modernas de inteligencia artificial. Toda esta base tecnológica permite generar un control de calidad más preciso y exacto que el supervisado por una persona, brindando además un beneficio costo-hora y supervisión las 24 horas. Cabe señalar que este tipo de sistemas requieren de un conjunto de sensores especiales que midan cada cierto intervalo de tiempo variables importantes para la toma de decisiones.

SMED (Single Minute Exchange Die) conceptos fundamentales³⁶

Otra metodología importante para el funcionamiento de los herramientas es el SMED. Este método se enfoca en reducir los tiempos de preparación para la puesta en marcha de un herramienta y se deben considerar 4 conceptos importantes:

1.- Separar la preparación interna de la externa.

La preparación interna consiste en todas las actividades que se tienen que realizar con la máquina parada o detenida. Por otro lado la preparación externa se pueden realizar con la máquina trabajando.

2.- Convertir la preparación interna en preparación externa en lo posible.

Esto es con el propósito de que varias actividades que normalmente se realizan con la máquina parada puedan realizarse mientras está trabajando.

3.- Los ajustes deben eliminarse.

Normalmente se considera entre 50 y 70 por ciento del total de las actividades internas destinado para los ajustes. Por esta razón es importante buscar la reducción de este tiempo empleado. Una de las cosas que tenemos que hacer no es reducir el ajuste sino eliminarlo

4.- La fase de preparación debe eliminarse también.

Se pueden considerar 2 criterios:

- ✓ Diseño Uniforme
- ✓ Producir distintas piezas al mismo tiempo

El segundo de los criterios se puede efectuar por dos métodos:

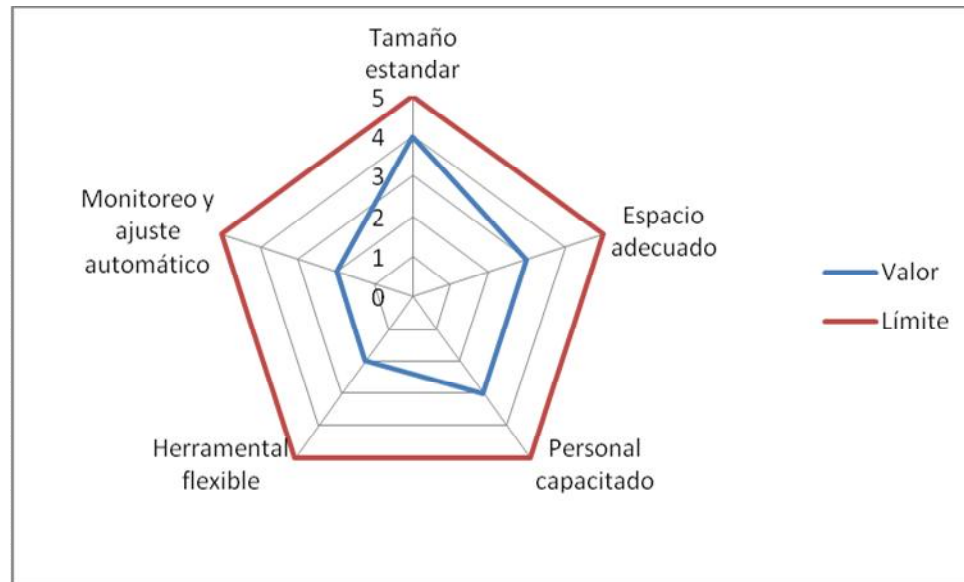
1. Sistema de conjunto. Por este método en el mismo troquel se producen 2 piezas diferentes.
2. Troquelado en paralelo. Consiste en troquelar las distintas piezas en paralelo, utilizando varias máquinas de menores dimensiones.

Para saber si es factible el uso de un SMED se debe considerar lo siguiente:

- a) Tamaño estándar de prensas
- b) Espacio suficiente para el cambio de herramental
- c) Personal capacitado en uso de equipo de cambio de herramientas


- d) Herramental preparado para instalación rápida
- e) Sistema de monitoreo y ajuste automático.

Al cuestionar a las empresas la factibilidad del uso de SMED tenemos el siguiente resultado:



Gráfica 26 Factibilidad de SMED

Donde lo más crítico es que no tienen herramientas flexibles, y tampoco tiene un sistema de monitoreo y ajuste automático. Lo cual confirma que no utilizan una metodología para la optimización de cambios rápidos de herramientas, la cual afecta su funcionamiento si no se lleva de manera estandarizada.



DIAGNÓSTICO PARA CORREGIR FALLAS DE DISEÑO, FABRICACIÓN Y REPARACIÓN DE HERRAMENTALES PARA EL ESTAMPADO DE PIEZAS AUTOMOTRICES



CAPÍTULO 3

II. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Describir en forma general los problemas que se presentan en el diseño y fabricación de herramental.
2. Examinar el funcionamiento de los equipos, para determinar las posibles mejoras que se deben implementar.
3. **Parametrizar la descripción del diseño y fabricación de herramientas, así como el funcionamiento de los equipos.**
4. Modelar los parámetros creados, con la creación de objetos de aprendizaje, que sirvan de base en la optimización de diseños y fabricación de herramientas y del funcionamiento de los equipos
5. Desarrollo de técnicas de capacitación para el personal y orientando las nuevas prácticas hacia la innovación.

3. PARAMETRIZACIÓN DE LA DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO Y FABRICACIÓN DE HERRAMENTALES, ASÍ COMO EL FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS

3.1 ANÁLISIS CON MÉTODO HISTÓRICO-ESTADÍSTICO EN EL DISEÑO Y FABRICACIÓN DE HERRAMENTALES

La mayoría de los fabricantes quieren generar más diseños en el mismo lapso de tiempo para poder explorar más opciones e introducir productos más innovadores. Sin embargo, una barrera importante para mejorar el diseño conceptual es el exceso de tecnología. Muchas empresas utilizan una gran variedad de herramientas y enfoques para capturar los diseños conceptuales, pero a menudo estas herramientas no son compatibles con el principal sistema CAD de la empresa. No es raro que un mismo diseñador utilice software alternativo para el diseño conceptual y, después, cambie a otro para el diseño detallado.

La calidad, desde el punto de vista ingenieril, está diseñada para generar procesos de calidad y bajo costo. Con base a estos fines de la Ingeniería de calidad, TAGUCHI desarrolló una aproximación al diseño de experimentos, con el objetivo de reducir los costos emanados de la experimentación, esta aproximación es más práctica que teórica y se interesa más por la productividad y los costos de producción, que por las reglas estadísticas. En la práctica, muchas particularidades de calidad vienen afectadas por factores de difícil control que no han podido ser controlados durante la concepción del producto, incluso por factores que aparecen una vez que el producto está en manos del cliente.

Una manera de atacar este problema es mediante el control de tales fuentes de variación, lo cual resulta costoso y muchas veces imposible. Por el contrario, se pueden diseñar productos o procesos robustos que sean insensibles a estas causas.

La palabra “robusto” tiene varios significados y pueden ser “fuerte, vigoroso, sano, saludable”. En la industria también se desea obtener productos robustos y solo serán aquellos que mantengan sus características de calidad con un mínimo nivel de variabilidad. La variabilidad en el nivel de calidad es debida a factores externos (temperatura ambiente, humedad, etc.), factores internos (deterioro o desgaste etc.) y factores de producción (capacidad de procesos de fabricación).

La preocupación reciente en las empresas por obtener productos robustos ha sido motivada por las demandas actuales del cliente dentro de un entorno competitivo muy particular. Un cliente no satisfecho puede reclamar una compensación económica por la falta de calidad o incluso puede cambiarse a un producto de la competencia. Ello conlleva a pérdidas económicas para la empresa, que se estima que son directamente proporcionales a la desviación cuadrática de la característica de calidad respecto a su valor nominal u objetivo.

El objetivo de los ingenieros de diseño es el de definir productos en los que las pérdidas debidas a estas fuentes de variación sean mínimas. No basta con fabricar un producto bajo el nivel nominal, hay que hacerlo con la mínima variabilidad.

La variabilidad entre productos, una vez que éstos están en manos del cliente, es inevitable. Sin embargo, si se identifican las causas de tales variaciones, se pueden tomar medidas con el fin de reducirla.

Las causas que origina la variabilidad pueden englobarse en tres grupos:

- Causas que provocan variabilidad en el proceso que dan lugar al producto, que determinen la capacidad del producto; variaciones en la materia prima, métodos de trabajo, mantenimiento, etc.
- Causas en el entorno donde se usa el producto: variaciones humanas en el uso del producto, condiciones ambientales, etc.
- Causas relacionadas con las características internas del producto: envejecimiento, deterioro de partes, etc.

El efecto, en general impredecible, que estas causas producen sobre la característica de interés se denomina “ruido” y, por extensión, a las causas de tal variabilidad se les denomina factores de ruido. Para reducir el ruido, la empresa puede adoptar varias posturas; una sería controlar los factores ruido que estén a su alcance (aquellos que aparecen antes de que el producto salga de la empresa), y segmentar la producción de acuerdo a los hábitos del consumidor. Esta postura es en general costosa y resulta imposible imaginársela implantada totalmente en las empresas.

Una segunda estrategia, más económica y eficaz, consistiría en tomar contramedidas en cada una de las causas de variabilidad a lo largo de las etapas de desarrollo de un nuevo producto. La siguiente tabla presenta en qué fases del desarrollo de un producto es posible actuar para minimizar el efecto de cada una de las causas de variabilidad.

Tabla 39 Contramedidas posibles en cada una de las fases del desarrollo de un producto

FASES DEL DESARROLLO DE UN PRODUCTO	CAUSAS DE VARIABILIDAD		
	EXTERNAS (AMBIENTE)	INTERNAS (DETERIORO)	PRODUCCIÓN (FABRICACIÓN)
Diseño del producto	O	O	O
Diseño del proceso	X	X	O
Proceso de producción	X	X	O

O Contramedidas posibles

X Imposibilidad de contamedidas

Las etapas, de una manera simplificada, son las siguientes:

- Etapa de diseño del producto de acuerdo con las expectativas del cliente.
- Etapa del diseño del proceso que ha de generar los productos diseñados en la etapa anterior.
- Etapa de producción de acuerdo con las etapas anteriores en la que se obtendrá el producto final.

La estadística, como ciencia que estudia los fenómenos a través de la cuantificación de la información procedente de los mismos, es de una gran ayuda en estas fases.

En la fase de diseño del producto se pueden tomar medidas contra cada una de las diferentes causas de variabilidad. Las técnicas estadísticas enfocadas en el diseño se les conocen como diseño de experimentos robustos, estas técnicas aplicadas en el diseño del producto y el proceso, producen una reducción considerable de la variabilidad final del producto.

Metodología del diseño

Las primeras ideas para conseguir el aseguramiento de la calidad de un producto centrandolo los esfuerzos, especialmente en su fase de diseño, se deben al ingeniero Genichi Taguchi, quien comenzó a aplicar las técnicas de diseño de productos robustos a comienzos de los años 80. Genichi Taguchi

(1986) divide la etapa de diseño del producto en fases claramente diferenciadas:



Ilustración 123 Fases del diseño robusto

- *Diseño primario*: consiste en el diseño conceptual o funcional del producto para responder a una necesidad del mercado. En esta fase utilizan conocimientos especializados del dominio.
- *Diseño secundario*, o diseño de los parámetros: consiste en la obtención de los valores nominales óptimos de los factores para minimizar la variabilidad de las características de calidad del producto. En esta fase se necesita de la colaboración de los técnicos del producto y de personal conocedor de las técnicas estadísticas de diseño y análisis de experimentos.

- *Diseño terciario*: diseño de tolerancias, para garantizar la mínima variabilidad requerida, cuando la variabilidad final del diseño secundario es todavía excesiva.

El diseño de parámetros consiste principalmente en una estrategia de *experimentación* durante la etapa de diseño del producto o del proceso mediante la cual, con un *análisis* adecuado de los resultados, se determinan los niveles de los factores o parámetros del diseño, bajo los cuales se obtienen productos que cumplen el doble objetivo de presentar la característica de calidad lo más cercana al valor nominal deseado y con mínima variabilidad.

La experimentación se realiza con los dos tipos de factores que hemos introducido anteriormente y que hemos de Contramedidas posibles en cada una de las fases del desarrollo de un producto nominado:

- ☞ factores de control.
- ☞ factores ruido.

Los primeros son los factores cuyos valores pueden ser seleccionados por el experimentador durante el diseño del producto (o proceso).

Llamamos factores ruido a aquellos que, afectando las características de calidad del producto (bien en las fases iniciales de fabricación, o cuando el cliente utiliza el producto), no pueden ser controlados, ya sea por los costes que ello implica o por otras causas, si bien en muchas situaciones será posible realizar experimentos con valores controlados de este tipo de factores. Algunos de estos factores son: la temperatura ambiente en la línea de fabricación, el conocimiento por parte del operario del proceso, la humedad relativa cuando se utiliza el producto, etc.

La presencia de variabilidad, es consecuencia del ruido externo y del ruido interno, es decir, de la variabilidad provocada por factores no controlables y la transmitida por los factores de control. Durante la experimentación, los factores de control y algunos de estos factores ruido son seleccionados y prefijados para conocer su efecto en la característica de calidad. Así, se podrán tomar contramedidas con la presencia de variabilidad, si ocurre alguna de estas dos circunstancias:

1. *Ruido externo:* existen interacciones entre factores de control y factores ruido. Ello implica que el efecto del factor ruido en la respuesta depende del nivel en que se encuentre el factor de control. En consecuencia, se podrá seleccionar un nivel de este último donde la respuesta sea más insensible al ruido externo.
2. *Ruido interno:* la relación entre los factores de control y la respuesta no es lineal. De esta manera, se puede seleccionar aquel nivel del factor de control en que la respuesta sea más robusta al ruido interno.

A continuación se esquematiza un método de selección de la matriz de diseño, así como la manera de analizar los resultados.

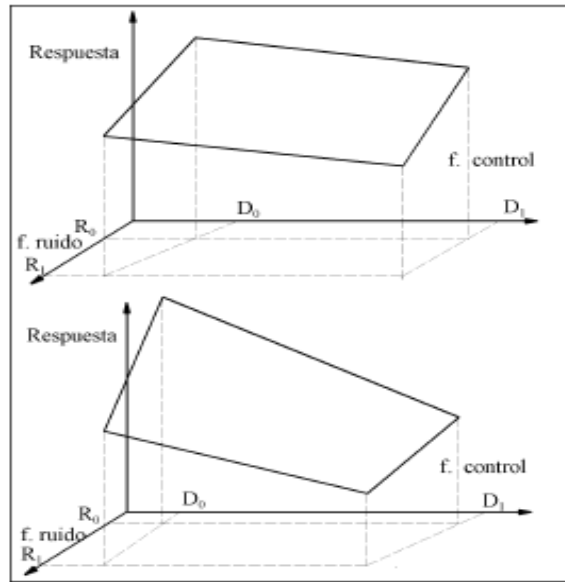


Ilustración 124 Variabilidad transmitida por un factor de ruido R para diferentes niveles de factor de diseño D.

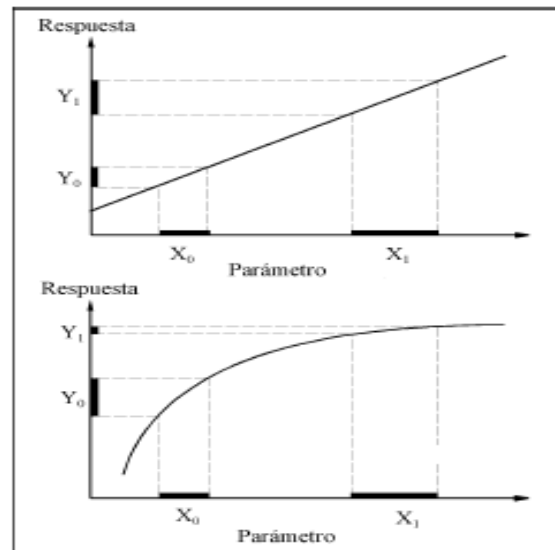


Ilustración 125 Relación lineal y no lineal entre los parámetros del producto (o proceso) y la característica de calidad

Matriz de diseño

Las dos circunstancias anteriormente citadas pueden ser detectadas mediante la experimentación, si se selecciona adecuadamente la matriz de diseño y se analiza convenientemente los resultados.

La experimentación juega un papel fundamental en -virtualmente- todos los campos de la investigación y el desarrollo. El objetivo de la experimentación es obtener información de calidad; información que permita desarrollar nuevos productos y procesos, comprender mejor un sistema (un proceso industrial, un procedimiento analítico,...) y tomar decisiones sobre cómo optimizarlo y mejorar su calidad, comprobar hipótesis científicas, etc.

Obviamente, la experimentación se debe planificar (diseñar) cuidadosamente para que proporcione la información buscada. Dicha planificación debe considerar dos aspectos importantes relacionados con dicha experimentación:

1. La experimentación es normalmente cara. La capacidad de experimentar está limitada por el costo en tiempo y en recursos (personal, productos de partida, etc.). Por tanto, una organización óptima de la experimentación deberá contemplar el menor número de experimentos que permita obtener la información buscada.
2. El resultado observado de un experimento (y) tiene incertidumbre:

$$y = h + e$$

Donde h es el resultado “verdadero” (desconocido) del experimento y es una contribución aleatoria, que varía cada vez que se repite el experimento. Por ello la estadística; disciplina que proporciona las herramientas para trabajar en ambientes de incertidumbre, juega un papel

fundamental en el diseño de los experimentos y en la evaluación de los resultados experimentales.

El análisis de los resultados experimentales permitirá obtener conclusiones sobre el sistema en estudio y decidir actuaciones futuras. Tanto por la importancia de las decisiones que se pueden tomar como por el costo elevado de la experimentación, no parece adecuado dejar la elección de los experimentos y la evaluación de los resultados a la mera intuición del experimentador. Parece más razonable utilizar una metodología matemática y estadística que indique como planificar (diseñar/organizar) la secuencia de experimentos de una forma óptima, de modo que se minimice tanto el coste de la experimentación como la influencia del error experimental sobre la información buscada. Dicha planificación y análisis es el principal objetivo del *Diseño*

Estadístico de Experimentos.

La matriz de diseño deberá permitir estimar un modelo del tipo:

$$Y = b_0 + \sum b_i X_i + \sum b_{ij} X_i X_j + \sum b_{kZk} Z_k + \sum b_{klZkZl} Z_k Z_l + \sum b_{ik} X_i Z_k + e$$

En el que una vez estimados sus parámetros, su correcta interpretación debe permitir alcanzar el valor nominal con la mínima variabilidad.

- Aquellos efectos b_{ik} que sean significativos nos permitirán seleccionar los niveles de los factores de control X_i en que el producto sea más robusto a la variabilidad transmitida por los factores ruido Z_k .
- Aquellos factores X_i que sean significativos pero que no interaccionen con factores ruido, permitirán llevar la respuesta a su nivel nominal.

- Aunque la estimación de los efectos de los factores ruido b_k en principio no es útil, puesto que son factores que no se controlan, el conocimiento de su significación puede servir a los técnicos para replantear el diseño del producto o proceso.

Por lo tanto, el diseño seleccionado debe permitir estimar, como mínimo, los efectos asociados a los factores:

$$X_i, X_i X_j, \text{ y } X_i Z_k$$

Y será de ayuda si además permite estimar los efectos asociados a los factores ruido.

Las soluciones dadas a este problema han sido principalmente tres:

- ✓ Diseñar por separado las matrices para los factores de control y para los factores ruido y cruzar las dos para dar lugar a una matriz producto.
- ✓ Realizar un diseño fraccional de *resolución V* con todos los factores de control y ruido estudiados conjuntamente.
- ✓ Seleccionar diseños especiales de *resolución IV* que no confundan las interacciones a estudio.

La primera opción es la más sencilla. Además, permite seleccionar un grado de fraccionamiento diferente para cada tipo de factores. En general, el diseño para los factores ruido suele ser más fraccionado de lo que se acostumbra cuando se trabaja con factores de control. Ello es debido a que no es de gran interés la estimación de las interacciones entre factores ruido.

Aunque la tercera opción conlleva la realización de menos experimentos que la primera y la segunda, la matriz producto está más difundida en la industria y es más fácil que sea seleccionada por personal poco experto. Es esta la razón principal que permite decidir por presentar esta matriz en este capítulo aunque existen otras razones de tipo analítico (con esta

matriz se puede desglosar mejor la variabilidad debida al ruido en: la transmitida por los factores ruido que han intervenido en el experimento y el ruido ajeno a estos).

La matriz de diseño se representa con dos entradas. Por una parte aparecen los k factores de control combinados según un diseño 2^{k-p} y, por otra, los factores ruido r , combinados según otro diseño 2^{r-q} . Por consiguiente, se obtienen $2^{k-p} \cdot 2^{r-q}$ condiciones experimentales.

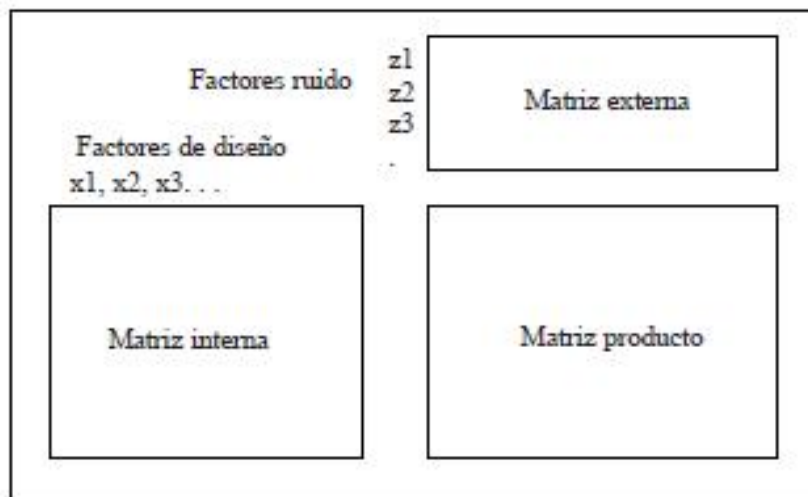


Ilustración 126 Diseño de la matriz de experimentación

Una vez aleatorizado el orden de experimentación de las $2^{k-p} \cdot 2^{r-q}$ condiciones experimentales, se realiza cada experimento y se mide la característica de calidad. Las filas de la matriz pueden ser consideradas como prototipos idénticos de un producto diseñado con los niveles de los parámetros de la parte izquierda de la tabla y sometidas a diferentes condiciones de los factores ruido.

Si la muestra fuese lo suficientemente grande, la representación gráfica en histogramas de la característica de calidad en estos individuos daría una idea general de la distribución de la calidad del producto; bastaría con observar el centro de la distribución y su dispersión.

Esta manera intuitiva de interpretar la matriz de diseño ha dado lugar a un análisis de los datos basándose en la información obtenida para cada “fila” o condición de los parámetros de diseño.

