

diseño, responsabilidades del equipo, inconvenientes, problemas, costos, proveedores y otros atributos.

La Generación de reportes visuales de HD3D incluye reportes visuales que te ayudan a responder las preguntas más frecuentes. Una herramienta para la generación de reportes acelera la creación de reportes personalizados. Los reportes pueden incluir propiedades de archivos NX, metadatos personalizados, atributos de Teamcenter y otros datos PLM. Los equipos de ingeniería pueden usar los reportes para comprender de mejor manera sus diseños y ubicar problemas, mientras que los administradores pueden determinar de manera rápida el estado general de los proyectos de desarrollo. Los reportes visuales se pueden administrar y distribuir para beneficiar a toda la empresa.