Introduciendo dos métodos de análisis que permitirán mejorar sustancialmente el enfoque expuesto:

- El primero está basado en el análisis de los datos directamente de la matriz del producto. Para llevarlo a cabo se obtendrán la media y la variabilidad para cada condición de diseño y se aplicarán las técnicas de análisis. Ello permitirá estimar los parámetros de un modelo del tipo:

$$Y = b_0 + \sum b_i X_i + \sum b_{ij} X_i X_j + e$$

- Para aplicar el segundo método se vinculan los factores de control y los factores ruido en una única matriz $2^{(k+r)-(p+q)}$

Diseño de tolerancias

El diseño de tolerancias, como una de las fases diferenciadas en la etapa de diseño de un producto o proceso, al cual se recurre cuando una vez aplicada la fase de diseño de parámetros la variabilidad resultante no es todavía satisfactoria.

En el diseño de tolerancias se toman decisiones sobre la variabilidad que se está dispuesto a admitir en las componentes de un producto. Una de las implicaciones es que hay que poner

cotas de variación a los parámetros de diseño. Para ello hay que evaluar la variabilidad transmitida por cada componente del diseño en el producto final, a partir del modelo estimado en el diseño de parámetros.

La aplicación del diseño de tolerancias es costosa en general, ya que conlleva la selección de proveedores más caros, máquinas más capaces, mantenimiento más rígido, etc.

Las aportaciones de Genichi Taguchi a la ingeniería de la calidad son unánimemente reconocidas como una de las más importantes en los últimos tiempos. A él se deben las primeras ideas para dar mayor énfasis a la etapa de diseño del producto en la mejora de la calidad.

Esquemáticamente, esta metodología puede resumirse en las siguientes etapas:

- a. Identificación de los factores de diseño, de los factores de ruido y de sus niveles de experimentación.

El diseñador del producto debe identificar las variables que presumiblemente afectan a las características de interés, así como los niveles a los que conviene experimentar. Igualmente deberá identificar los factores de ruido y decidir entre qué niveles de estos factores se desea que el producto sea insensible.

- b. Construcción de las matrices de diseño (para los factores de control y para los factores de ruido), y planificación del experimento.

Los experimentos se realizan para cada una de las condiciones de la matriz de factores de ruido (matriz externa) en cada una de las condiciones de los factores de control (matriz interna), formando la llamada matriz producto.

- c. Realizar los experimentos y evaluar el estadístico adecuado. Una vez obtenidos los resultados experimentales para cada una de las condiciones de la matriz de diseño, se calculan dos estadísticos: la media y el denominado “proporción señal-ruido”.

La optimización de los valores de los factores de diseño se resuelve en dos etapas:

- i. Determinar los factores que afectan a la proporción señal-ruido y escoger los valores que lo maximizan.
- ii. Seleccionar algún factor que, teniendo influencia sobre el nivel de la respuesta tenga un efecto lo menor posible sobre la proporción señal-ruido. Éste será el factor que se utilizará para llevar la respuesta al nivel deseado.

Taguchi propone diferentes proporciones señal-ruido según el objetivo que se persiga.

Así, si lo que se pretende es minimizar la respuesta, se deberá trabajar en las condiciones que maximicen:

$$\theta(\bar{x}) = -10 \log \left(\frac{\sum_{i=1}^n Y_i^2}{n} \right)$$

Si el objetivo es que la respuesta sea lo mayor posible, se maximiza:

$$\theta(\bar{x}) = -10 \log \left(\frac{\sum_{i=1}^n (1/Y_i)^2}{n} \right)$$

Y si se trata de mantener la respuesta en su valor nominal, se maximizará:

$$\theta(\bar{x}) = -10 \log \frac{\bar{Y}^2}{s^2}$$

Donde:

x : Vector que representa una determinada combinación de niveles de los factores de diseño.

Y_i : Respuesta en la condición i -ésima de la matriz externa.

n : Número de condiciones experimentales de la matriz externa.

s^2 : Varianza de las respuestas obtenidas en cada una de las condiciones experimentales definidas por la matriz externa, para un determinado valor de X .

- d. Analizar la significación de los efectos. Los resultados se analizan mediante tablas de análisis de la varianza. Esta técnica de análisis de la significación de los efectos es uno de los aspectos más controvertidos del método de Taguchi.
- e. Realización de experimentos confirmatorios. Antes de dar definitivamente por bueno el resultado obtenido, Taguchi propone la realización de una serie de experimentos para confirmar que las condiciones obtenidas como óptimas son efectivamente las mejores.

Diseño de experimentos

El diseño de experimentos se podría definir como el Diseño Estadístico de Experimentos (DEE), también denominado diseño experimental, como una metodología basada en útiles matemáticos y estadísticos cuyo objetivo es ayudar al experimentador a:

1. Seleccionar la estrategia experimental óptima que permita obtener la información buscada con el mínimo costo.
2. Evaluar los resultados experimentales obtenidos, garantizando la máxima fiabilidad en las conclusiones que se obtengan.

Las situaciones en las que se puede aplicar el DEE son muy numerosas. De forma general, se aplica a sistemas en los cuales se observan una o más variables experimentales dependientes o respuestas (y) cuyo valor depende de los valores de una o más variables independientes (x) controlables llamadas factores. Las respuestas además pueden estar influidas por otras variables que no son controladas por el experimentador. La relación entre “ x ” e “ y ” no tiene porqué ser conocida.

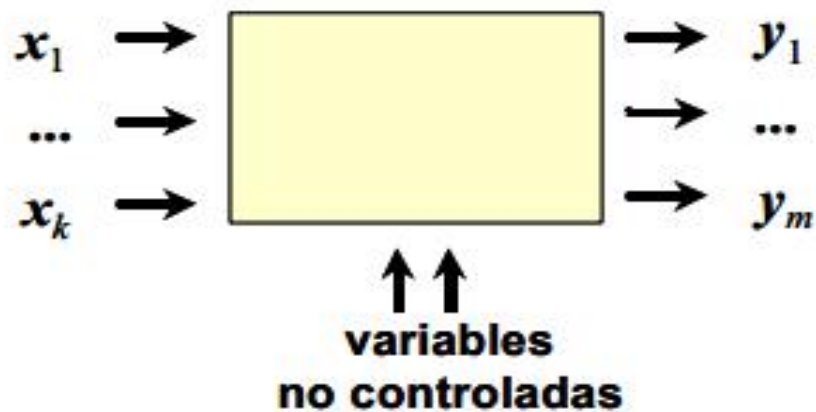


Ilustración 127 Representación de un sistema en estudio en DDE: factores (x), respuestas (y)

En base al análisis realizado se tiene la siguiente tabla que enumera los diferentes problemas que las empresas tienen cuando diseñan los herramientas.

Tabla 4o Problemáticas en el diseño de herramientas

Tipo de problema	Problema	Indicadores
Diseño	Análisis de manufacturabilidad	Planos, Reportes dimensionales, Lista de materiales estándar
Diseño	Aplicación de GD&T a la posición y localización de componentes del herramental	Planos de taller, Modelos 3D, Retrabajos en diseño, Vista ampliadas de ensamble, Reporte de análisis de materiales, Reporte de simulación
Diseño	Aspectos de Manufacturabilidad	Normas y Procedimientos
Diseño	Falta de conocimiento de los componentes de un herramental en los diseñadores	Check list de capacitación en los componentes de un herramental
Diseño	Falta de Criterios y/o normas de diseño	Procedimientos de diseño, Normas de Diseño, Instrucciones de diseño, Manuales de operación de equipos de herramientas
Diseño	Dimensionamiento de componentes y sistemas del troquel	Planos de taller, Modelos 3D, Retrabajos en diseño, Vista ampliadas de ensamble, Reporte de análisis de materiales, Reporte de simulación

Diseño	Fallas en el proceso de fabricación de troqueles por mal diseño	Planos, modelos 3D, Orden de trabajo, Inventario de equipo, Reporte de simulación
Diseño	Fallas en la validación del diseño de troquel	Reporte de requerimiento técnico
Diseño	Falta de procedimientos de diseño	Procedimientos, Sistema de calidad
Diseño	Uso inadecuado de herramientas de diseño (CAD)	Planos de taller, Modelos 3D, Retrabajos en diseño, Vista ampliadas de ensamble
Diseño	verificación de tolerancias	Reporte dimensional

Con estas premisas validamos el estado de las empresas en base a este tipo de problemas

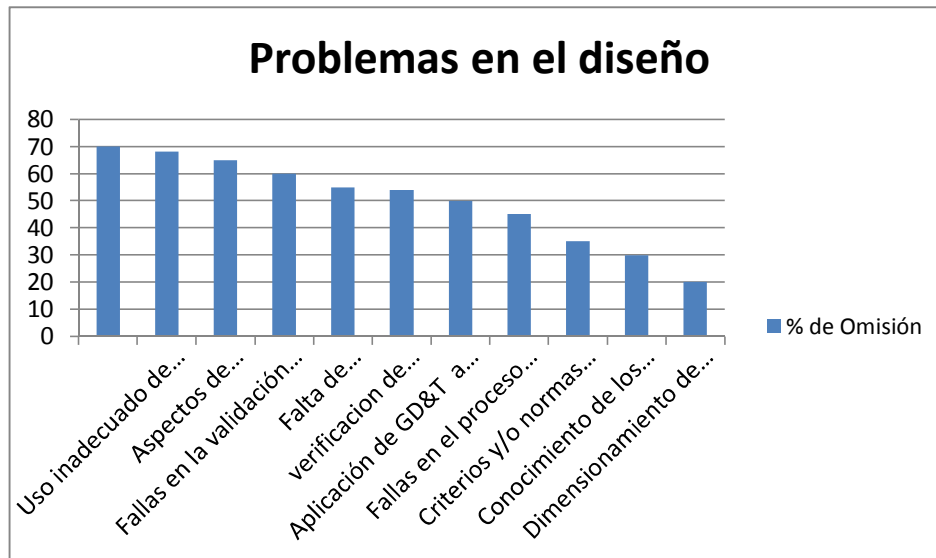


Ilustración 128 Problemas en el proceso de diseño de herramientas

Ahora en base al análisis realizado se tiene la siguiente tabla que enumera los diferentes problemas que las empresas tienen cuando fabrican los herramientas.

Tabla 41 Problemáticas en la fabricación de herramientas

Tipo de problema	Problema	Indicadores
Fabricación	Almacenes con exceso o falta de materiales	Niveles de inventario de materia prima y producto terminado
Fabricación	Baja producción de prensa de estampado	Nivel de producción por máquina, Hoja de tiempos y movimientos,
Fabricación	Falla en certificación de calidad	Acreditación
Fabricación	Entregas a tiempo de producto	Reporte de producción
Fabricación	Falla en estandarización por Lean Manufacturing	Sistema de calidad

Fabricación	Fallas en el proceso de fabricación de troqueles	Reportes dimensionales, reportes de prueba, Auditoria de proceso
Fabricación	Maquinado de componentes para herramientas inadecuados	Matriz de capacitación, lista de herramientas, fichas técnicas de herramientas
Fabricación	Materiales mezclados en cajas de empaque	Diagramas de flujo, Ayudas visuales, Matriz de capacitación
Fabricación	Número de desperdicios (PPM)	PPM
Fabricación	Pieza con rebabas	Hoja de inspección de material
Fabricación	Pieza fuera de dimensión	Hoja de inspección de material
Fabricación	Pieza terminada con operaciones faltantes	Hojas de Inspección, Producción por turno
Fabricación	Piezas dañadas	Diagramas de flujo, Ayudas visuales, Matriz de capacitación
Fabricación	Proceso detenido	Lista de historial de operación de equipos, Auditoria de mantenimiento de equipos, Lista de partes de refacción críticas de equipo
Fabricación	Proceso largo de maquinado de componentes para herramientas.	Matriz de capacitación, lista de herramientas, fichas técnicas de herramientas, fichas técnicas de equipos
Fabricación	Reclamación de producto no conforme	Reportes dimensionales, reportes de prueba, Auditoria de proceso

Fabricación	Falla de satisfacción de calidad	Nivel de satisfacción de clientes
Fabricación	Falla de sistema de administración de calidad	Sistema de calidad
Fabricación	Fallas en sustentabilidad ambiental	Acreditación ambiental (ISO14000)
Fabricación	Tiempo de proceso de sala medición muy largo	Reporte de sala de medición
Fabricación	Tiempos muertos	Diagrama de flujo, Hoja de tiempos y movimientos, Diagrama espaguetti
Fabricación	Uso inadecuado de herramientas de programación de CNC (CAM)	Reporte dimensional de troquel, hoja de inspección de troquel
Fabricación	Verificación del desarrollo de un producto	Planos, Presupuestos, Normas, Especificaciones técnicas, AMEF de diseño

Con estas premisas validamos el estado de las empresas en base a este tipo de problemas



Ilustración 129 Problemas en el proceso de fabricación de herramientas

3.2 ANÁLISIS CON MÉTODO HISTÓRICO-ESTADÍSTICO EN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS.

En la fase de producción, mediante la utilización del control estadístico de procesos (SPC), se controla el proceso para identificar la aparición de “causas asignables” de variabilidad y actuar sobre ellas de una manera adecuada para mantener el proceso bajo control.

En general, la reducción de variabilidad utilizando sólo SPC (o por otra parte inspección del producto acabado) requiere inversiones económicas considerables (seleccionar los mejores proveedores, aumentar el mantenimiento de las máquinas, etc.); y el resultado final, una vez más, dependerá de lo bien que esté diseñado el proceso.

Mejor conocido como SPC por sus siglas en inglés Statistical Process Control, el control estadístico de procesos es comúnmente utilizado en la producción de un gran número de componentes o piezas, donde cada pieza y proceso está sujeto a variabilidad por efectos de factor humano, ambiente, errores de manufactura o de aspecto mecánico de las máquinas utilizadas.

Se puede resumir que un proceso industrial está sometido a una serie de factores de carácter aleatorio que hacen imposible fabricar dos productos exactamente iguales. Las características del producto fabricado no son uniformes y presentan variabilidad. Esta variabilidad es no deseable y el objetivo es reducirla lo más posible o al menos mantenerla dentro de ciertos límites.

El Control Estadístico de procesos es una herramienta útil para alcanzar dicho objetivo. Dado que su aplicación se realiza en el momento de la fabricación, esta herramienta contribuye a la mejora de la calidad de la fabricación. También este control permite aumentar el conocimiento del proceso dando lugar a la mejora del mismo.

Por ejemplo, la producción de puertas de automóvil, durante un día de producción de estampado de puertas se producen cientos y hasta miles de puertas durante los tres turnos de trabajo, si se comparan dos puertas producidas durante un día de producción se encuentran diferencias entre ellas siendo del mismo material y modelo de puerta, podemos tener variaciones en el dimensionamiento de las mismas, ya que ambas puertas no pueden ser exactamente iguales. Sin embargo, las dos fueron producidas en un proceso que está corriendo sin complicaciones, se llama variabilidad inherente y se mide por medio de una desviación estándar.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

Todo proceso debe tener un valor objetivo, volviendo al ejemplo de la puerta de un automóvil, la puerta no puede ser demasiado ancha o demasiado angosta ya que esto causaría problemas en el ensamblado del auto y, si llegase a ser usada en producción haría visibles fallas como claros muy grandes en los enrasos de la puerta o no cerraría bien. Con esta información se puede dar una definición más clara a la fórmula de desviación estándar.

\bar{X} = valor estándar o valor objetivo.

X_i = Valor específico de una pieza dentro de la muestra de piezas.

N = Número total de piezas de la muestra.

El propósito del control estadístico de procesos es darnos una señal de alerta cuando el principal proceso se ha desviado de su valor objetivo. Un segundo propósito es el de notificarnos cuando la variabilidad entre piezas se ha incrementado. En cualquiera de estos

casos se toman las acciones pertinentes, ya sea por el operador de la máquina, por un ingeniero de procesos o en su caso por un ingeniero de diseño mecánico, dependiendo de las acciones a tomar debido a la variabilidad significativa.

Una vez que hemos encontrado el valor de nuestra muestra utilizamos una gráfica de control donde graficamos los valores de las muestras y así tenemos un historial de los procesos y por ende de los equipos, de esta forma nos damos cuenta si hay que tomar acciones correctivas.

- (1) Si el valor de la muestra está dentro de los límites de alerta entonces los procesos están cumpliendo el valor objetivo.
- (2) Si los valores de nuestra muestra están fuera del límite de acción entonces muy probablemente la máquina deba ser ajustada a los valores pre-establecidos.

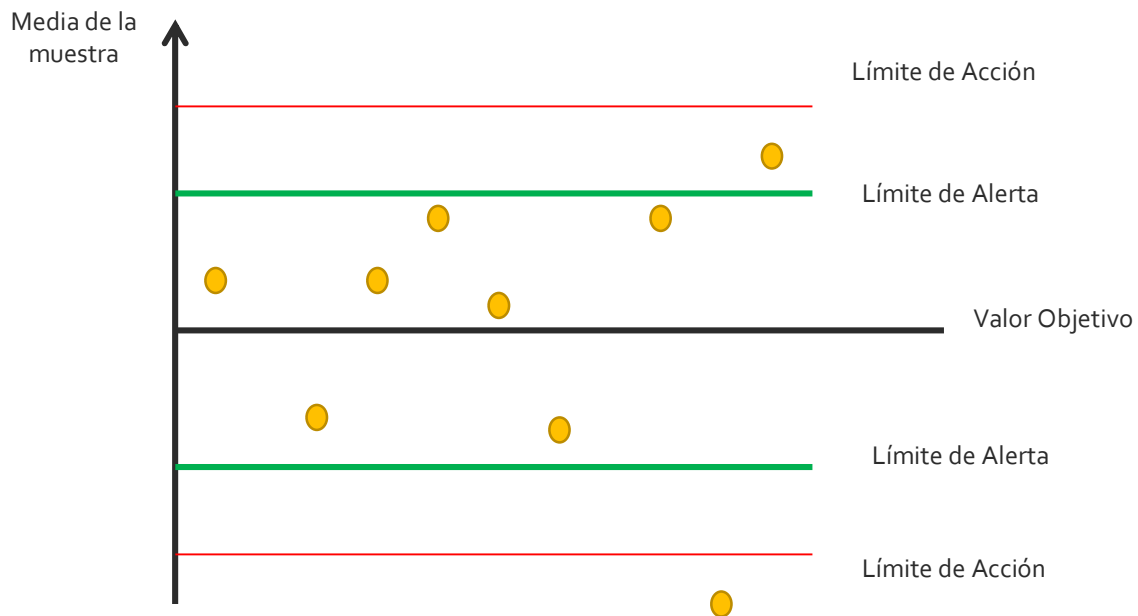


Ilustración 130 Gráfica de control

(3) Si la muestra está entre el límite de acción y el límite de alerta entonces el proceso ya no está cumpliendo su objetivo y entonces hay que hacer un análisis más minucioso.

- La variabilidad de las causas comunes o aleatorias es el reflejo de cientos de causas pequeñas que actúan de manera conjunta y que no es posible identificar alguna en especial.
- La variación excesiva debida a causas comunes se resuelve cambiando la tecnología, de modo que la eliminación de las causas comunes las puede implementar la empresa.
- La variabilidad de las causas especiales o atribuibles se deben típicamente a aspectos tales como: materiales, operadores, instrumentos de medición, máquinas, métodos.
- La eliminación de las causas especiales es más sencilla ya que básicamente son responsabilidad del operario.

Causas de la variabilidad

Por definición, se dice que un proceso está bajo control estadístico cuando no hay causas especiales presentes o equivalentemente cuando únicamente actúa un sistema de causas de variabilidad común.

El Control Estadístico de Procesos se basa en analizar la información que aporta el proceso para detectar la presencia de causas especiales y habitualmente se realiza mediante una construcción gráfica denominada Gráfico o Carta de Control. Si el proceso se encuentra bajo control estadístico es posible realizar una predicción del intervalo en el que se encontrarán las características de la pieza fabricada.

Una vez trabajados los datos de una muestra establecemos que si una variable aleatoria se obtiene como una suma de muchas causas independientes, siendo cada una de ellas de poca importancia respecto al conjunto, entonces su distribución es asintóticamente normal.

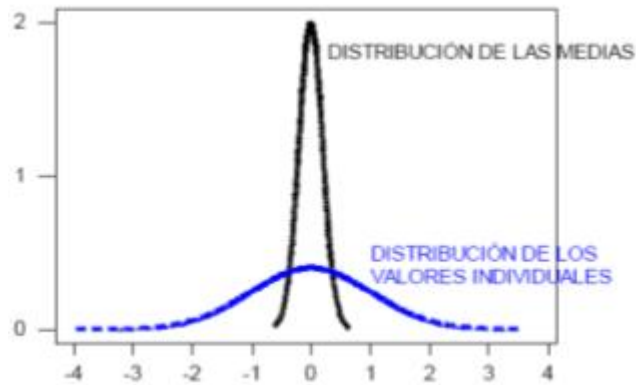


Ilustración 131 Gráfica de Distribuciones

En primer lugar, podemos decir que los *objetivos* principales del SPC o CEP en español son los siguientes:

1. Minimizar la producción defectuosa.
2. Mantener una actitud de mejora continua del proceso.
3. Comparar la producción respecto a las especificaciones.

Para poder llevar a cabo estos objetivos hay que tener en cuenta que todo proceso genera un producto, pero además genera información, misma que se puede obtener tomando datos numéricos de las características de los productos que salen del proceso y tratándola

adecuadamente. La información permite “escuchar” el proceso y poder llevar a cabo los objetivos anteriormente citados.

Con la actual filosofía de la calidad total, no basta con conseguir el objetivo de minimizar la producción defectuosa; hay que mantenerse en una *mejora continua*, y los estándares internos de fabricación se han de ir cambiando independientemente de las especificaciones externas del cliente.

Además, las técnicas de CEP han de ser aplicadas lo más próximas posible al proceso que genere la información para poder disminuir el tiempo de reacción ante el proceso. Por ello, han de ser sencillas de utilizar e interpretar para que los operarios puedan utilizarlas sin necesitar la ayuda de los especialistas en CEP.

Fundamentos estadísticos del CEP o SPC

Para el entendimiento del *Control Estadístico de Procesos* es preciso recordar al menos los puntos que se describen a continuación:

- a) **Distribución Normal o Campana de Gauss.** La distribución normal es desde luego la función de densidad de probabilidad “estrella” en estadística. Depende de dos parámetros μ y σ , que son la media y la desviación típica respectivamente. Tiene una forma acampanada (de ahí su nombre) y es simétrica respecto a μ . Llevando múltiplos de σ a ambos lados de μ , nos encontramos con que el 68% de la población está contenido en un entorno $\pm 1 \sigma$ alrededor de μ , el 95% de la población está contenido en un entorno $\pm 2 \sigma$ alrededor de μ y que el 99,73% está comprendido en $\pm 3 \sigma$ alrededor de μ .

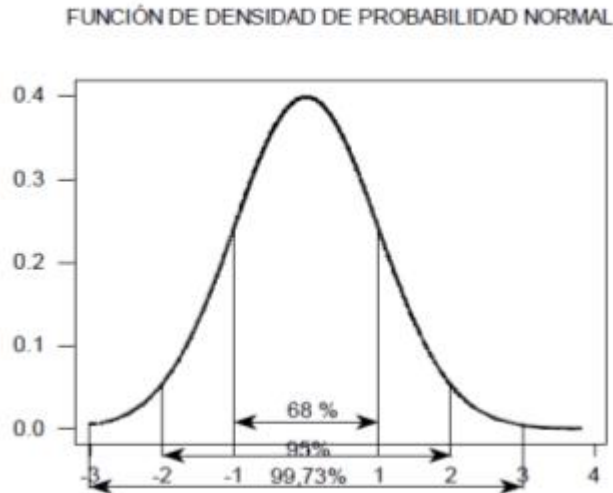


Ilustración 132 Función de densidad de probabilidad normal

b) **Teorema del límite central.** El teorema del límite central (TLC) establece que si una variable aleatoria (v. a.) se obtiene como una suma de muchas causas independientes, siendo cada una de ellas de poca importancia respecto al conjunto, entonces su distribución es asintóticamente normal. Es decir:

Sí $X = x_1 + x_2 + \dots + x_n$ donde las x_i son variable aleatoria de media μ_i y varianza σ_i^2

Entonces:

$$X \rightarrow N\left(\sum_{i=1}^n \mu_i, \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2}\right)$$

c) **Distribución de las medias muestrales.** Si X es una variable aleatoria $N(\mu, \sigma)$ de la que se extraen muestras de tamaño n , entonces las medias muestrales se distribuyen según otra ley normal:

$$\bar{x}_m \infty N\left(\mu, \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)$$

Obsérvese que como consecuencia del Teorema del Límite Central, la distribución de las medias muestrales tiende a ser normal aún en el caso que la población base no lo sea, siempre que el tamaño de la muestra sea suficientemente grande $n \geq 25$, si bien este número depende de la asimetría de la distribución.

El proceso está afectado por un gran número de factores sometidos a una variabilidad (por ejemplo oscilaciones de las características del material utilizado, variaciones de temperatura y humedad ambiental, variabilidad introducida por el operario, repetitividad propia de la maquinaria utilizada, etc.), que inciden en él y que inducen una variabilidad de las características del producto fabricado. Si el proceso está operando de manera que existen pequeñas oscilaciones de todos estos factores, pero de modo que ninguno de ellos tienen un efecto preponderante frente a los demás, entonces en virtud del TLC es esperable que la característica de calidad del producto fabricado se distribuya de acuerdo con una ley normal. Al conjunto de esta multitud de factores se denominan causas comunes. Por el contrario, si circunstancialmente incide un factor con un efecto preponderante, entonces la distribución de la característica de calidad no tiene por qué seguir una ley normal y se dice que está presente una causa especial o asignable. Por ejemplo, si en un proceso industrial se está utilizando materias primas procedentes de un lote homogéneo y se continúa la fabricación con materias primas procedentes de otro lote, cuyas características son muy diferentes de las anteriores, es muy posible que las características de los productos fabricados sean significativamente distintas a partir de la utilización del nuevo lote.

Por definición, se dice que un proceso está bajo control estadístico cuando no hay causas asignables presentes. El Control Estadístico de Procesos se basa en analizar la información aportada por el proceso para detectar la presencia de causas asignables y habitualmente se realiza mediante una construcción gráfica denominada Gráfico de Control.

Si el proceso se encuentra bajo control estadístico es posible realizar una predicción del intervalo en el que se encontrarán las características de la pieza fabricada.

Para que tenga sentido la aplicación de los gráficos de control, el proceso ha de tener una estabilidad suficiente que, aun siendo aleatorio, permita un cierto grado de predicción. En general, un proceso caótico no es previsible y no puede ser controlado. A estos procesos no se les puede aplicar el gráfico de control ni tiene sentido hablar de capacidad. Un proceso de este tipo debe ser estudiado mediante herramientas estadísticas avanzadas hasta que el grado de conocimiento empírico obtenido sobre el mismo, permita conocer las causas de la estabilidad y se eliminen.

En lo sucesivo, se supondrá que los procesos tienen un cierto grado de estabilidad. Podemos distinguir dos casos:

- El proceso está regido por una función de probabilidad cuyos parámetros permanecen constantes a lo largo del tiempo. Este sería el caso de un proceso normal de media constante y desviación típica constante. Este es el caso ideal y al que se pueden aplicar los gráficos de control para detectar la presencia de causas asignables.
- El proceso está regido por una función de probabilidad alguno de cuyos parámetros varía ligeramente a lo largo del tiempo. Este sería el caso de un proceso normal cuya

media varía a lo largo del tiempo (por ejemplo, una herramienta de corte que va desgastando la cuchilla de corte). Estrictamente hablando, este desgaste de la herramienta sería una causa especial; sin embargo si puede conocerse la velocidad de desgaste, podría compensarse resultando un proceso análogo al caso anterior.

Puede ocurrir que las características propias del proceso hagan que alguno de los factores de variabilidad intrínsecos al mismo, tenga un efecto preponderante, de modo que en este caso la distribución no sea normal. Un ejemplo puede ser la distribución de los diámetros de un proceso de taladrado, cuyo valor inferior está limitado por el propio diámetro de la broca, mientras que la distribución presenta una cola hacia diámetros mayores debido a posibles incidencias oblicuas de la broca. En este caso, se dice que el proceso está bajo control estadístico cuando no hay otras causas asignables presentes. Esto, es equivalente a decir que el proceso permanezca estable, es decir que los parámetros de la distribución permanezcan invariables y por lo tanto puede realizarse una predicción del intervalo en el que se encontrarán los valores de la característica de respuesta.

Por lo tanto, debe tratar de conocerse todo lo que sea posible de los fundamentos tecnológicos del proceso, ya que puede dar pistas sobre el tipo de distribución que seguirán los datos. En ningún caso debe *“darse la normalidad por supuesta”*. Debe comprobarse y en caso de que los datos no sean normales, deben aplicarse métodos especiales.

Capacidad de Procesos

Como consecuencia de todo lo anterior, si un proceso normal está en control estadístico, la característica de calidad del 99,73% de los elementos fabricados estará comprendida entre $\mu - 3\sigma$ y $\mu + 3\sigma$. El parámetro μ depende del punto en el que centremos el proceso. Sin embargo

σ depende del número y variabilidad de las causas comunes del proceso y por lo tanto es intrínseca a él.

Por lo tanto 6σ es la Variabilidad Natural del Proceso o Capacidad del Proceso. Por definición:

$$\text{CAPACIDAD DEL PROCESO} = 6\sigma$$

Es esencial resaltar que la variabilidad natural del proceso, $6s$, es intrínseca a él e independiente de las tolerancias que se asignen. Por lo tanto si $6s$ es menor que el intervalo de las tolerancias a cumplir, necesariamente algunos productos fabricados estarán fuera de tolerancia y serán no conformes. Si no se tiene en cuenta este hecho y se pretende corregir a base de reajustar el proceso, es decir modificar el centrado, lo único que se consigue es aumentar la variabilidad del mismo.

Índices C_p y C_{pk}

Con objeto de comparar la capacidad del proceso y la amplitud de las tolerancias a satisfacer, se define el índice de capacidad de proceso:

$$C_p = \frac{T_s - T_i}{6\sigma}$$

Si se pretende que la producción esté dentro de tolerancia, es necesario que $C_p > 1$.

Si el proceso no estuviese centrado, el valor de este índice falsearía el grado de cobertura con respecto a fabricar piezas fuera de tolerancias. En estos casos es más significativo el índice C_{pk} que se define:

$$Cpk = \min \left\{ \frac{Tg - \mu}{6\sigma}, \left\{ \frac{\mu - Ti}{3\sigma} \right\} \right\}$$

De este modo se define un **proceso capaz** como aquel que $Cpk > 1$.

Aplicando estos mismos conceptos a la variabilidad atribuible de una máquina de las que integran el proceso de fabricación, podemos definir la **capacidad de máquina**, el **índice de capacidad de máquina CM** y **CMk**.

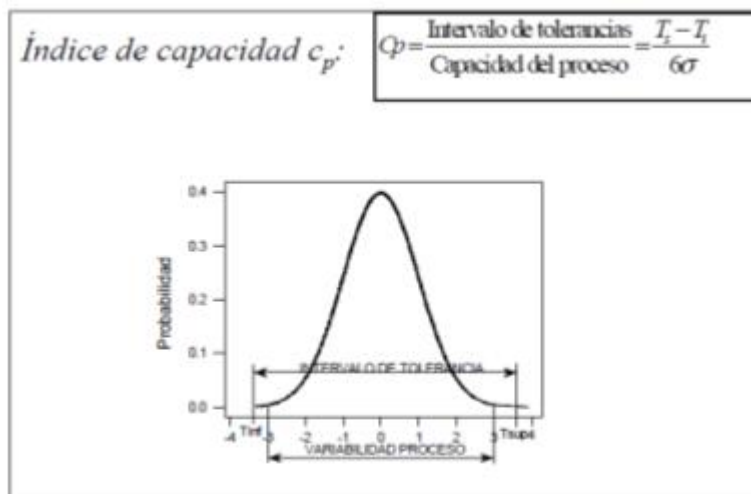


Ilustración 133 Índice Cp

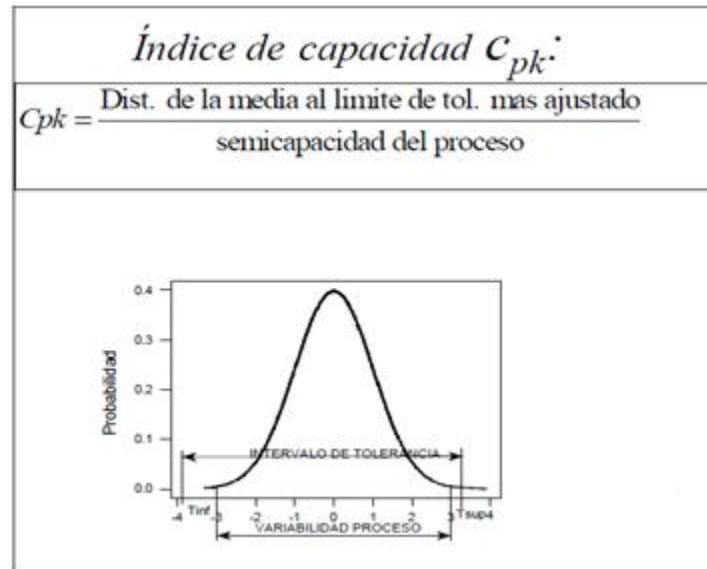


Ilustración 134 Índice Cpk

Dentro de las herramientas que estas normativas vigentes aprueban se encuentra la metodología de análisis que ayudan a la mejor administración de la calidad y utilizada para el control de los procesos, así también sirven para identificar no conformidades de los productos y funcionamiento de los equipos para la fabricación de los herramientales y, a su vez son directrices para la toma de acciones correctivas. Dentro de estas herramientas tenemos:






- Técnicas básicas de la calidad.
- Análisis de Modo y Efecto de Falla.

Cada una de estas herramientas cuentan con una serie de modelos y guías que nos ayudan a facilitar el control de calidad de las partes producidas en el estampado.

- Técnicas básicas de calidad.

Las técnicas básicas de calidad sirven para detectar problemas en los procesos de producción, comúnmente el personal operativo es participante activo en el desarrollo y aplicación de estas técnicas. Este tipo de herramientas auxiliarán en la obtención de datos específicos del proceso a controlar y a partir de dicho análisis se obtienen los resultados de apoyo para la toma de decisiones en el control del proceso. Si los resultados están dentro de los límites que se hayan establecido para cada proceso, el proceso está controlado; en caso contrario, habrá que actuar aplicando acciones correctivas.

Entre las técnicas básicas de calidad encontramos:

-  Hojas de datos
-  Diagramas de Pareto
-  Histogramas
-  Diagramas Causa-Efecto
-  Diagramas de dispersión

Hojas de datos

Las hojas de datos son simplemente la recolección de datos que son categorizados en un formato conveniente y fácil de comprender para ser analizados posteriormente. Estas hojas de datos tienen la finalidad del manejo simple de datos que pueden utilizarse en herramientas más sofisticadas para el análisis de acciones. Los formatos de las hojas de datos son muy variados y se tiene la flexibilidad de tener un formato que convenga al equipo de calidad en la recolección de información.

- Hoja de recolección de datos continuos.

Este tipo de hojas las podemos dividir de acuerdo al tipo de datos a analizar y pueden ser de datos continuos o medibles.

Tabla 42 Ejemplo de Hoja de Datos Continuos

Datos de diámetros troquelados en piso de Autos		
Diámetros	Frecuencia	Total acumulado
2.850 – 2.900	6	6
2.901 – 2.950	15	21
2.950 – 3.000	20	41
3.001 – 3.050	19	60
3.051 – 3.100	12	72
3.101 – 3.150	9	81

- Hoja de datos discretos.

Los datos discretos solo pueden ser contables pero no se pueden medir en una escala continua o en un rango.

Tabla 43 Ejemplo de Hoja de Datos Discretos

Piezas de desecho en el 1er Bimestre 2013									
Tipo de pieza	Enero				Febrero				Total
	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	
Anclaje de Piso	2	1	1	1	3	1	4	3	16
Poste B	0	2	1	1	4	6	5	4	23
Soporte de asiento	5	2	5	3	2	0	0	1	18
Estampado de Puerta	0	0	0	2	1	0	0	1	4

- Hojas de localización.

Las hojas de localización pueden ser diagramas o dibujos de las piezas en las que se divide la pieza en zonas específicas y se localizan los defectos, errores o zonas de rechazo. Normalmente utilizadas en los planos de manufactura de una pieza, ya que en éstos se tienen definidas zonas de localización y eso hace más sencillo la identificación de fallas.

- Listas de verificación.

Las listas de verificación comúnmente conocidas como check-list, aunque pueden parecer de uso ordinario son de gran valor en la verificación de parámetros antes del arranque de una jornada de manufactura, o en la revisión de mantenimiento o en el funcionamiento de los equipos, donde por medio de un check-list establecido previamente, se comprueba que el funcionamiento de los equipos para iniciar la producción o el ensamble final es correcto y posteriormente se puede verificar que dicho ensamble tiene todos los componentes necesarios, y que cumplen adecuadamente con los parámetros.

Tabla 44 Ejemplo de Hoja de Datos Discretos

Piezas de desecho en el 1er Bimestre 2013									
Tipo de pieza	Enero				Febrero				Total
	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	
	1	2	3	4	1	2	3	4	
Anclaje de Piso	2	1	1	1	3	1	4	3	16
Poste B	0	2	1	1	4	6	5	4	23
Soporte de asiento	5	2	5	3	2	0	0	1	18
Estampado de Puerta	0	0	0	2	1	0	0	1	4

Checklist de inspección autónoma		
Fecha:		Responsable:
Turno:		
Item	Actividad	Estatus
1	¿Está el nivel de refrigerante de la máquina de acuerdo a la mirilla de revisión? Si está el nivel bajo llamar a mantenimiento para el relleno?	OK
2	Revisar los niveles de Aceite de la máquina, si el nivel está por debajo identifica el tipo de aceite y llama a mantenimiento para su relleno	OK
3	¿Encontraste limpia la máquina al inicio del turno?	OK
4	¿Está en condiciones los filtros de aire del servo controlador? *Si el filtro está de color oscuro llamar a mantenimiento para realizar el cambio. Identifica el número de máquina para proporcionarlo al equipo de mantenimiento	OK
5	¿Hay alguna señal de seguridad de la máquina encendida? Si hay alguna revisa si puedes desbloquearla o es necesario una acción de mantenimiento	OK
6	¿Tienes el equipo necesario para trabajar?	OK
7	Hay material en las bandejas para iniciar le trabajo	OK
8	Identificas el tipo de pieza que se va a fabricar en este turno	OK
9	Tienes todos los dispositivos necesarios para iniciar la producción	OK

Ilustración 135 Ejemplo de Lista de Verificación de mantenimiento preventivo

Diagramas de Pareto

El diagrama de Pareto tiene la finalidad de mostrar el impacto, influencia o efecto que tienen determinados elementos sobre una característica del proceso o de alguna no conformidad de una pieza. Es realmente una curva de distribución en el que los datos se organizan de forma que estos queden de forma descendente, de izquierda a derecha y que una vez ordenados se le pueden asignar orden de relevancia.

El principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales) muestra gráficamente que hay muchos problemas sin importancia, frente a muy pocos que son verdaderamente importantes. Este principio y su diagrama facilita mucho el estudio de las fallas en cualquier tipo de industria pues asiste en la comprensión de que no todos los problemas que se presentan tienen el mismo grado de importancia para atenderlos, y por ende permite enfocar los esfuerzo en aquellos que deben combatirse con prontitud.

Pasos seguidos en la construcción de un Diagrama de Pareto:

1. Identificación del problema
2. Identificación de los factores que lo causan
3. Definición del período de recolección de datos
4. Recolección y ordenamiento de datos
5. Cálculo del porcentaje relativo

$$\text{Porcentaje relativo} = \frac{\text{frecuencia del evento}}{\text{total de eventos}} \times 100$$

6. Cálculo de los porcentajes acumulados

$$\sum \textit{Porcentajes relativos}$$

7. Construcción del diagrama de Pareto

- Identificación de los ejes
- Dibujar las barras
- Graficar los porcentajes
- Selección de los factores a considerar

El diagrama de Pareto es el primer paso de mejoras para la realización, ya que posee la flexibilidad para representar en su eje vertical cantidades numéricas.

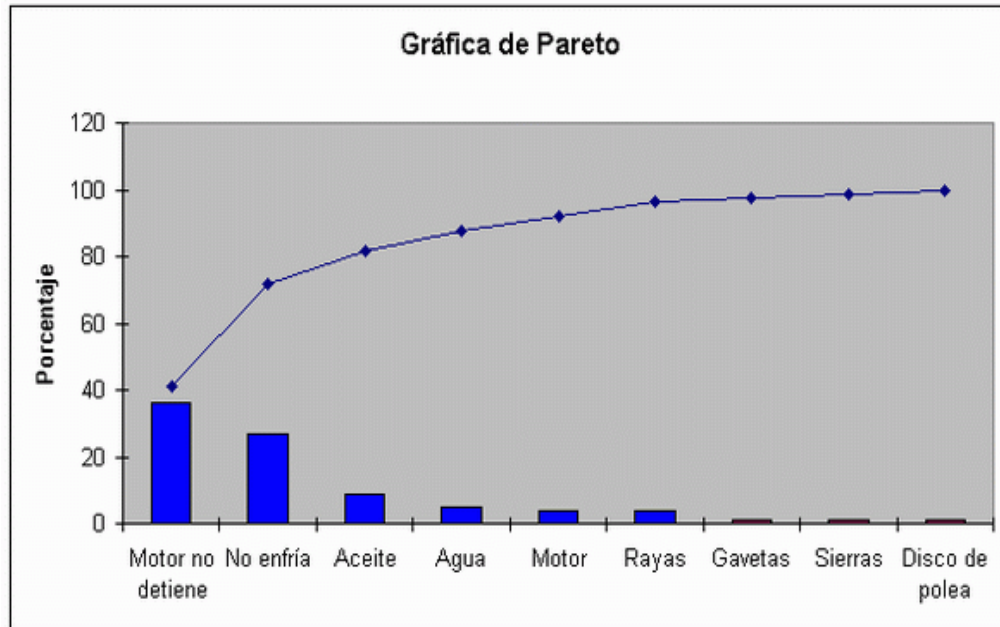


Ilustración 136 Ejemplo de un Diagrama de Pareto de identificación fallas de un motor

Histogramas

El Histograma es una barra que muestra la distribución de un conjunto de datos, lo hace de manera ordenada y clasificada para la obtención de más información a partir del diagrama. Su finalidad es dar a conocer la distribución de un conjunto de datos y realizar cálculos de probabilidad.

Para la construcción del histograma es necesario recolectar datos para posteriormente organizarlos en una tabla denominada distribución de frecuencias, la cual organiza la información de las clases y sus respectivas frecuencias. Esta información permite obtener la anchura y altura de las barras del histograma. El eje vertical contiene los datos por categorías y ordenándolos de cero hasta el valor máximo de izquierda a derecha. El eje horizontal contienen las frecuencias de los eventos por cada clase.

Para la elaboración de un histograma se deben seguir los siguientes pasos:

1. Recolección y acomodo de datos. Los datos deben ser por lo menos 50.
2. Cálculo del rango de los datos.

$$R = X_M - X_m = \text{Dato Mayor} - \text{Dato Menor}$$

3. Determinar el número de clases.

$$K = \sqrt{N} = \text{Raíz cuadrada del número total de datos}$$

4. determinar el tamaño de las clases.

$$A = \frac{(R + U)}{K}; U = \text{Unidad}$$

5. Se establecen las fronteras de cada clase.
6. Se calcula el punto medio de cada clase.

$$X_i = \frac{(F_{li} + F_{si})}{2} = \frac{\text{Límite Inferior} + \text{Límite Superior}}{2}$$

7. Se calculan las frecuencias de cada clase. Contar cada uno de los datos que caen dentro de cada una de las clases.
8. Elaborar el Histograma

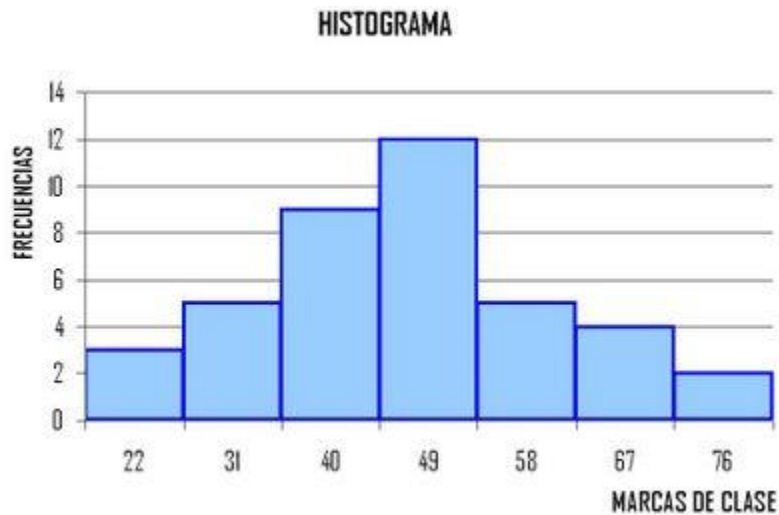


Ilustración 137 Ejemplo de un Histograma

Diagrama Causa y Efecto

Esta herramienta nos permite visualizar la relación existente entre una característica de calidad (efecto) y los factores que la afectan, esto hace que la herramienta sea eficaz para la resolución de problemas. Su objetivo principal es la de definir las causas principales de un problema que se presenta en un procesos. Las causas son determinadas pensando en el efecto que tienen sobre el resultado. Para la construcción del diagrama es común el uso de un método de los tres más usados.

- El Método de análisis de dispersión, consiste en preguntar las veces que sea necesario ¿por qué pudo suceder un evento?, Este método es utilizado para la resolución de problemas. Identifica los factores o causas mayores y las sub-causas del evento.
- Método de análisis de proceso basado en preguntar ¿Qué problemas de calidad pueden ocurrir en esta etapa?, este método es utilizado en la prevención de problemas en el proceso. Este proceso determina las etapas del proceso e identifica las posibles causas y sub-causas.
- Método de estrategia, aquí se trabajan las 5M's que son Materiales, Mano de Obra, Maquinaria y equipo, Método del proceso y Medio Ambiente y su uso es para la solución de problemas o en la realización de mejoras de un proceso. Subdivide los factores más importantes de acuerdo a las 5M e identifica sub-factores para cada una de las 5M.

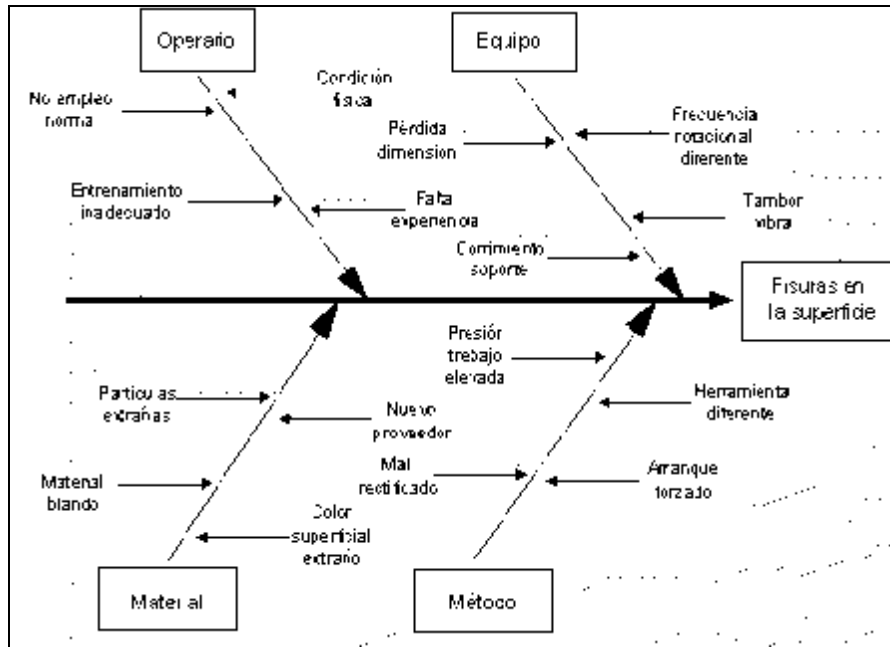


Ilustración 138 Ejemplo de un Diagrama de Causa y Efecto

Diagrama de Dispersión

Este diagrama determina la independencia o dependencia entre los factores, así como el grado de relación entre ellos. Tiene como finalidad el estudio de la posible relación entre una variable y otra, relación conocida como datos bi-variados; también sirve para probar relaciones causa-efecto y proporciona con claridad primero si la relación existe y la fuerza de esta relación. Para la construcción de este diagrama seguimos los siguientes pasos:

1. Se recolectan parejas de datos (X_i, Y_i) donde X_i y Y_i son los valores de las dos variables analizadas.
2. Se diseñan escalas apropiadas para los ejes X y Y. Se identifica el eje horizontal como la variable que se está estudiando como posible causa y en el eje vertical el posible efecto.

3. Se grafica el coeficiente de correlación, para observar si existe una relación entre las dos variables.

4.

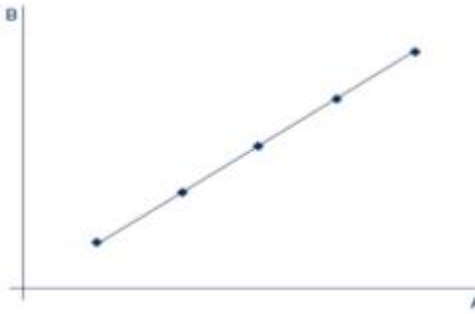


Ilustración 139 Diagramas de dispersión de correlación lineal creciente (positiva)

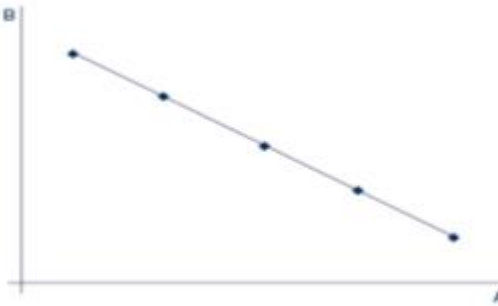


Ilustración 140 Diagramas de dispersión de correlación lineal decreciente (negativa)

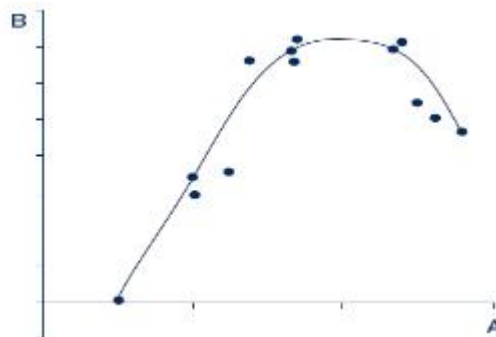


Ilustración 141 Diagrama de dispersión de correlación no lineal



Ilustración 1.42 Diagrama de dispersión de valores sin correlación

Análisis de Modo y Efecto de Falla

También conocido como AMEF o por sus siglas en inglés FMEA (Failure Mode and Effect Analysis). Este método está diseñado para identificar y entender el potencial de los modos de falla y sus causas y los efectos que estos provocan en el usuario final. El análisis se enfoca en el asesoramiento del riesgo asociado con el modo de falla identificado y esto nos ayuda a dar prioridad a las acciones correctivas.

La implementación de AMEF en el análisis de un sistema o proceso son variados, por ejemplo:

- ❖ Reducción de costos por garantías
- ❖ Incrementa la confiabilidad de los productos o servicios
- ❖ Ayuda a acortar los procesos de desarrollo
- ❖ Identifica fallas antes de que ocurran
- ❖ Documenta los conocimientos sobre los procesos
- ❖ Incrementa la satisfacción del cliente
- ❖ Mantiene El Know How de la compañía

El análisis de AMEF es de tres tipos:

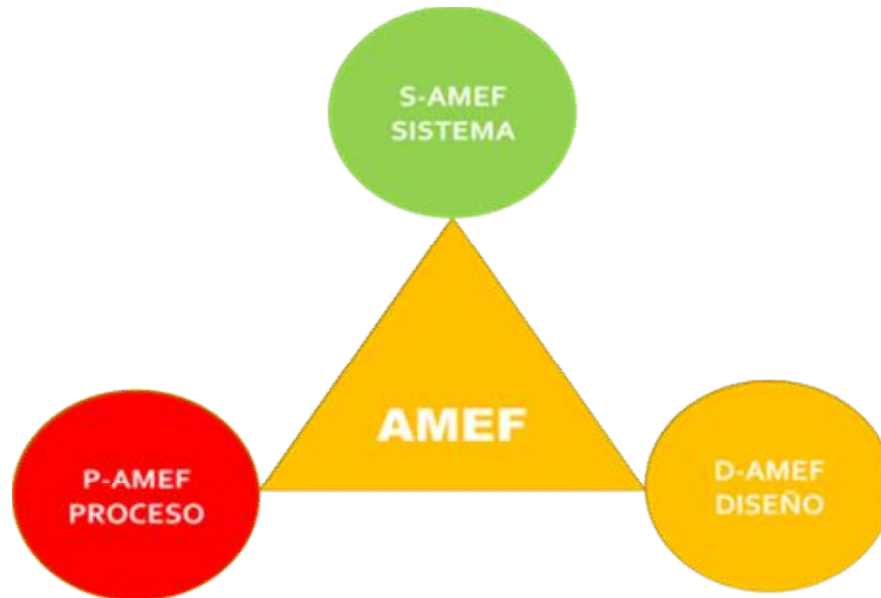


Ilustración 143 Tipos de AMEF

El AMEF de Sistema asegura la compatibilidad de los componentes de un sistema después de que las funciones del sistema se definen, y aún antes de la selección de hardware o equipos específicos.

El AMEF de Diseño analiza los componentes de diseños enfocándose en los modos de falla asociados con la funcionalidad de un componente u operación causados por el diseño y una vez que las funciones del producto son definidas. Este análisis puede llevarse a cabo antes de que el diseño sea aprobado y entregado.

El AMEF de Proceso se utiliza en los procesos de instalación, fabricación y ensamble. Se enfoca en analizar la incapacidad para producir un defecto. Asume que el producto de acuerdo al diseño cumplirá su intención final.

Los pasos para la evaluación vía AMEF son:

1. Determinar el producto o proceso a analizar
2. Determinar los posibles modos de falla
3. Elaborar la lista de los efectos de cada potencial modo de falla
4. Asignar el grado de severidad de cada efecto. Denominando severidad a la consecuencia de que la falla ocurra
5. Asignar el grado de ocurrencia de cada modo de falla. La ocurrencia es la probabilidad de que la falla ocurra
6. Asignar el grado de detección de cada modo de falla o la probabilidad de que la falla sea detectada antes de que llegue al cliente
7. Calcular el Número Prioritario de Riesgo de cada falla (NPR)

$$NPR = Severidad \times Ocurrencia \times Detección$$

8. Priorizar los modos de falla
9. Tomar acciones para eliminar o reducir el riesgo del modo de falla
10. Calcular el nuevo resultado del NPR para revisar si el riesgo ha sido eliminado o reducido

➤ Asignación del Grado de Severidad

Tabla 45 Grado de Severidad

	Efecto	Rango	Criterio
■	NO	1	Sin efecto
	MUY POCO	2	Cliente no molesto. Poco efecto en el desempeño del artículo o del 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 producto se ve afectado, pero es operable. 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	Cliente muy insatisfecho. Producto 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

➤ Asignación de valoración de ocurrencia

Tabla 46 Asignación de valor ocurrencia

	Ocurrencia	Rango	Criterio	Probabilidad de Falla
	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 5 6	Este proceso o uno similar ha tenido fallas ocasionales.	1 en 4,500 1 en 800 1 en 150
	ALTA	7 8	Este proceso o uno similar han fallado a menudo.	1 en 50 1 en 15
	MUY ALTA	9 10	La falla es casi inevitable	1 en 6 >1 en 3

➤ Valores de detección

Tabla 47 Valores de detección

	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	99.70%
	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.	Menor a 90%

➤ Cálculo del Número Prioritario de Riesgo NPR

El valor de NPR establece la jerarquización de los problemas a través de la multiplicación de grado de ocurrencia, severidad y detección. Provee la prioridad con la que debe de atacarse cada modo de falla identificando puntos críticos.

$$NPR = Ocurrencia \times Severidad \times Detección$$

Tabla 48 Prioridad NPR

Prioridad de NPR	
500 - 1000	Alto Riesgo de Falla
125 - 499	Riesgo de falla medio
1 - 124	Riesgo de falla bajo
0	No existe riesgo de falla

Teniendo todos los valores para poder asignar grado de importancia a los modos de falla, se descargan los valores en el formato que se muestra a continuación:

AMEF																
AMEF DE:		ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE LA FALLA						Gerencia:		Ingeniero:						
<input checked="" type="checkbox"/> Equipo <input type="checkbox"/> Proceso		AMEF No. 0001 FECHA DE JUNTA DE REVISIÓN: 18-06-2011						Departamento:		Fecha: 18-06-2011						
Proveedor afectado:		Descripción:		Nombre del Equipo: Turbina		Número: TBO - 0211		Departamentos involucrados:		Hoja 1 de 1						
Descripción del Equipo	Función del Equipo	Modo de Falla	Efecto de la Falla	Causa de la Falla	Situación Actual				Acciones Recomendadas	Responsable	Situación Actual					
					Acciones Actuales	*	+	+			NPR	Acciones Adoptadas	*	+	+	NPR
Turbina de 60 Kh/m ²	Enviar Potencia de 50w a 25,000 rpm.	Fallo en el rodamiento	Ruidos excesivos.	Desgaste.	Cambio de rodamiento.	4	3	6	72	Revisión periódica cada 3 meses.	Mecanico	Se implemento lo recomendado .	2	2	9	36
		Fallo en los rodetes.	Vibración excesiva.	Rodetes desalineados.	Alineación.	3	2	4	24	Verificación cada 2 meses.	Mecanico	Se implemento lo recomendado .	2	2	3	12
		Fallo en los anillos.	Fuga de fluido.	Mal Montaje.	Cambio de anillo.	7	7	6	294	Reemplazo cada 2 meses.	Mecanico	Se implemento lo recomendado .	5	3	4	60
		Valvulas de regulación averiadas.	Bajo flujo de caudal.	valvulas obstruidas.	Revisión de valvulas.	7	4	5	140	Cambio de valvulas.	Mecanico	Se implemento lo recomendado .	6	2	4	48
		Fallo en el sistema de lubricación.	Recalentamiento de la turbina.	Falta de lubricación.	Lubricación.	5	3	3	45	Revisión periódica cada mes.	Mecanico	Se implemento lo recomendado .	3	3	2	18
		Rotura en la bancada.	Perdida de estabilidad para sostener componentes de la turbina.	Sobre carga.	Reparación de la estructura de la bancada.	7	3	5	105	Trabajar bajo los estandares de optimo funcionamiento.	Mecanico	Se implemento lo recomendado .	3	3	2	18

Ilustración 144 Ejemplo de un Análisis de modo y Efecto de Falla

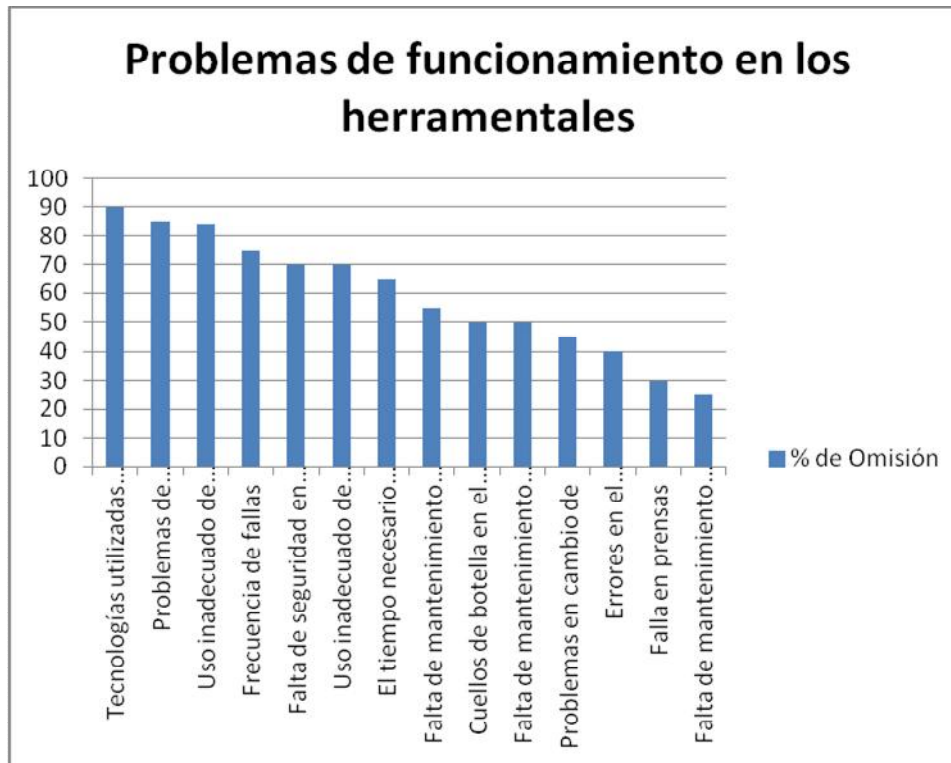
Ahora en base al análisis realizado se tiene la siguiente tabla que enumera los diferentes problemas que las empresas tienen en el funcionamiento de los herramientas.

Tabla 49 Problemáticas en el funcionamiento de herramientas

Tipo de problema	Problema	Indicadores
Funcionamiento	Cuellos de botella en el funcionamiento de los equipos	Atraso de entrega de producto
Funcionamiento	El tiempo necesario para reparar las fallas	Registro de mantenimiento correctivo
Funcionamiento	Errores en el funcionamiento de estampado de una pieza	Auditoria de producción
Funcionamiento	Falla en prensas	Lista de historial de operación de equipos, Auditoria de mantenimiento de equipos,
Funcionamiento	Falta de mantenimiento a troqueles	Lista de historial de operación de equipos, Auditoria de mantenimiento de equipos, Lista de partes de refacción críticas de equipo
Funcionamiento	Falta de seguridad en máquinas	Ayudas visuales, Señalización, Delimitación de áreas de operación
Funcionamiento	Frecuencia de fallas	Pareto de Fallas
Funcionamiento	Falta de mantenimiento predictivo	Registro de mantenimiento predictivo
Funcionamiento	Falta de mantenimiento preventivo	Registro de mantenimiento preventivo
Funcionamiento	Problemas de funcionamiento de automatización	Automatización
Funcionamiento	Problemas en cambio de herramienta	Check list de SMED

Funcionamiento	Tecnologías utilizadas para el monitoreo predictivo	Registro de mantenimiento
Funcionamiento	Uso inadecuado de herramientas de simulación de elementos discretos (procesos)	Layout, Diagrama de flujo, Hoja de tiempos y movimientos, Diagrama espaguete
Funcionamiento	Uso inadecuado de herramientas de simulación de elementos finitos (CAE)	Reporte dimensional de troquel, Hoja de inspección de troquel, Reporte de análisis de materiales, Reporte de análisis de elemento finito

Con estas premisas validamos el estado de las empresas en base a este tipo de problemas



Gráfica 27 Problemas de funcionamiento en los herramientas

3.3 FORMULACIONES CON EL MÉTODO MATEMÁTICO DE LOS PARÁMETROS DEL DISEÑO Y FABRICACIÓN DE HERRAMENTALES

La estadística juega un rol importante en el diseño y fabricación de herramientas y no solamente en este tipo de componentes, sino también en el diseño mecánico en general. El uso de modelos matemáticos ha ayudado a hacer del proceso de diseño -desde el diseño conceptual hasta el diseño de definición- una tarea menos tediosa y con mayor índice de asertividad; logrado gracias a la influencia de herramientas estadísticas como el diseño de experimentos que permite evaluar los rumbos que debe tomar el diseño hasta procesos de simulación que toman datos de esas evaluaciones estadísticas para poder visualizar la forma en que se trabajarán los herramientas antes de construirlos.

Uno de los métodos matemáticos más común utilizados en la fase de diseño es la estadística inferencial, que es una parte de la estadística que comprende los métodos y procedimientos que por medio de la inducción determinan propiedades de una población estadística, a partir de una pequeña parte de la misma. La estadística inferencial comprende algunos aspectos importantes que son:

- ✚ La toma de muestras o muestreo
- ✚ La estimación de parámetros o variables estadísticas
- ✚ En contraste de hipótesis
- ✚ El diseño experimental
- ✚ La inferencia bayesiana
- ✚ Los métodos no paramétricos

Un problema de inferencia estadística suele iniciarse con la fijación de objetivos, en este tipo de planteamientos se definen con precisión la población, la característica a estudiar, las variables, etc. Los pasos que sigue la inferencia estadística son:

- Elaboración de un modelo.
- Extracción de la muestra. Se utilizan técnicas de muestreo o un diseño experimental para obtener información de una pequeña parte de la población.
- Tratamiento de datos. En esta fase se eliminan posibles errores, se depura la muestra, se tabulan los datos y se calculan los valores que serán necesarios en pasos posteriores, como la media muestral, la varianza muestral. Los métodos de esta etapa están definidos por la estadística descriptiva.
- Estimación de parámetros. Aquí se usan los llamados contrastes de hipótesis que son técnicas que permiten simplificar el modelo matemático bajo análisis. Frecuentemente el contraste de hipótesis recurre al uso de estadísticos muestrales.

Al finalizar se hace una crítica o evaluación del modelo bajo un balance y las conclusiones obtenidas sirven para tomar decisiones o hacer predicciones. El estudio puede comenzar de nuevo a partir de este momento, en un proceso cíclico que permite conocer cada vez mejorar la población y características de estudio.

Como podemos ver la definición de parámetros es una de las etapas de la inferencia estadística, el contraste de hipótesis. Estadísticamente hablando es un procedimiento para juzgar si una propiedad que se supone en una población estadística es compatible con lo observado en una muestra de dicha población.

Mediante esta teoría, se aborda el problema estadístico considerando una hipótesis determinada H_0 y una hipótesis alternativa H_1 , y se intenta dirimir cuál de las dos es la hipótesis verdadera, tras aplicar el problema estadístico a un cierto número de experimentos.

Está fuertemente asociada a los considerados errores de tipo I y II en estadística, que definen respectivamente, la posibilidad de tomar un suceso falso como verdadero, o uno verdadero como falso.

Existen diversos métodos para desarrollar dicho test, minimizando los errores de tipo I y II, y hallando por tanto con una determinada potencia, la hipótesis con mayor probabilidad de ser correcta. Los tipos más importantes son los test centrados, de hipótesis y alternativa simple, aleatorios, etc.

El contraste de hipótesis puede ser entendido como un método de toma de decisiones, es decir, un procedimiento que nos permite decidir si una proposición acerca de una población puede ser mantenida o rechazada.

Primero se formula una hipótesis científica, es decir, una afirmación verificable. Necesitamos transformar la hipótesis científica (la cual se refiere a algún aspecto de la realidad), en hipótesis estadística (la cual se refiere a algún aspecto de la distribución de probabilidad).

El segundo paso del proceso de verificación consiste en buscar evidencia empírica relevante capaz de informar sobre si la hipótesis establecida es o no sostenible. Es decir, una hipótesis será compatible con los datos empíricos cuando a partir de ella sea posible deducir o predecir un resultado muestral (un estadístico) con cierta precisión.

Se plantea una cuestión clave que es la de determinar cuando la discrepancia encontrada es lo bastante grande como para considerar que el resultado muestral observado es incompatible con la hipótesis formulada y, en consecuencia, para pensar que esa discrepancia encontrada no es explicable por fluctuaciones debidas al azar sino por el hecho de que la hipótesis planteada es incorrecta.

El tercer paso es determinar una regla de decisión y esta regla debe establecerse en términos de probabilidad, ya que se trabaja con muestras).

Por medio de las herramientas estadísticas mencionadas en este apartado, se han hecho reglas de decisiones aplicadas en tecnologías que nos facilitan la vida y más la vida de un producto desde su fase de diseño.

Las empresas en la actualidad se ven acosadas por presiones de competitividad en los mercados internacionales como:

- Hacerlo bien a la primera
- Producir con alta calidad (mínimos rechazos)
- Reaccionar rápido a los cambios de mercado
- Reducción de costos (aumento de utilidad)
- Eliminar desde el diseño posibles problemas de calidad (Diseño para 6 sigma)
- Diseño para manufactura
- Ingenieros y mano de obra experta en edad de retirarse
- Ingenieros novatos no tienen suficiente experiencia o entrenamiento en tecnología de manufactura
- Los competidores cuentan con tecnología avanzada de manufactura. Tanto para el diseño como para la fabricación de componentes.

Es decir, se tienen que mejorar los procesos y productos de una manera acelerada, de tal forma que estos deben de ser más baratos y con mejores propiedades que aquellos producidos por los competidores. La competitividad basada en mano de obra barata ha ido en descenso. El nuevo ambiente industrial demanda que las empresas manufactureras también agreguen contenido y valor técnico a sus productos y procesos.

Los fabricantes de equipo original con mayor frecuencia licitan proyectos en los que se indican las especificaciones que debe de cumplir un sub-ensamble y la empresa manufacturera es responsable del desarrollo del producto y del proceso. Los altos costos de desarrollo de productos y procesos de manufactura de la manera convencional, esto es, a prueba y error, hacen prohibitivo para las empresas manufactureras competir exitosamente en el desarrollo de productos.

Por lo tanto, es necesario adoptar tecnologías que nos permitan mejorar nuestros procesos y productos al mismo o mayor ritmo con el que lo demanda nuestro cliente o nuestro competidor, pero a menores costos.

Modelar para mejorar

Para poder mejorar un producto es necesario modificar sus atributos de manera que sean más deseables por nuestro cliente. Al inicio del proceso de mejora es necesario visualizar al objeto o proceso por cuál se produce como un sistema. Dentro de este sistema debemos de entender cuáles son las variables de proceso relevantes para mejorar los atributos o propiedades deseables de nuestro producto. Una vez que se entienden estas relaciones es posible desarrollar un modelo que nos permite la “experimentación virtual” con las variables del proceso. De tal forma que una vez que se decide realizar una corrida piloto hay un gran

porcentaje de certidumbre de que el proceso va a funcionar y que se van a lograr los beneficios esperados.

Un requisito indispensable para una modelación efectiva es la validación de dichos modelos a través de mediciones en el campo de las variables cuantificables. La medición tiene el objetivo de adquirir suficiente información para desarrollar un modelo confiable. Posteriormente se llega al entendimiento del desempeño del proceso con respecto a las variables y atributos del producto. El mismo modelo combinado con el entendimiento de nuestro proceso nos puede ayudar a establecer los límites aceptables que puede alcanzar una variable para un cierto proceso, de tal manera que se pueda controlar el proceso para producir únicamente partes con la calidad requerida.



Ilustración 145 Variables de proceso y tecnologías de apoyo para procesos de manufactura que utilizan datos, troqueles y moldes

Modelación de procesos

En la modelación de procesos la interacción de las variables y propiedades del material de la pieza de trabajo y del herramental es traducida al lenguaje matemático como una serie de ecuaciones. Debido al número de ecuaciones y su complejidad éstas se resuelven con la ayuda de un programa computacional.

Los objetivos principales para la simulación numérica de los procesos tales son:

- a) Mejorar la calidad y complejidad de la parte mientras se reducen los costos de manufactura a través de:
 - Predecir y controlar la microestructura y las propiedades de la parte fabricada.
 - Reducir el número de operaciones requeridas, pruebas piloto y tiempos de entrega.
 - Reducir el rechazo y mejorar la utilización de material.

- b) Desarrollar un diseño adecuado de la matriz y establecer los parámetros del proceso para:
 - Predecir el flujo de material y las dimensiones finales de la parte fabricada.
 - Asegurar el llenado de la matriz y prevenir defectos inducidos por el flujo, como pliegues y rechupes (en forja y fundición), arrugas y adelgazamiento excesivos (en conformado de chapas), y porosidad (en fundición).
 - Predecir las temperaturas de tal manera que se puedan controlar las propiedades de la parte.
 - Predecir y controlar la vida y falla del herramental.

La actividad de diseño representa sólo una pequeña porción, 5 a 15 por ciento de los costos totales de producción. Sin embargo, las decisiones tomadas en la etapa de diseño determinan los costos totales de manufactura, mantenimiento y soporte asociados con un producto específico.

Simulación de procesos de conformado

Para la aplicación confiable de la modelación de procesos al menor costo es necesario considerar el efecto de las propiedades de material, la representación geométrica, el tiempo de cálculo y la capacidad de malleo y remalleo del programa de simulación.

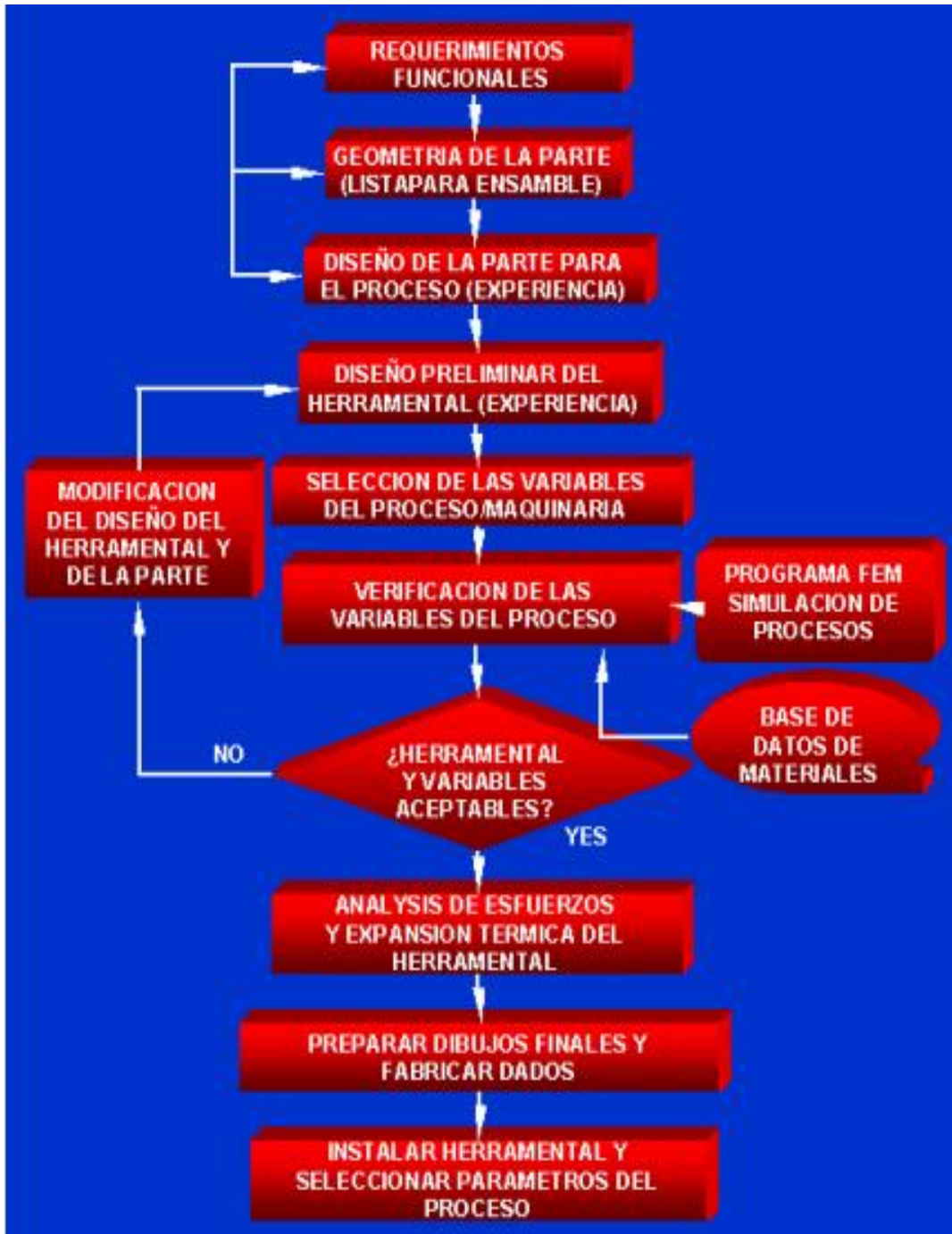


Ilustración 146 Diseño del producto y el proceso para manufactura

Geometría

En general es necesario eliminar todas las características geométricas menores, como pequeños radios de filete en los herramientas, que no tienen un efecto significativo en el flujo del material. En casos como en el microformado, hidroformado de tubos, o embutido profundo los efectos de tamaño deben de tomarse en cuenta en la simulación.

Generación de malla y remalleo

Para poder simular los procesos es necesario discretizar los objetos en unidades regulares, llamados elementos. En el caso de modelos bidimensionales se utilizan elementos cuadriláteros o triangulares. En el caso de problemas tridimensionales se utilizan elementos tetraedros o primas rectangulares. El conjunto de elementos recibe el nombre genérico de malla. La densidad de la malla, el tamaño de los elementos, debe de conformarse con las características geométricas de la pieza de trabajo y los gradientes de las variables de proceso para cada paso del proceso de manufactura.

En los procesos de conformado la pieza de trabajo sufre una deformación plástica muy grande. En la simulación de tales procesos la distorsión de la malla de la pieza de trabajo es severa. De modo que es necesario generar una malla nueva e interpolar los datos de la malla vieja a la malla nueva para obtener resultados exactos.

Propiedades de la pieza de trabajo y de los herramientas

Para predecir exactamente el flujo del material, las fuerzas de conformado o las presiones de llenado es necesario usar datos de entrada confiables. La curva de flujo se obtiene generalmente de una prueba de compresión para el conformado masivo y de una prueba de embutido hidrostático para la conformación de chapas. En el caso de fundición se deben de obtener las propiedades reológicas y de solidificación del metal fundido.

En la mayoría de las simulaciones los herramientas se consideran rígidos. Sin embargo, en algunos procesos de forja de precisión y conformado de lámina la deformación del herramental puede influenciar tanto las condiciones de carga térmica como mecánica y la distribución de presiones de contacto en la interface herramental-pieza de trabajo. Por lo tanto, las deformaciones elásticas de las matrices deben considerarse.

Condiciones de la interface (Fricción y transferencia de calor)

Las condiciones de fricción y transferencia de calor en la interface entre la matriz y la pieza metálica tienen un marcado efecto en el flujo del metal, las cargas requeridas para producir la parte y la solidificación en su caso. En la simulación de conformado masivo, como en la forja, debido a las altas presiones de contacto en la interface el factor de fricción a corte constante da mejores resultados que el coeficiente de fricción de Coulomb. Este último es usado para operaciones de conformado de lámina. El coeficiente de transferencia de calor tiene una influencia significativa en el comportamiento de solidificación para los procesos de fundición.

El uso eficiente de la simulación de procesos no sólo requiere de un programa de elementos finitos confiable sino también de:

- i) Programas de:
 - a) Pre-proceso interactivo para dar al usuario control sobre los datos de entrada,
 - b) Remalleo automático para permitir que la simulación continúe cuando la distorsión de la malla sea excesiva,
 - c) Post-proceso interactivo para análisis más avanzado de los datos como el rastreo de puntos y el cálculo de las líneas de flujo.

ii) Datos de entrada apropiados que describan:

- a) Propiedades térmicas y físicas de los materiales del herramental y de la barra,
- b) Coeficientes de transferencia de calor y fricción en la interface herramental-pieza de trabajo,
- c) Curva de flujo del material para deformaciones unitarias típicas de operaciones de conformado.

iii) Las capacidades de análisis deben de poder realizar:

- a) La simulación de procesos con herramientas rígidas para reducir el tiempo de cálculo.
- b) Usar las distribuciones de presión de contacto y temperatura para realizar el análisis de esfuerzos elástico -plástico de los herramientas.

El tiempo requerido para correr una simulación varía dependiendo de la computadora que se usa, de la cantidad de memoria del software utilizado y de la carga de trabajo que tenga tal computadora.

Sin embargo, con las computadoras de hoy en día es posible correr simulaciones en 2D en cuestión de minutos, mientras que las simulaciones en 3D pueden tomar de varias horas a varios días o semanas.

Aplicaciones de conformado masivo

Diseño de Secuencias de Conformado

Para establecer las secuencias de forja se emplea un procedimiento basado en el conocimiento del proceso. En las etapas del diseño detallado es necesario predecir las fuerzas de forjado, las presiones sobre los herramientales y el flujo del material para asegurar que no habrá problemas con el proceso.

Por ejemplo, la forja de un disco a partir de la aleación de aluminio semisólida A356 fue simulada como se muestra en la Figura.

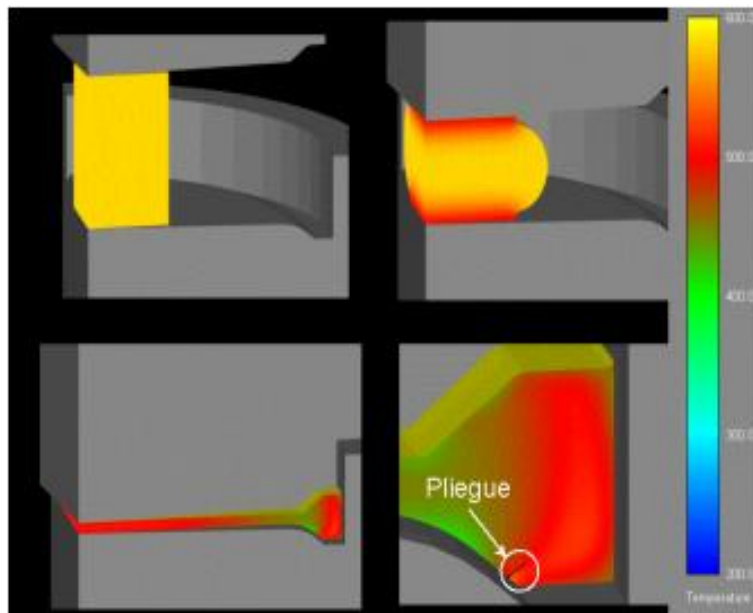


Ilustración 147 Secuencia de forja semi-sólida para disco de A356, predicción de defectos de pliegue

Las características de deformación estimadas están de acuerdo con la evidencia experimental. En particular las fuerzas de formado y los defectos de pliegue fueron predichos con suficiente precisión.

Predicción de la Fractura de Piezas Forjadas en Frío

En un estudio reciente el concepto de valor crítico de daño fue introducido para evaluar varios criterios de fractura dúctil con el programa DEFORM™-2D. Los experimentos y las simulaciones numéricas demostraron que se podían predecir fracturas dúctiles con suficiente exactitud. La siguiente figura muestra una secuencia de deformación en un proceso de extrusión de tres pasos. Puede observarse que fracturas centrales se forman en el tercer paso debido a la acumulación de daño. Este programa se usa para predecir la fractura y corregir los procesos y eliminar la probabilidad de fractura de componentes forjados en frío.

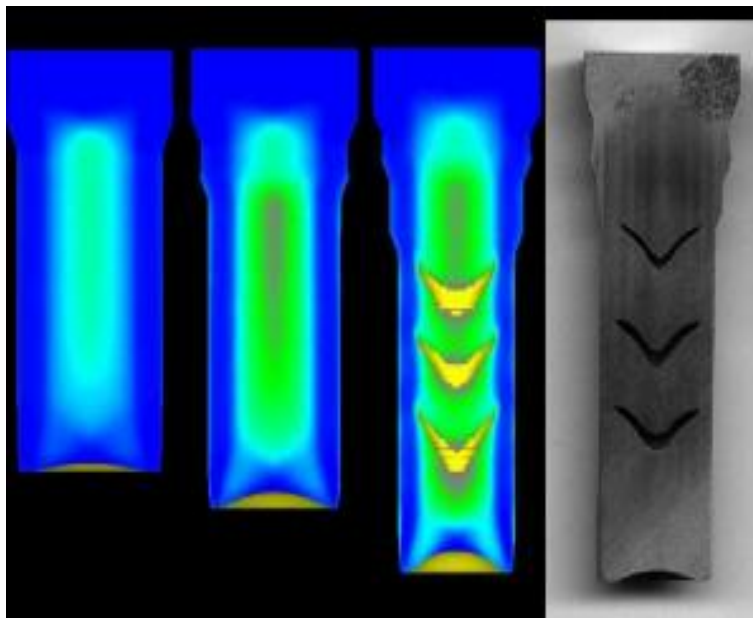


Ilustración 148 Predicción de formación de defectos internos en extrusión en frío de múltiples pasos

Mejora de Vida del Herramental

En la mayoría de las aplicaciones de forja es recomendable hacer un análisis de esfuerzos del herramental después de la simulación del proceso. La capacidad de la modelación del proceso para predecir la distribución de presión en la interface herramental-pieza de trabajo fue usada para mejorar la vida de servicio de una herramienta. La geometría de un punzón para forja en frío mostrado sometido a esfuerzos muy grandes.

Al variar la geometría del punzón sin cambiar las dimensiones críticas de la parte a producir fue posible reducir los esfuerzos pico y distribuirlos más uniformemente. Como resultado la vida del punzón aumentó de 7,000 partes a 42,000 partes, es decir 600%



Ilustración 149 Punzón para forja en frío con fractura por fatiga

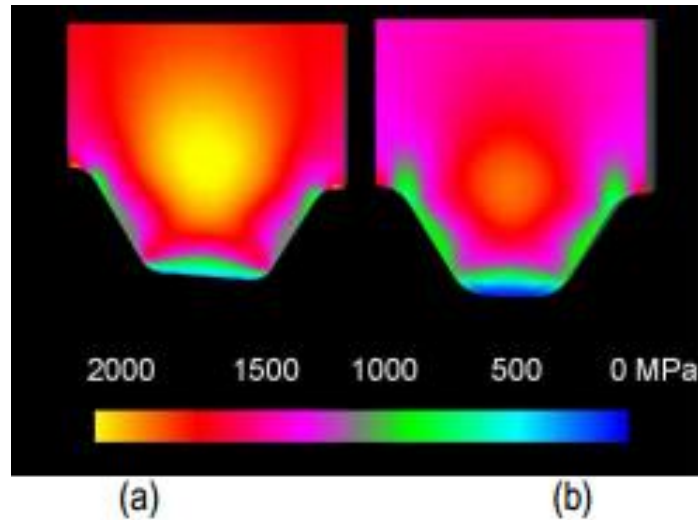


Ilustración 150 Distribución de Esfuerzos a) el punzón original y b) punzón modificado para mejorar la vida de la herramienta (Esfuerzo en MPa)

Conformado de lámina

En el diseño de procesos de conformado de lámina y de sus respectivos troqueles se usan los mismos pasos que en el conformado masivo. Sin embargo, en el conformado de lámina a menudo es necesario conducir la validación del proceso mediante el análisis de “un paso” (One Step). Esto se hace antes del diseño del proceso y del troquel. Este paso le permite al diseñador de herramientas estimar la facilidad de conformado del diseño y hacer los cambios necesarios. La simulación de procesos de estampado es ampliamente aceptada por la industria automotriz y sus proveedores.

Todos estos análisis y simulaciones tienen la finalidad de definir los parámetros necesarios para el diseño y fabricación de herramientas. A continuación se listan los parámetros primordiales para diseñar los herramientas:

Información técnica

- ❖ Especificaciones del plano de fabricación
- ❖ Material a troquelar

- ❖ Forma y dimensiones de la pieza a obtener
- ❖ Tolerancias de forma y posición
- ❖ Acabado superficial
- ❖ Características funcionales del troquel
- ❖ Tipo de producción
- ❖ Vida útil esperada
- ❖ Máquina de troquelado prevista
- ❖ Especificaciones de pedido del troquel
- ❖ Formas que plantean dificultades para el contenido

Determinación de la configuración del herramental:

- ❖ Selección de materiales
- ❖ Resistencia
- ❖ Acabados
- ❖ Costes
- ❖ Mantenimiento
- ❖ Calidad
- ❖ Prevención de riesgos laborales y protección ambiental
- ❖ Tratamientos superficiales
- ❖ Tratamientos térmicos
- ❖ Características y limitaciones de los procesos y medios empleados en su fabricación y utilización posterior
- ❖ Especificaciones de homologación
- ❖ Optimización de conjuntos

Dimensionamiento de componentes y sistemas del herramental

- Análisis de esfuerzo o carga
- Fenómeno que provoca el esfuerzo o carga
- Cálculo de torsión, flexión, cizalladura, compresión, rotura, fluencia, entre otros.
- Coeficientes de seguridad (ciclos de vida, fatiga)
- Forma y dimensión de los elementos de troqueles (estructuras, elementos de unión, entre otros)
- Elementos normalizados (tornillos, pasadores, chavetas, guías , entre otros)

Diseño con tecnologías informáticas (CAD – Computer Aided Design) del modelo virtual y los planos para la fabricación de herramientas y sus componentes

- Planos
- Normas de representación (formatos de planos, líneas de dibujo, acotación, tolerancias, vistas, secciones, entre otros)
- Ajustes y tolerancias
- Formas constructivas estandarizadas (entallas, estriados, tornillos, etc.)
- Accesibilidad
- Herramientas normalizadas
- Facilidad de montaje
- Automatización
- Traslado y manipulación
- Elementos de sujeción
- Protecciones para el transporte
- Mantenimiento y montaje
- Optimización
- Ensayos realizados para el diseño

Verificación del desarrollo del proyecto

- Verificación
- Calidad del producto
- Normativa y reglamentación específicas
- Funcionalidad
- Seguridad
- Costes
- Manufacturabilidad
- Planos de conjunto y despiece
- Manual de uso y de mantenimiento
- AMEF de diseño
- Especificaciones técnicas
- Pautas de control
- Acotado de planos
- Pautas de mecanizado

3.4 FORMULACIONES CON EL MÉTODO MATEMÁTICO LOS PARÁMETROS DEL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO.

Los sistemas de manufactura son siempre operados bajo presión, a altas temperaturas, con flujo de material rápido y mecanismos complejos. Las fallas progresivas pueden ser causadas por deterioro provocado por el entorno operativo o el envejecimiento de las piezas causado por propiedades estocásticas. Los modelos matemáticos se utilizan para monitorear los estados ambientales de los sistemas y comparan información de entrada y salida de los equipos y ajustes previos para detectar fallas. La experimentación realizada en el entorno de un proceso de una planta verifica la eficacia de los métodos de mantenimiento de los equipos.

La probabilidad de que un bien funcione adecuadamente durante un periodo determinado bajo condiciones operativas específicas se le llama fiabilidad o confiabilidad de los equipos.

$$F(t) = P(T \leq t)$$

T = Vida del componente (variable aleatoria)

F(t) = Función de distribución acumulada

f(t): Función de densidad de probabilidades

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt}$$

R(t): Función de fiabilidad o de supervivencia

$$R(t) = P(T > t) = 1 - F(t)$$

Función Tasa de fallos, función de riesgo, tasa instantánea de fallos

$$P\{t < T \leq t+s | T > t\} = \frac{P\{t < T \leq t+s\}}{P\{T > t\}} = \frac{F(t+s) - F(t)}{R(t)}$$

$$\lambda(t) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{1}{s} \frac{F(t+s) - F(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{R(t)}$$

Las fórmulas definen la probabilidad de falla de un componente en un tiempo infinitamente pequeño cuando en el instante "t" anterior estaba operando (para valores suficientemente pequeños de t).

Evolución de la tasa de fallos

ETAPAS VIDA HERRAMENTAL

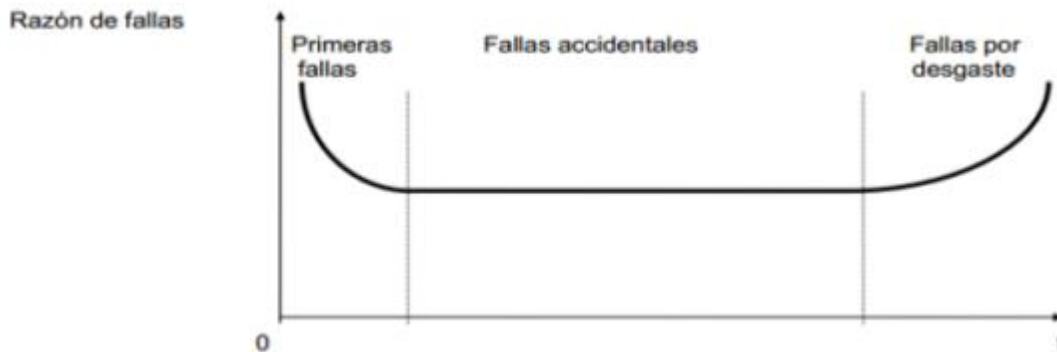
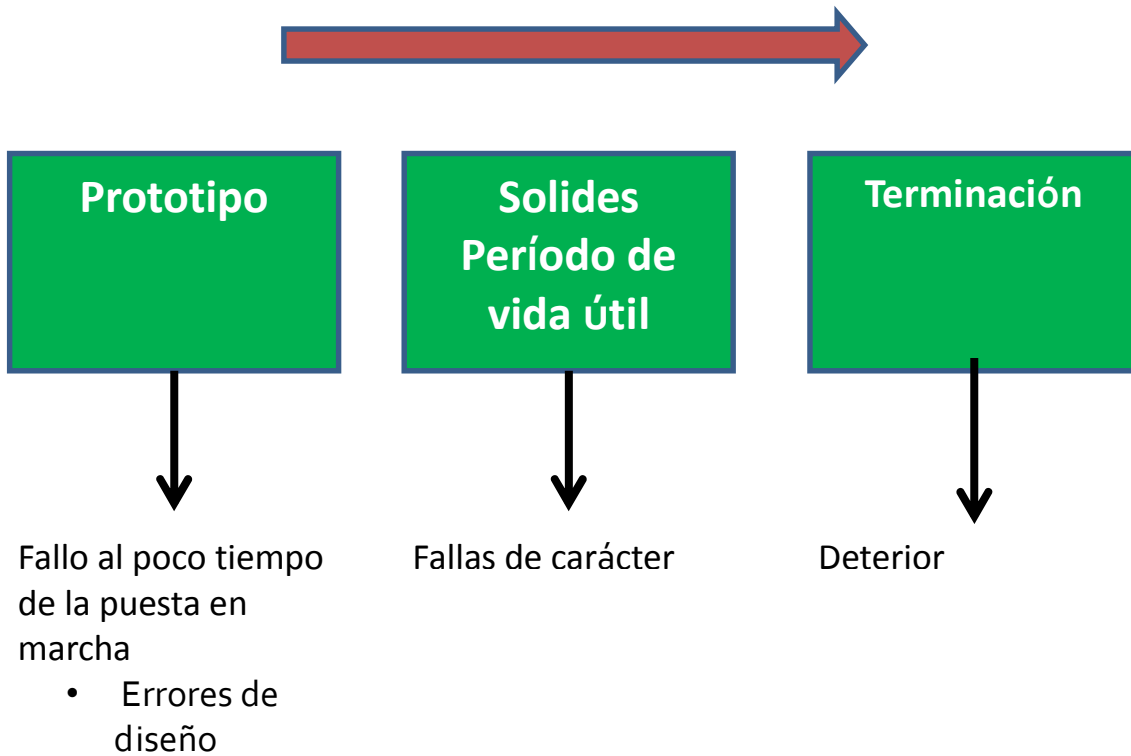


Ilustración 151 Curva típica de la tasa de fallas de un equipo

La curva está dividida en tres partes. La primera se caracteriza por una razón de fallas decreciente y representa el período durante el cual los componentes de mala calidad son eliminados. La segunda parte, que a menudo se caracteriza por una razón de fallas constante,

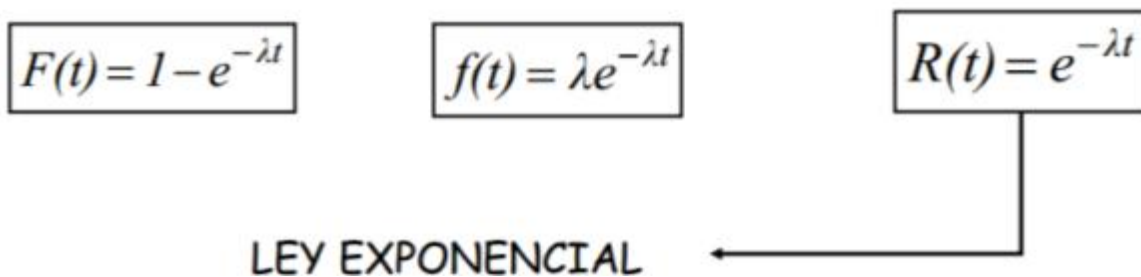
se considera el período de vida útil en que sólo ocurren fallas accidentales. La tercera parte se caracteriza por un incremento en la razón de fallas, y es el período durante el cual las fallas se deben principalmente al desgaste.

Modelos matemáticos de distribución de probabilidad de fallas.

Tasa de fallas constantes

$$\lambda(t) = \lambda$$

- La probabilidad de que una unidad falle es independiente de cuánto tiempo haya estado funcionando.
- La unidad no presenta síntomas de envejecimiento.



Tasa de fallas crecientes o decrecientes

$$\lambda(t) = \alpha\beta t^{\beta-1} \text{ siendo } \alpha \text{ y } \beta > 0$$

Cuando $\beta > 1$, $f(t)$ es creciente

Cuando $0 < \beta < 1$, $f(t)$ es decreciente

Modelo exponencial de confiabilidad.

Si se hace la suposición exponencial acerca de la distribución de tiempos de falla, la relación para medir la confiabilidad de un sistema o componente en función de su tiempo de servicio t , será:

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t f(x) dx$$

Obteniéndose:

$$R(t) = 1 - \int_0^t \alpha e^{-\alpha x} dx = e^{-\alpha t}$$

Para la función de confiabilidad del modelo exponencial. Por lo tanto, si un componente tiene una razón de falla de 0.05 por mil horas, la probabilidad de que dure al menos 10,000 horas es de $e^{-(0.05)10} = 0.607$.

Modelo de Weibull en pruebas de vida

Si bien la prueba de vida de los componentes durante el período de vida útil se basa casi siempre en el modelo exponencial, sucede también que la razón de falla de un componente no siempre es constante a lo largo del periodo que se está investigando. En algunos casos, el período de falla inicial puede ser tan largo que el uso de la mayor parte de los componentes se hace en él, en tanto que en otros el propósito principal de la prueba de vida puede ser determinar el tiempo de falla por desgaste y no el tiempo de falla eventual. En tales situaciones,

el modelo exponencial en general no se aplica y es necesario reemplazar la razón de fallas constante por una suposición más general.

Variación estadística y análisis de la tolerancia, usando simulación de Monte Carlo

La confiabilidad de un diseño de ingeniería es una función de varios parámetros de diseño y variables aleatorias. La eficiencia del diseño puede ser expresada como una función de estas variables de diseño y de los parámetros. El modelo para simular el comportamiento del sistema debe ser lo suficientemente acertado para obtener resultados confiables sobre el rango de operación.

Se asume que la eficiencia de un sistema Y es una función de n variables aleatorias y 70 parámetros X_1, X_2, \dots, X_n , por ejemplo:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

Se desea determinar las propiedades de la variable aleatoria Y . Si se conoce la función densidad de probabilidad de las variables aleatorias, se podría encontrar la función densidad de probabilidad de la variable aleatoria Y , la cual puede ser complicada. En muchas situaciones de diseño, solamente los momentos de primer orden de las variables aleatorias X_1, X_2, \dots, X_n , son conocidos, y es necesario encontrar los correspondientes momentos de la variable aleatoria Y .

En el método de *Monte Carlo*, un gran número de réplicas del sistema es simulado por modelos matemáticos. Los valores de las variables y de los parámetros son aleatoriamente seleccionados basándose en su distribución de probabilidades. La eficiencia del sistema completo puede ser

comparada con un conjunto dado de especificaciones. El alto número de valores que se obtienen de la ejecución del sistema son usados para desarrollar una distribución de frecuencias del comportamiento del sistema.

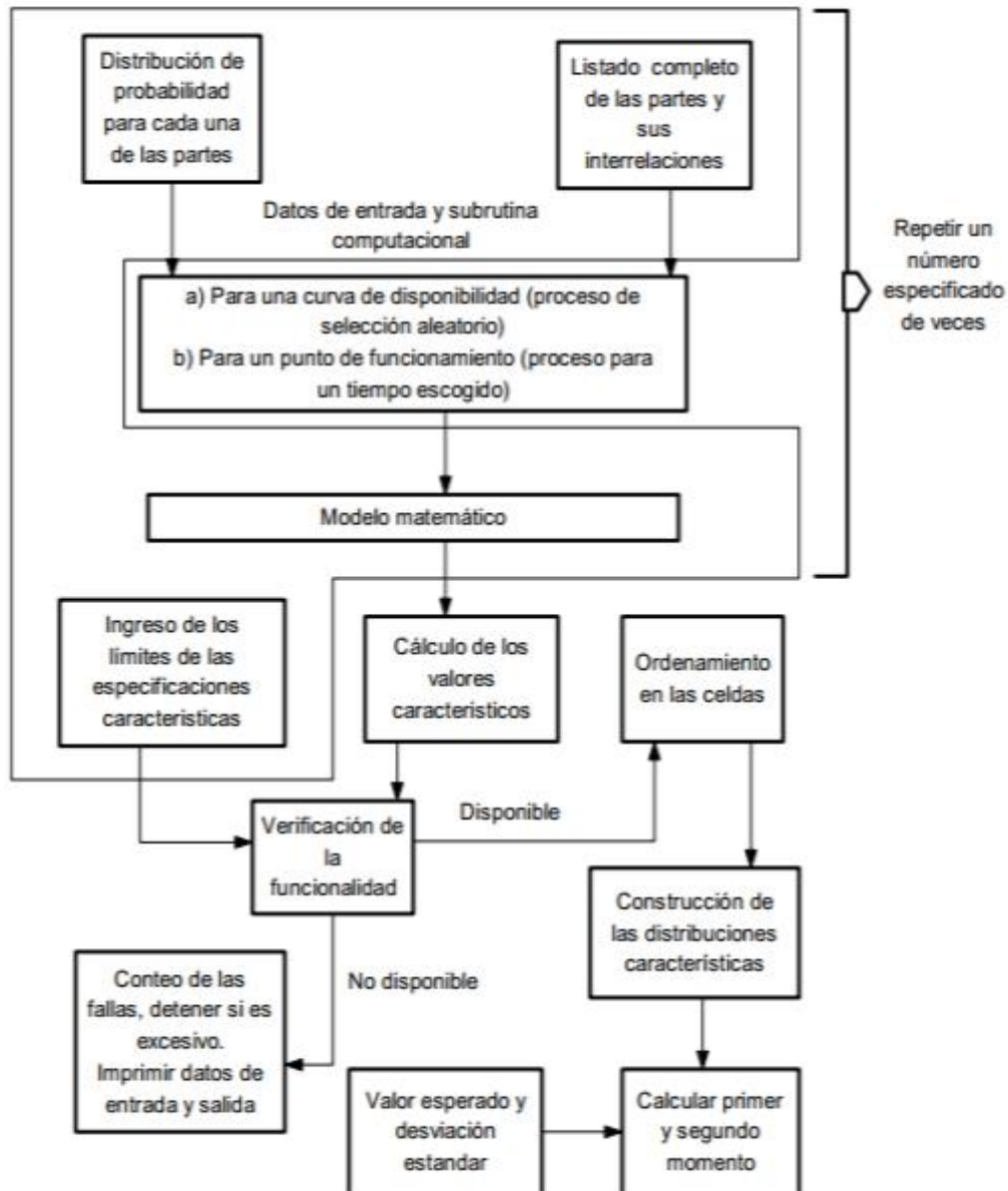


Ilustración 152 Diagrama de pasos para obtener estados de confiabilidad

Los métodos matemáticos anteriormente descritos nos ayudan a definir los parámetros básicos para tener en buen funcionamiento en los equipos involucrados en el proceso de estampado de chapa de lámina.

De estos métodos se desprenden técnicas de monitoreo que ayudan en la definición de los parámetros. Estas técnicas son de aplicación general y son:

- Control de Lubricantes
- Control de Temperatura
- Monitorización de vibraciones y ruidos

Control de lubricantes

Es la recolección de los residuos atrapados en filtros o colectores magnéticos. Cuando la recolección de partículas se hace por filtros es necesario extraer dichos filtros y analizar los residuos para saber de qué tipo son y su naturaleza. Cuando la recolección se realiza por medio de colectores magnéticos estos elementos son componentes ferrosos. Este tipo de recolección es para partículas grandes.

Cuando se trata de partículas más pequeñas se realiza un análisis con espectrómetro, que es una medida de concentración de partículas y se puede calcular la velocidad de formación de dichas partículas.

También para partículas pequeñas se realizan análisis ferrográficos, que es una decantación de partículas magnéticas distribuidas en función de su tamaño. Se analizan las partículas por concentración, tamaño, distribución y forma.

Un cambio en la cantidad de residuos implica cambios en la condición de la maquinaria, esto quiere decir que cuando el porcentaje de residuos dentro del aceite, el tamaño de los residuos y la forma de los mismos así como la composición del mismo aceite se comporta constante entonces la máquina tiene una vida normal.

Mediante el control de lubricantes se pueden detectar anomalías en la máquina:

- Si las partículas son planas entonces se consideran que son partículas normales, y la máquina está trabajando en condiciones óptimas.
- Sí las partículas tienen forma de espiral se debe a que hay problemas de abrasión en la máquina o son desprendidas por corte. En el entendido de que existe probable contacto entre elementos de la máquina que están ocasionando ese desprendimiento.
- Sí las partículas son angulares, más largas, entonces se define que se está ocasionando fatiga en los elementos de la máquina.

Control de temperatura

Este tipo de control tiene el objetivo de verificar manualmente la temperatura de un proceso, detectar cualquier incremento de generación de calor, producido por mal funcionamiento de algún componente y detectar cambios en la transmisión de calor de la máquina al exterior de la misma.

1. Sensores de contacto: Basados en dilatación o expansión de líquidos
 - Muy grandes, inadecuados para medidas superficiales
 - Precisos pero frágiles
 - Para medidas a distancia

2. Sensores bimetálicos de expansión

- Para temperaturas elevadas y se pueden fabricar compactos
- Son menos precisos que los anteriores

3. Termopares

- Son los sensores más pequeños y los más adaptables
- Generalmente de cobre, cromo aluminio y los más exactos de oro
- Gradientes de temperatura elevados y superficiales

4. Termo resistencias: Elementos que cambian su resistencia con la temperatura

Mediante el control de temperatura también se detectan averías tales como daños en rodamientos, fallos de refrigeración, generación incorrecta de calor en una máquina de combustión interna o una caldera, depósito o acumulación de material en lugares inadecuados, daños en el aislamiento, fallos en componentes eléctricos, etc.

Monitorización de vibraciones y ruidos

Todas las máquinas vibran y generan ruido. Los ruidos son muy fáciles de medir por medio de un micrófono, las vibraciones son más selectivas y son repetibles, la mayoría de las vibraciones están asociadas a partes mecánicas móviles, comúnmente se utiliza un acelerómetro piezoeléctrico para realizar mediciones de vibración.

Las máquinas rara vez se descomponen sin dar aviso de algún desperfecto, los signos de una falla inminente suelen estar presentes mucho antes de que alguna avería provoque que la máquina se descomponga. Los problemas casi siempre se caracterizan por un incremento en los niveles de vibración los cuales pueden ser medidos en la superficie externa de la máquina y esas mediciones actúan como indicador. La siguiente gráfica nos muestra una medición típica de vibración con respecto al tiempo y los intervalos de reparación de la máquina antes de que falle.

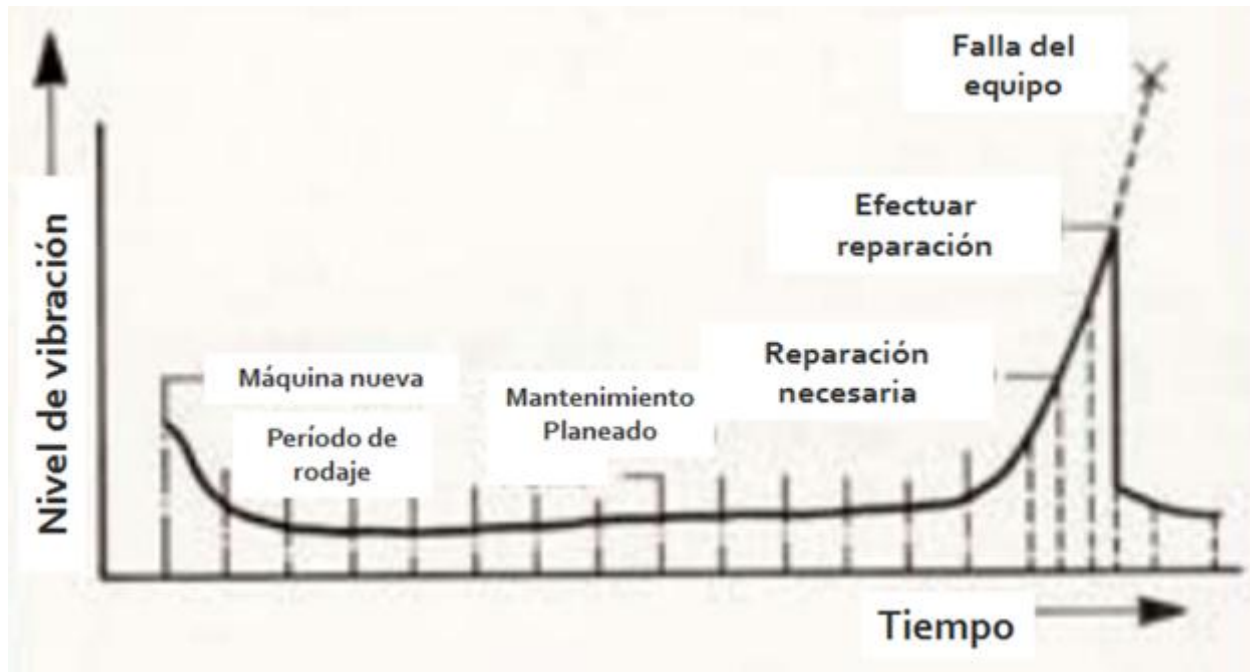


Ilustración 153 Medición típica de vibraciones en el funcionamiento de una máquina

En la tabla a continuación se muestran algunos de los problemas que se pueden encontrar en una máquina a través del análisis de frecuencias.

Tabla 50. Fallas detectadas en las máquinas a raíz de un análisis de vibraciones

Naturaleza de la falla	Frecuencia Dominante	Dirección	Comentario
Componentes rotativos desbalanceados	1 X rpm	Radial	Causa común de exceso de vibración en una máquina
Desalineación o eje doblado	Usualmente 1 x rpm Comúnmente 2 X rpm	Radial y Axial	Falla común
Rodamientos desgastados o dañados	Vibraciones a altas frecuencias (2 a 60 KHz) comúnmente relacionado a resonancias radiales en rodamientos	Radial y Axial	Niveles de Vibración desiguales. A menudo causa choques o impactos entre componentes
Holguras en carcasas de rodamientos	Sub-armónicas del eje exactamente a $\frac{1}{2}$ y $\frac{1}{3}$ de rpm	Primariamente radial	Las holguras solo pueden desarrollarse a velocidades de operación y temperatura
Capa de aceite en forma de torbellino o hebras	Media velocidad del eje	Radial	Aplicable a altas velocidades (turbo máquinas)
Holguras mecánicas	2 X rpm		Igual que en las holguras de las carcasas de los rodamientos

3.5 APLICACIÓN DEL MÉTODO DEDUCTIVO-INDUCTIVO EN LA PARAMETRIZACIÓN DEL DISEÑO Y FABRICACIÓN DE HERRAMENTALES.

El método deductivo-inductivo es un método científico que obtiene conclusiones generales a partir de premisas particulares. Es el método científico más usual, en el que pueden distinguirse cuatro pasos esenciales: la observación de los hechos para su registro; la clasificación y el estudio de estos hechos; la desviación inductiva que parte de los hechos y permite llegar a una generalización.

Esto supone que, tras una primera etapa de observación de los hechos, se logra postular una hipótesis que brinda una solución al problema planteado, esto es parte del método deductivo. Una forma de llevar a cabo el método inductivo es proponer, mediante diversas observaciones de los sucesos u objetos en estado natural, una conclusión que resulte general para todos los eventos de la misma clase. Estos conocimientos esenciales se pueden aplicar para la parametrización del diseño y fabricación de herramientas. Para poder desarrollar dicha parametrización se toma en cuenta lo siguiente:

- Establecer el proceso de fabricación de los componentes del troquel, así como su montaje, a partir del diseño.
- Elaborar el plan de fabricación de cada componente del troquel y secuenciación de operaciones.
- Determinar los medios de producción requeridos para la fabricación, indicando los medios disponibles y las necesidades de externalización.
- Establecer las operaciones de mecanizado de cada componente del troquel, respondiendo a las especificaciones del plano y a los medios disponibles.
- Establecer las pautas de fabricación del troquel, asegurando el cumplimiento de los plazos establecidos.

- Desarrollar las actividades considerando el plan de calidad y el plan de prevención de riesgos laborales y de protección medioambiental.
- Programar la producción de los componentes de troqueles y su montaje, a partir del proceso de fabricación y de las necesidades de producción.
- Determinar las necesidades de materias primas, máquinas, herramientas, tratamientos, utillaje y personal entre otros.
- Determinar los tiempos de ocupación de cada máquina y operario, a partir de las necesidades de producción.
- Elaborar los diagramas de gestión (Gantt, Pert u otros) y las órdenes de producción.
- Determinar posibles puntos críticos del proceso, adoptando las medidas necesarias en el proceso de fabricación para evitar los cuellos de botella.
- Programar las tareas externalizadas en función de los plazos establecidos y la capacidad de producción.
- Desarrollar las actividades optimizando la utilización de los recursos y considerando el plan de prevención de riesgos laborales y de protección medioambiental.
- Parametrizar los programas CNC para la fabricación de los componentes del troquel, utilizando las herramientas informáticas CAM.
- Establecer el orden cronológico de las operaciones, las herramientas utilizadas, los parámetros de operación, y las trayectorias en el programa de CNC.
- Introducir los parámetros del programa en la máquina, en función del tipo de mecanizado, tipo de herramienta, velocidad de trabajo, esfuerzos y tipo de material mecanizado.
- Comprobar que el mecanizado es viable mediante la simulación del programa o la prueba en máquina.
- Desarrollar las actividades atendiendo a criterios técnicos del plan de producción.

A estas consideraciones se les conoce como el “Saber Hacer” y son operaciones deductivas que se complementan con las siguientes consideraciones:

Establecimiento del proceso de fabricación de los componentes del troquel, así como su posterior montaje.

- Obtención de información interpretando la documentación técnica:
 - Planos de fabricación del troquel
 - Normas técnicas de representación gráfica
 - Pautas de control para cada uno de los componentes del troquel
 - Instrucciones del proceso
 - Instrucciones de mantenimiento y uso

- Producción de troqueles
 - Uso de aplicaciones informáticas CAD-CAM
 - Modelos
 - Aplicaciones informáticas de planificación

- Externalización de los procesos: Ventajas e inconvenientes
 - Necesidades de producción
 - Medios disponibles

- Operaciones de mecanizado
 - Corte, Desbaste, Taladrado, Roscado Limado, Pulido
 - Elaboración de hojas de proceso

- Parámetros de mecanizado
- Procesos de relajación de tensiones residuales

- Elaboración de programas CNC
 - Estrategias de mecanizado
 - Optimización de tiempos
 - Programación de CNC
 - Programación de CAM
 - Simulación de programas de mecanizado

Es gran cantidad de información la que se necesita en la parametrización de un diseño o un proceso de fabricación; aunque los cambios paramétricos en un diseño se llevan a cabo en el modelo construido en 3D, y en la gran mayoría de las ocasiones no se pone atención a toda la lista que vimos de información, cuando se hace un cambio por la simple geometría de un modelo todo esa acumulación de información se ve impactada por un pequeño cambio. Eso es la parametrización y puede impactar desde el proceso de diseño hasta el proceso de fabricación.

Al realizar un cambio de dimensiones de un molde en el modelo, también impactará al análisis de elementos finitos, por lo que se deberán correr nuevos análisis que arrojarán resultados distintos a los hechos con la pieza sin el cambio geométrico. También impacta a la Manufactura computarizada o CAM ya que por un simple cambio, se deberá añadir un proceso o un cambio de herramienta etc. y ese cambio en el CAM, a su vez, impacta a la programación de CNC por que serán nuevas órdenes al equipo de maquinado.



Ilustración 154 Parametrización del diseño

Dentro del mercado de tecnologías de diseño, simulación y fabricación, existen dos suites de CAD/CAM/CAE que son considerados los mejores paquetes computacionales y que son usados por la mayoría de los ensambladores originales de autos, industria aeronáutica, ingeniería marítima, de electrodomésticos, etc.

Estas dos suites son CATIA V5 de Dassault Systemes y NX de Siemens. Estas dos suites no solo tienen herramientas de diseño, sino además cuentan con herramientas de simulación de

procesos, análisis de elemento finito, bases de datos de materiales, etc., con este tipo de herramientas se logra una programación de modelado.

Dassault Systemes CATIA V5.

CATIA es un programa que ha revolucionado el CAD en 3D y ofrece la capacidad única de imaginar y dar forma a un sin límite de productos. CATIA ofrece la posibilidad de no solo realizar modelos de cualquier producto, sino de hacerlo en el contexto del comportamiento del Producto: diseño en la era moderna. ¿Qué nos ofrece CATIA?:

- Se le conoce como diseño de entorno social, que se enfoca en impulsar la inteligencia empresarial, el diseño simultáneo en tiempo real y en colaboración con diferentes grupos expertos en el comportamiento de los productos como piezas finales.
- Ofrece un modelado 3D de mayor nivel para mejorar las actividades de diseño existente.
- Facilita la integración del desarrollo del producto con los procesos que implica su fabricación.
- Permite que cualquier involucrado en todo el mundo pueda participar en el proceso de diseño del producto.

Debido a la complejidad de los productos los objetivos de rendimiento y calidad son cada vez más exigentes y CATIA permite un desarrollo rápido de productos mecánicos de alta calidad.

Las herramientas de modelado de CATIA 3D (Modelling) pueden obtener información sobre los factores clave para la calidad y el rendimiento en el comienzo de la fase de desarrollo del producto. La creación de prototipos digitales en conjunto con los análisis y la simulación digital permiten a los equipos de desarrollo de productos crear y analizar virtualmente un producto mecánico en su entorno operativo.

Las herramientas de ingeniería de CATIA (Engineering) proporcionan una plataforma que permite a los ingenieros crear cualquier tipo de ensamblaje 3D con una amplia variedad de procesos de ingeniería. En la suite de CATIA-Engineering se tienen las siguientes herramientas:

- Ingeniería mecánica
- Definición basada en el modelo
- Ingeniería de materiales compuestos
- Ingeniería de diseño de chapas metálicas
- Ingeniería de diseño de cierres
- Ingeniería de diseño de moldes y piezas de plástico
- Ingeniería de sistemas eléctricos
- Ingeniería de sistemas de fluido
- Ingeniería de conocimiento
- Ingeniería AEC
- Ingeniería de diseño de máquinas y equipos
- Ingeniería naval y de alta mar
- Ingeniería de transporte y movilidad

Como podemos ver CATIA no solo es un software de diseño, es un set de aplicaciones de ingeniería, aplicaciones con alto grado de especialidad. Para lo requerido en el proceso de herramientas, se utilizarán solo las aplicaciones de ingeniería enfocándolo al diseño, fabricación y mantenimiento de herramientas para aplicación de estampados metálicos.

Debido al giro que la empresa tiene la aplicación de ingeniería mecánica es importante conocer las descripciones del software para entender qué se puede integrar en los equipos de trabajo.

CATIA Mechanical Design Engineering es una aplicación de creación y gestión de proyectos mecánicos completos. Esta aplicación ofrece a los usuarios herramientas de primer nivel para diseñar desde productos simples hasta productos muy complejos. Amplía el diseño en 3D al cual pueden tener acceso a usuarios externos a los grupos de diseño. La aplicación abarca una amplia variedad de operaciones, tales como el diseño y posicionamiento de piezas, diseño de mecanismos automatizados, simulación cinemática real, piezas de fundición o forja, generación de dibujos de ensamblaje, creación de imágenes foto-realistas, etc.

Desde el esbozo de una idea en 3D con solo hacer simples trazos hasta tareas orientadas a los procesos: puede beneficiarse de todas las funciones de modelado de CATIA, que incluyen el esbozo conceptual en 3D, tratamiento de superficies geométricas, diseño basado en la función y modelado funcional. Varios usuarios podrán trabajar simultáneamente en el mismo ensamblaje y que compartan e intercambien modificaciones sobre el objeto, lo que ofrece un verdadero diseño simultáneo.

Con esta herramienta se puede realizar una gestión eficaz de las relaciones entre las piezas produciendo un diseño sólido y automatiza el proceso de diseño. CATIA Mechanical Engineering proporciona funciones avanzadas para la preparación de la fundición y forja, con el fin de mejorar la productividad en el diseño detallado de la pieza preliminar. Esto garantiza la fabricación y proporciona funciones avanzadas muy útiles especializadas en los procesos de fundición y forja.

Estas son las ventajas de esta función:

- Diseño de manipulación directa
- Diseño paralelo
- Configuración sencilla de la plataforma

- Duplicación inteligente de datos
- Automatización del diseño de conocimientos
- Comprobación de interferencias
- Presentación en 2D para el diseño 3D
- Colaboración en tiempo real
- Reutilización de diseños existentes
- Diseño multifuncional

Otra de las aplicaciones de interés es la definición basada en el modelo, la cual pone a disposición la información correcta en cualquier momento y lugar. Aumenta la calidad del producto a la vez que reduce los costes hasta en un 90%. Este enfoque proporciona a todos una única fuente para todas las instrucciones de trabajo y fabricación y todos los procesos posteriores. También garantiza una única fuente de trazabilidad en cumplimiento de las reglas y estándares. Aún puede crear y utilizar dibujos en 2D, pero son una vía de comunicación, no una referencia, y siempre están actualizados.

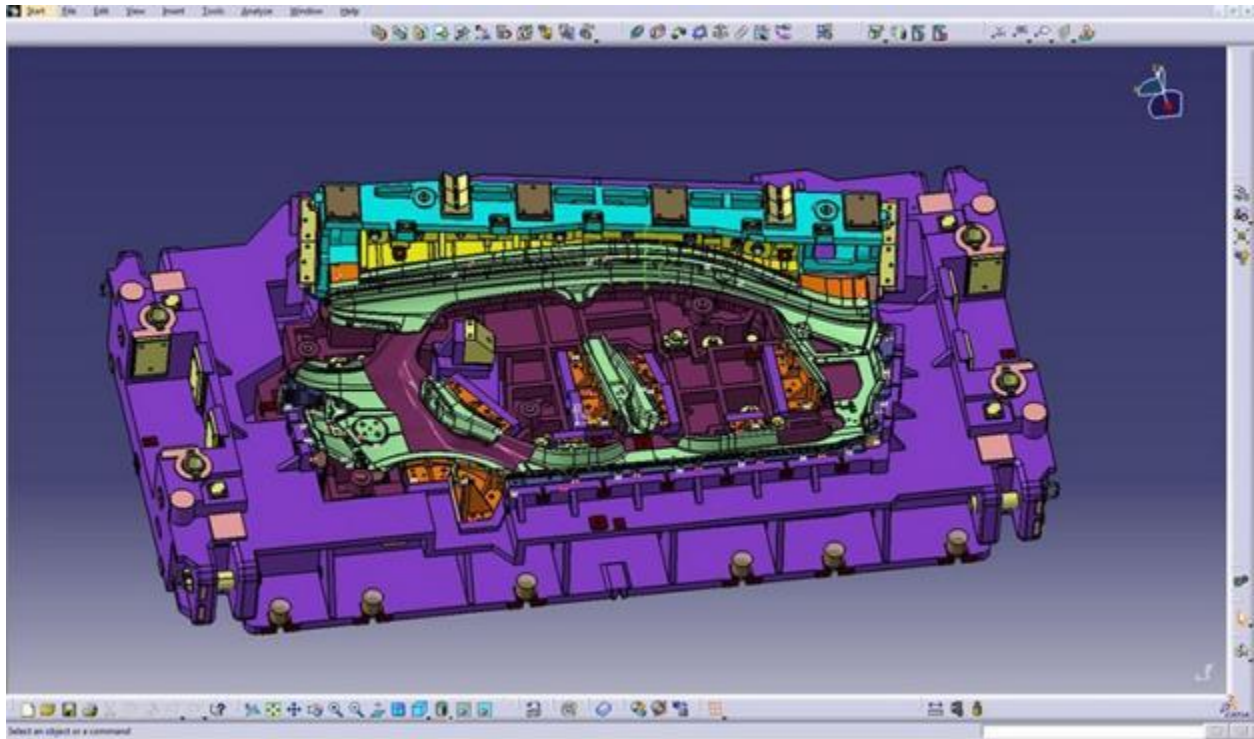


Ilustración 155 Modelo de herramental 3D hecho en CATIA

En la fase conceptual, se hace más fácil consultar y reutilizar los datos en 3D y 2D existentes. Pueden generarse de forma rápida nuevos conceptos en 3D de diseños en 2D existentes.

En la fase de diseño detallado se puede trabajar más rápido y definir la pieza de forma precisa, completa con tolerancias y anotaciones, directamente en 3D. Cuenta con un “asesor de tolerancias” que facilita el trabajo, mediante la comprobación y la propuesta de soluciones en cuestión de piezas y estado del ensamblaje. Se pueden aplicar los esquemas de tolerancia a las familias o piezas similares de forma rápida.

Durante la fase de revisión, está disponible la definición completa de producto para todos, en cualquier lugar y en todo momento, lo que refuerza el diseño simultáneo en tiempo real y la revisión a través de varias disciplinas. Esto permite identificar los errores y abordarlos en forma temprana. Las ventajas en la definición basada en el modelo son:

- Facilidad en la consulta y reutilización de datos en 3D y 2D
- Generación de forma rápida de nuevos conceptos en 3D de diseños existentes en 2D
- Trabajo más eficiente y definición más precisa de la pieza, junto con tolerancias y anotaciones, directamente en 3D
- Se encuentran beneficios en actividades posteriores al diseño como la fabricación
- La creación de un anteproyecto a pedido permite que se genere fácilmente documentación para toda la empresa.

Otra de las funcionalidades de ingeniería que ofrece el CATIA V5 es la ingeniería de diseño de chapas metálicas o mejor conocida en el ambiente de manufactura como Sheetmetal. Los ingenieros necesitan diseñar componentes de chapa metálica de forma rápida, de acuerdo con las normas y estándares de la empresa relativos a la fabricación eficaz.

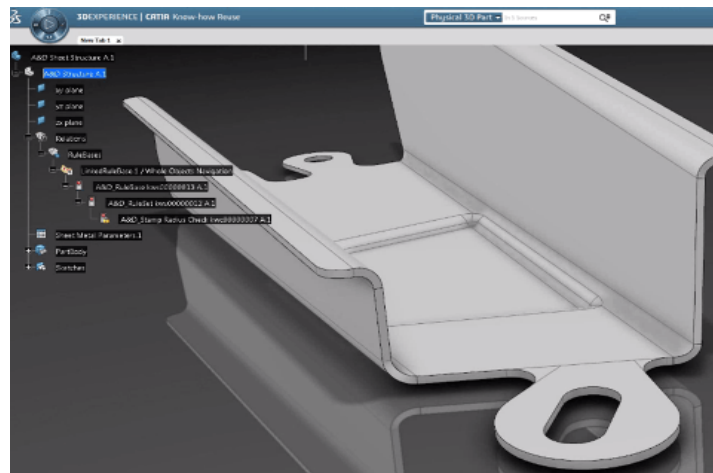


Ilustración 156 Herramienta Sheet Metal CATIA

Este tipo de diseños deben realizarse al primer intento y comenzar a intercambiar datos con los proveedores y contratistas. Esta función ayuda a reducir los ciclos diseño-manufactura, optimizar costos y tener un sistema de control de calidad eficaz. Las principales ventajas que tiene la función de ingeniería de diseño de chapas metálicas, son las siguientes:

- Diseño rápido y eficaz de piezas de chapa metálica complejas.
- Aplicación sencilla de los estándares definidos por la empresa para garantizar la calidad del diseño.
- Consideración temprana de las restricciones de fabricación en la fase de diseño y aceleración del diseño de ensamblajes.
- Reconocimiento y modificación de piezas mediante archivos (STEP e IGES).
- Generación automática de vistas planas a partir de la pieza diseñada en 3D.

Ingeniería de conocimientos. Una funcionalidad del set CATIA Engineering que es una gran ayuda para los diferentes equipos de ingeniería. Esta es una gestión de conocimientos en el diseño del producto de innovación.

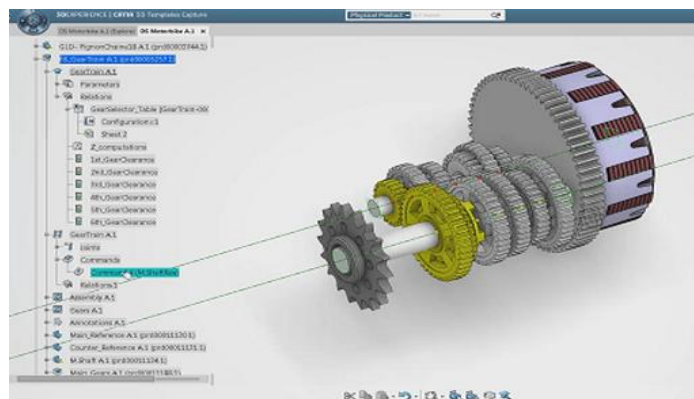


Ilustración 157 Organización de información de un modelo

La función se llama CATIA Knowledge Engineering y se encarga de capturar y reutilizar todos los desarrollos de CATIA para la optimización del proceso de diseño de productos. La disciplina cubre asuntos importantes, como normas y plantillas de diseño, conocimientos de ejecución y optimización del producto e indicadores de rendimiento clave, con el proceso de evaluación del rendimiento del producto, sus ventajas son las siguientes:

- Definición y captura de plantillas de ingeniería
- Reutilización de diseños de todas las aplicaciones
- Plantillas fáciles de crear por los usuarios
- Optimización de la creación y definición de productos
- Bases de datos de normas aplicadas de forma estándar

CATIA cuenta con otra suite de aplicaciones más enfocadas al Diseño Industrial, modelado de superficies clase A y avanzadas. Esta suite lleva el nombre de CATIA Design y se enfoca más a la presentación de un producto final para captar la atracción de clientes, su enfoque es más al diseño del empaque de un producto hasta la creación de las superficies externa de una automóvil. Esta suite de CATIA no es tan funcional para las actividades de estampado de chapa metálica por lo cual no abordaremos detalles de sus herramientas.

La suite CATIA Systems (sistemas de ingeniería) que se enfoca más a la gestión de varias aplicaciones de modelado y simulación de sistemas y con ello poder entregar los productos a tiempo.

A medida que continúa creciendo el número y la complejidad de sistemas, la definición, la simulación y el modelado efectivos de estos sistemas individuales y su interacción con otros sistemas son cada vez más importantes. La ingeniería de sistemas es esencial para evitar la

detección de interacciones de sistemas inesperadas durante las fases de validación y verificación del proceso de desarrollo del producto.

Esta es una solución única que permite y soporta totalmente el proceso de desarrollo de ingeniería de sistemas interdisciplinarios, desde la definición de sistemas hasta el modelado, la simulación, la verificación y la gestión del proceso empresarial.



Ilustración 158 Estructura de sistemas de información

Se trata de una solución que proporciona un enfoque unificado e integrado para la ingeniería de sistemas que gestiona el proceso de desarrollo general con una definición y navegación interdisciplinaria, de las muchas relaciones que existen entre los diferentes artefactos que definen los complejos productos actuales. Sus principales ventajas son:

- Aprovecha la plataforma de desarrollo de sistemas basada en los mejores modelos de su clase para acelerar el desarrollo y la validación de sistemas y productos complejos.
- Garantiza el cumplimiento de las regulaciones y los requisitos del mercado, a la vez que se mejora el tiempo de comercialización y se reducen los costes gracias al establecimiento de requisitos de mayor nivel.
- Colabora en distintas disciplinas para definir una arquitectura de sistemas completa con distintas vistas operativas, funcionales y de componentes.
- Verifica el comportamiento de productos y sistemas complejos que abarcan varias disciplinas de ingeniería mediante el modelado y la simulación de procesos.
- Integra los sistemas y procesos de diseño de productos en 3D para aprovechar los sistemas integrados inteligentes en la simulación de productos y sistemas complejos mecatrónicos.

Uno de los sistemas que esta aplicación evalúa de forma muy eficaz son los electrónicos ya que CATIA también reúne especificaciones para el modelado de tarjetas electrónicas.

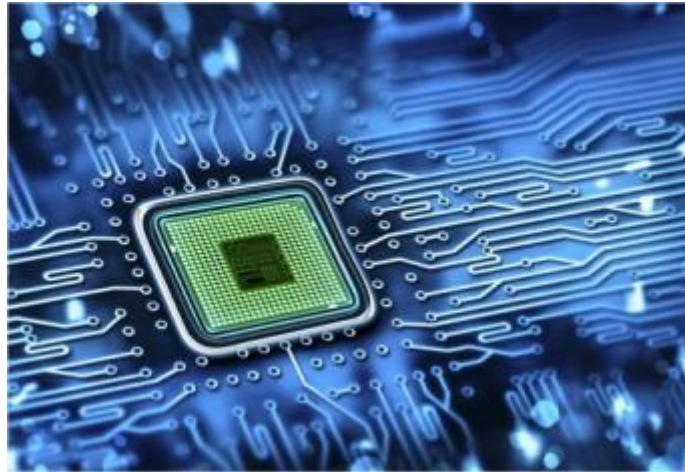


Ilustración 159 Herramienta Sistemas Electrónicos CATIA

No se pueden olvidar los sistemas de fluidos como el diseño de tuberías, tubos, ductos, y sistemas HVAC para la industria automotriz. El diseño específico de estos componentes también está regulado por varios tipos de estándares y especificaciones que definen la codificación, clasificación y contexto de uso. Además, cada aplicación cuenta con sus propios atributos sobre componentes de los fluidos y sus propias reglas de diseño y fabricación.



Ilustración 160 Sistemas de fluido CATIA

Siemens NX PLM software

Otra de las tecnologías disponibles es el software NX perteneciente a la empresa Alemana SIEMENS, este programa también ha revolucionado a la industria y a la par de CATIA es uno de los considerados BEST IN CLASS, de los mejores en su clase ya que no sólo es un programa de diseño sino una plataforma de funciones ingenieriles que van desde el desarrollo del producto, la fabricación, la automatización y en el caso de SIEMENS integran pruebas con datos reales tomados en bancos de prueba.

NX para Diseño

NX para Diseño ayuda a las empresas a desarrollar mejores productos de manera más rápida en un ambiente de colaboración al permitir decisiones de desarrollo de productos más inteligentes. NX para Diseño es una solución integrada que te ayuda a desarrollar nuevos productos innovadores. Con las herramientas de diseño y las tecnologías de vanguardia, NX agiliza y acelera el proceso de desarrollo de productos. A diferencia de las soluciones basadas solo en CAD y las soluciones empresariales cerradas, NX ofrece el nivel más alto de integración entre las disciplinas de desarrollo en un ambiente abierto y colaborativo.

Las herramientas de diseño de NX son superiores en potencia, versatilidad y productividad. Puedes trabajar más rápido y eficientemente en el rango completo de tareas de diseño, desde la distribución 2D hasta el modelado 3D, el diseño de ensambles, los planos de taller y la documentación. Con Synchronous Technology, NX permite usar directamente modelos creados con otros sistemas CAD. Puedes importar y modificar la geometría CAD desde cualquier fuente con velocidad, facilidad y eficiencia. NX es la solución de elección para el diseño colaborativo multi-CAD. Las herramientas de diseño de ensambles de NX están preparadas para los

ensambles más complejos, incluso aquellos con miles de partes. Puedes crear maquetas digitales completamente en multi-CAD para identificar con rapidez los problemas y resolverlos.

Diseño de productos. La creciente complejidad de los productos, los procesos de desarrollo y los equipos de diseño te desafían a encontrar nuevas herramientas y métodos para brindar mayor innovación y calidad a un menor costo. El software de diseño de productos en 3D de NX de Siemens PLM Software ofrece potencia, eficiencia y ahorro de costos que se extiende más allá del proceso de diseño a todas las fases del desarrollo de productos.

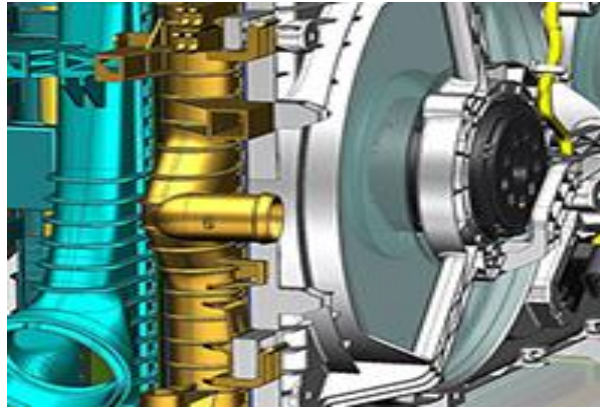


Ilustración 161. Modelo 3D en NX.

Las aplicaciones con las que cuenta NX para diseño son:

- Modelado CAD en 3D
- Diseño de ensambles
- Diseño Sheet Metal
- Diseño basado en plantillas

Modelado CAD en 3D. NX permite usar libremente cualquier enfoque de modelado que se ajuste al reto de diseño. Con las herramientas de modelado CAD más poderosas y versátiles de

la industria, se pueden crear y editar geometrías con mayor velocidad y flexibilidad. NX combina el modelado de estructura alámbrica, superficie, sólido, paramétrico y directo en una solución única de software de modelado que permite elegir la mejor herramienta para la tarea actual. NX ofrece modelado de sólido paramétrico basado en funciones y características avanzadas que incluyen flexiones, pared delgada, borradores, funciones reflejadas, características de perfil abierto y patrones.

Las herramientas de diseño modular en NX ayudan a trabajar simultáneamente con otros diseñadores en partes complejas. Con los módulos de partes, se pueden subdividir los diseños en elementos funcionales que facilitan el re-uso y el reemplazo de los elementos de diseño y facilitar el cambio y la actualización de los diseños. NX ofrece una interfaz de usuario configurable basada en rol. El software muestra los comandos que se necesitan a medida que se requieran, y crece a medida que aumenta el nivel de experiencia.

Diseño de ensamblajes. NX hace frente fácilmente a los diseños de ensamblajes más complejos del mundo, incluso aquellos que contienen decenas de miles de componentes. Las tecnologías únicas te permiten cargar y mostrar miles de componentes en solo segundos, trabajar en el contexto del ensamblaje completo y crear maquetas digitales completas a medida que diseñas

Acelera el diseño de ensamblajes y mejora la calidad. NX ofrece estructuras de control de ensamblajes y restricciones para el diseño de ensamblajes paramétricos que simplifica los cambios de diseño y acelera el modelado de configuraciones, opciones y variantes. La revisión de interferencia y espacio, los límites de movimiento, el análisis de propiedades de masa y la planeación de trayectoria de ensamblajes te ayudan a eliminar los errores y optimizar los diseños. La generación de reportes visuales brinda información de procesos y de diseño de ensamblajes para guiarte en la toma de decisiones.

Con el modelado de ensamble de NX, se pueden crear maquetas digitales completas para validar diseños, identificar problemas y resolverlos. La capacidad de prototipo activo se crea sobre un formato JT neutro de CAD y liviano para que se puedan usar datos de múltiples fuentes para revisión y colaboración, sin una aplicación de maqueta separada.

Diseño de Sheet Metal. El software de NX Sheet Metal Design incorpora información de materiales y procesos en las características de modelado específicas de sheet metal: flexiones, bordes, pestañas, cortes, refuerzos, cavidades, listones, tratamientos de esquinas y bordes, patrones y otras características moldeables. También se puede convertir rápidamente modelos sólidos en componentes de sheet metal y crear partes de sheet metal para encerrar otros componentes.

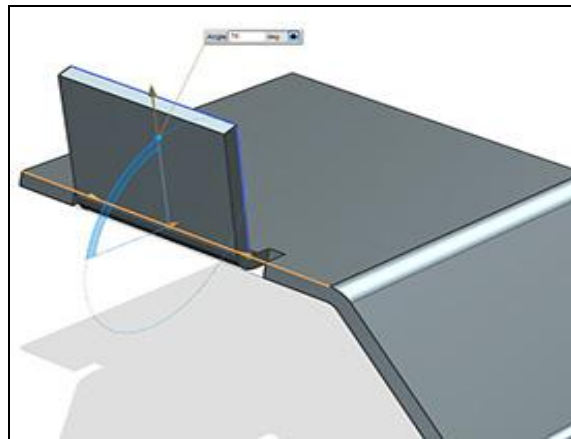


Ilustración 162 NX – Sheet Metal

Con las herramientas CAD para sheet metal de NX, puedes aplicar valores estándar, como grosor del material y radios de flexión, según las mejores prácticas de la industria o empresa. Con las capacidades de doblado y desdoblado, puedes trabajar con modelos en cualquier etapa

del proceso de fabricación. El software de sheet metal de NX crea patrones planos precisos para documentación y manufactura.

El software de sheet metal aeroespacial de NX te ofrece herramientas especializadas para el diseño de partes de sheet metal que normalmente se encuentran en fuselajes, lo que incluye rebordes y arandelas de soporte que se conectan a las superficies de las líneas de molde exterior e interior, así como a otras estructuras de fuselaje internas. Estas partes de fuselaje no lineales comúnmente se presionan de forma hidráulica o se forman por rompimiento. Con las características aeroespaciales, puedes diseñar estos componentes en una fracción del tiempo necesario para CAD de propósito general o herramientas de diseño sheet metal.

Diseño basado en plantillas. El re-uso de la información de diseño y los conocimientos de procesos ayudan a reducir costos, aumentar la innovación y la eficiencia en el diseño de productos. NX admite las estrategias de re-uso con el diseño basado en plantillas. Se pueden usar rápidamente modelos de productos paramétricos como plantillas para diseño nuevo, incorporando tus conocimientos de procesos y productos dentro de la plantilla para reducir de manera drástica el tiempo y el esfuerzo necesario para desarrollar variantes de productos.

El estudio de plantillas para productos NX es una herramienta para crear plantillas de productos que se pueden usar en todo el equipo de desarrollo. Al trabajar desde los modelos paramétricos existentes, el estudio de plantillas para productos ayuda a empaquetar los activos de diseño para su re-uso. Con herramientas simples de arrastrar y soltar, puedes crear rápida y fácilmente interfaces personalizadas que controlan las entradas de diseño y las operaciones de ingeniería para las plantillas.

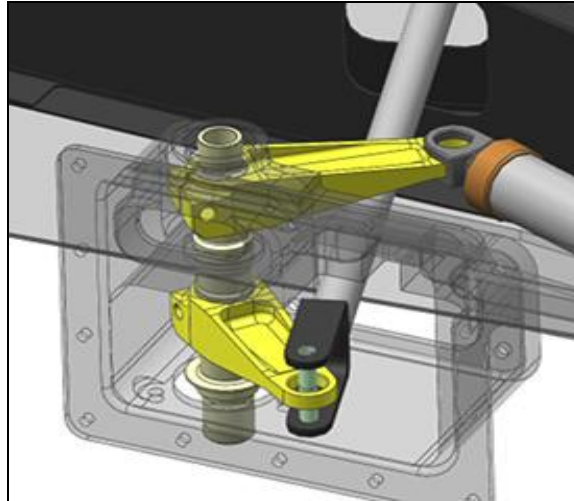


Ilustración 163 Diseño basado en plantillas

Automatización de procesos con las plantillas de productos. Con las plantillas de productos de NX, se pueden automatizar mucho más que el modelado de diseño. Para automatizar y estandarizar los procesos de ingeniería, se pueden incorporar información de productos y manufactura, dibujos, análisis de movimiento, simulación estructural y revisión de validación en las plantillas.

Ingeniería Inversa. Con un enfoque altamente flexible para la ingeniería inversa, NX te ayuda a reducir el tiempo necesario para desarrollar modelos CAD a partir de objetos físicos. Ya sea que crees superficies Clase A a partir de modelos de arcilla, crees implantes o prótesis a partir de escáneres anatómicos o actualices diseños a partir de los productos existentes, el software de ingeniería inversa de NX optimiza la creación de geometría CAD de alta calidad a partir de datos escaneados.

NX importa directamente los datos de facetas de polígono adquiridos mediante el escaneo de objetos físicos, y ayuda a evaluarlos y prepararlos para su uso posterior. Puedes evaluar los

cuerpos de faceta en busca de suavidad, curvatura y borrador, y limpiar los datos escaneados al eliminar barrenos, subdividir, recortar, ajustar y suavizar. Los datos de polígono se pueden usar directamente para prototipos digitales, análisis de elemento finito (FEA), maquinado CNC, renderizado y otras aplicaciones.

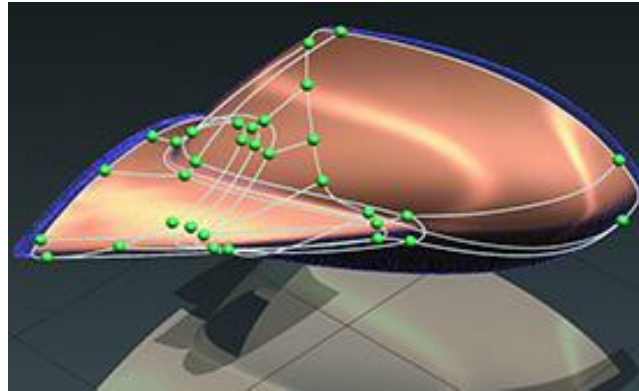


Ilustración 164 NX – Ingeniería Inversa

Con las herramientas rápidas de superficies en NX, puedes ajustar curvas, splines y superficies automáticamente en los datos de facetas, lo que crea una geometría CAD precisa para la ingeniería de diseño posterior. NX también incluye herramientas para comparar los datos escaneados en la geometría CAD a fin de mantener las tolerancias. Los modelos resultantes ayudan a acelerar el diseño de reducción, la simulación y los procesos de manufactura.

Planos de taller en 2D con NX, puedes crear dibujos de ingeniería rápida y fácilmente a partir de modelos 3D usando herramientas de planos de taller altamente eficientes. El software de planos de taller crea automáticamente vistas de dibujo a partir de partes en 3D y modelos de ensambles, y te ayuda a alinear y escalar las vistas de dibujos y ordenar las hojas de dibujos. Las herramientas de anotación integrales documentan tus dibujos con los requerimientos de

manufactura. El seguimiento de cambios avanzado reduce el tiempo de revisión de dibujos y elimina los errores.

El software de planos de taller de NX facilita el hecho de cumplir con los principales estándares de planos de talleres nacionales e internacionales. Simplemente selecciona el estándar deseado (ANSI, ISO, JIS, DIN, GB o ESKD) para garantizar que todos los elementos de tus dibujos estén en cumplimiento.

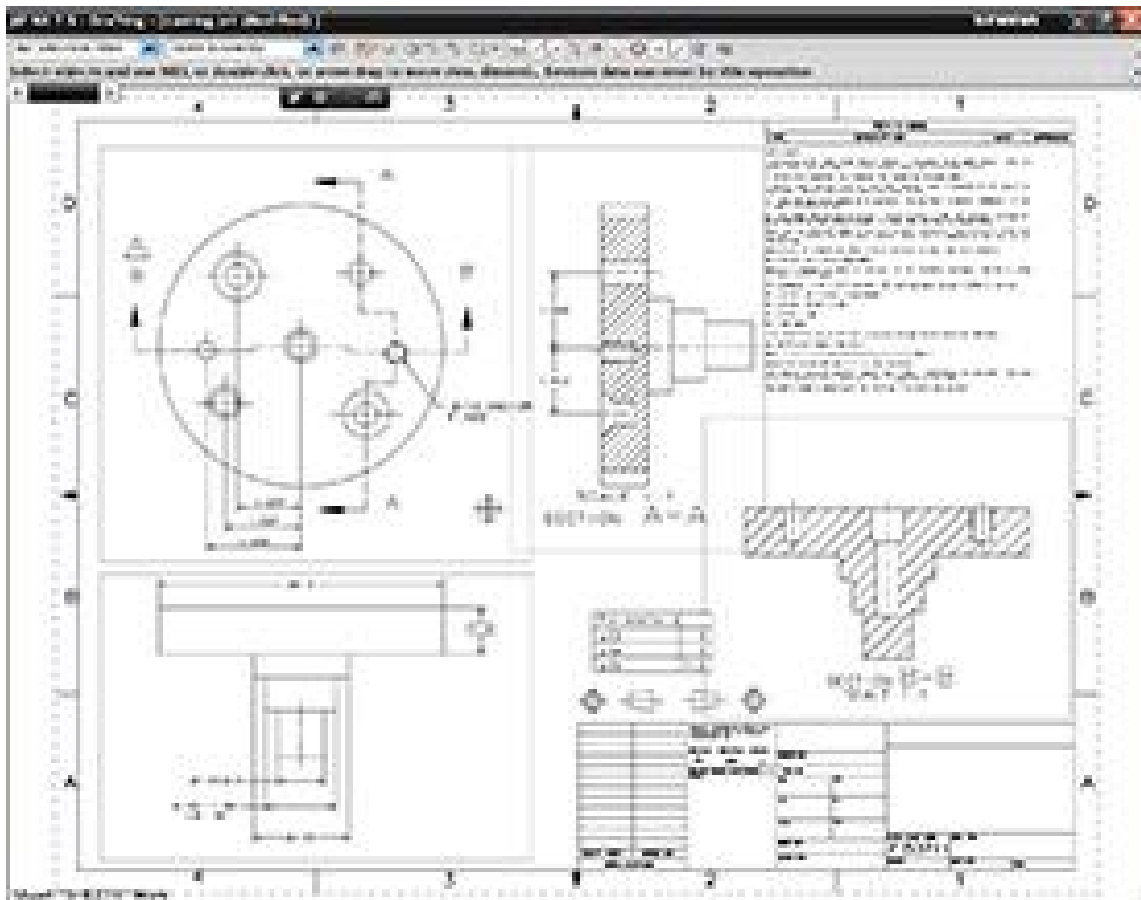


Ilustración 165 Plano para manufactura en 2D en NX

Para la productividad de diseño enfocada en 2D, puedes usar las capacidades avanzadas de diseño, distribución y dibujos de NX. NX Drafting-Plus agiliza la migración de datos 2D, optimiza el diseño 2D, brinda un puente del 2D al 3D y ofrece una solución poderosa e innovadora para automatizar la producción de dibujos. Estas herramientas utilizan tus inversiones en otros sistemas CAD 2D y eliminan la necesidad de sistemas separados para el diseño en 2D y 3D

Información del producto y manufactura. La información de productos y manufactura (PMI) se usa en CAD 3D y los sistemas de desarrollo de productos para transmitir la información de diseño para manufactura. PMI incluye información como dimensionamiento y tolerancia geométricos (GD&T), anotación de texto, terminado de superficie y especificaciones de materiales.

NX brinda un ambiente de anotaciones 3D integral que permite capturar y asociar los requerimientos de manufactura de componentes directamente con el modelo 3D, y compartir esta información con otras aplicaciones de desarrollo.

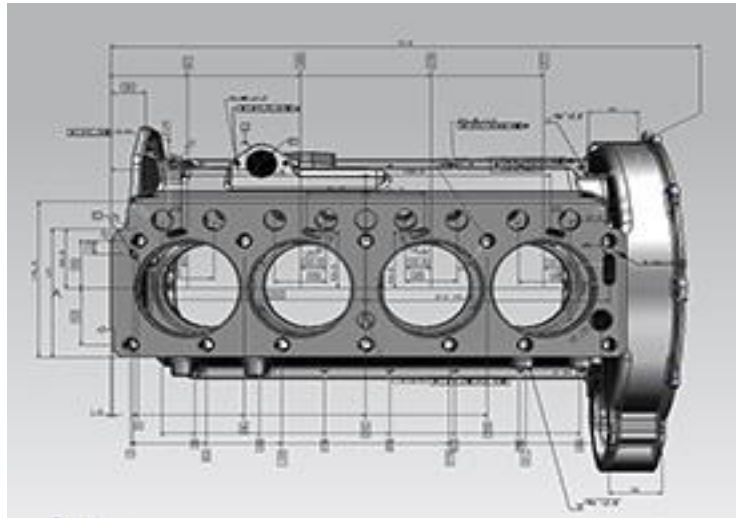


Ilustración 166 Información del producto en NX

La capacidad de anotación 3D cumple a cabalidad con los estándares internacionales para la definición de partes en 3D, incluidos los estándares ASME, ISO y JEITA. Puedes usar los modelos 3D anotados para documentar completamente tus diseños y reducir o eliminar los dibujos para la comunicación con manufactura, clientes y proveedores.

Al asociar PMI con el modelo 3D, NX promueve el re-uso en todo el ciclo de vida del producto. NX PMI es completamente reutilizable en planos de taller de NX y se integra con las aplicaciones de Siemens para validación, análisis de variación, maquinado CNC y programación de inspección. Las anotaciones PMI también se pueden ver en visualizadores habilitados en formato JT para mejorar la colaboración.

Re-utilización de conocimientos. Demasiados proyectos de ingeniería incurren en reprocesamientos excesivos porque no se han dado cuenta de que un problema de ingeniería actual ya ha sido resuelto. Con mucha frecuencia, las empresas no se dan cuenta de que el

conocimiento existente, las partes, los productos y los procesos, se pueden utilizar en nuevos proyectos.

Los ahorros que se producen a partir de la maximización del re-uso de partes se pueden extender a varios dominios y sus procesos relacionados, incluido el diseño de partes, la inspección, el análisis de ingeniería, los pedidos de cambio de ingeniería, el flujo de trabajo, la programación NC, la documentación, las instrucciones de planta de producción, el abastecimiento, la planeación de recursos, las instrucciones de ensamble, la manufactura, la administración de partes de repuesto y muchas otras funciones.

Biblioteca de Re-utilización NX CAD. La Biblioteca de reutilización NX sirve como un repositorio de toda la empresa para todos los tipos de elementos de diseño reutilizables: partes estándar, familias de componentes y partes, plantillas de productos, características de diseño, símbolos, secciones en 2D, perfiles, curvas, formas y más. Tienes acceso continuo e inmediato a la biblioteca con herramientas de navegación, búsqueda, selección y vista previa.

Con este software se puede capturar fácilmente nuevos activos y agregarlos a la librería a medida que se avanza en el diseño. Reutilizar el contenido de la librería es tan simple como: solo arrastrar y soltar en la ventana de diseño de NX. NX brinda flujos de trabajo optimizados y la selección de librería automática para muchos componentes; por ejemplo, la librería puede seleccionar ensambles de sujetadores por ti, según la geometría del objetivo, para luego restringirlos y posicionarlos automáticamente en el diseño. La Biblioteca de reutilización NX es fácil de organizar y administrar. Puedes establecer rápidamente una jerarquía y carpetas de diferentes tipos de contenido, ponerlos a disposición de aplicaciones específicas y protegerlos de cambios accidentales. La librería también se puede integrar con las capacidades de

clasificación de Teamcenter, lo que permite navegar por las jerarquías de clase, ver los atributos y consultar para buscar miembros de la clase o rangos de valores de atributos.

NX te brinda una librería de maquinaria con una colección extensiva de partes listas para usar, como tornillos, arandelas, tuercas, rodamientos, terminales y otros componentes. Accesibles desde la librería de re-uso, las partes admiten la mayoría de los estándares internacionales comunes, incluidos ANSI, DIN, UNI, JIS, GB y GOST.

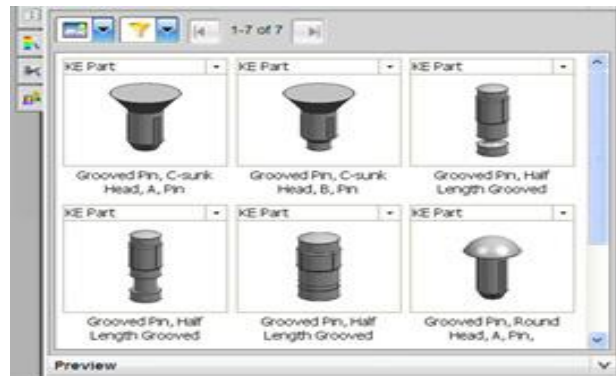


Ilustración 167 Biblioteca NX.

Personalización y programación de NX. NX te ofrece un amplio rango de herramientas de programación y personalización para ayudarte a extender y personalizar las capacidades del software NX según tus necesidades específicas. Con las capacidades de automatización simples y rápidas, y las utilidades de programación experta, estas herramientas de personalización NX las puede usar el personal de desarrollo de productos así como los desarrolladores de aplicaciones.

La Programación Simple de Aplicaciones NX (SNAP) es una interfaz de programación de aplicaciones (API) enfocada en la simplicidad y la facilidad de aprendizaje. Diseñada para los usuarios de NX, SNAP es una herramienta ideal para escribir programas que automatizan sus respectivas tareas. Para las aplicaciones simples, SNAP ofrece programación muy eficiente y código compacto. Para las tareas típicas,

los programas SNAP contienen un 90% menos de líneas y de código, y requieren solo una fracción del tiempo de programación que necesitan otras herramientas de desarrollo de aplicaciones.

NX también ofrece una capacidad de registros que registra, edita y vuelve a reproducir las sesiones interactivas de NX. Puedes editar las sesiones con construcciones de programación simples y los componentes de la interfaz del usuario para crear rápidamente programas personalizados. Con las herramientas de personalización del menú y el cuadro de diálogo, puedes adaptar fácilmente la interfaz de usuario de NX según tus preferencias o crear menús y cuadros de diálogo para los programas personalizados. Estas herramientas interactivas admiten los métodos visuales y de arrastrar y soltar interactivos que agilizan el proceso.

Para los especialistas en programación, NX ofrece una API sólida que admite los ambientes de desarrollo integrado estándar. Esta API de lenguaje neutro brinda acceso completo para la funcionalidad de aplicación principal NX y admite la automatización idéntica para Visual Basic, .NET, C#, Java y Open C++.

Puedes aumentar la velocidad y la productividad de NX al capturar el intento de diseño y la inteligencia de ingeniería con los programas de Knowledge Fusion. Knowledge Fusion, una herramienta de ingeniería basada en el conocimiento y completamente integrada, puede crear programas personalizados con reglas integradas que capturan el intento de diseño, los requerimientos de rendimiento y las restricciones de manufactura.



Ilustración 168 Aplicación NX de Knowledge Fusión

Análisis Visual y Validación

Confía en la última información de la empresa para supervisar el progreso, administrar riesgos, resolver impactos y por último formular cientos de decisiones necesarias sobre diseño. Siemens PLM Software ofrece herramientas de validación y análisis visual de productos que permiten sintetizar rápidamente la información, revisar los diseños para el cumplimiento de los requisitos y tomar decisiones informadas.

NX ofrece información crítica de productos, negocios y programas para el diseño en 3D. La generación de reportes visuales de los análisis de productos en NX ayuda a hacer evaluaciones certeras, interpretar datos de manera rápida y precisa, y sintetizar los datos para una mejor toma de decisiones.

La generación de reportes visuales de HD3D permite apreciar los datos de PLM con navegación interactiva y desglosar los detalles según sea necesario. Al visualizar un modelo de producto 3D, puedes responder en forma fácil a preguntas acerca del estado del proyecto, cambios de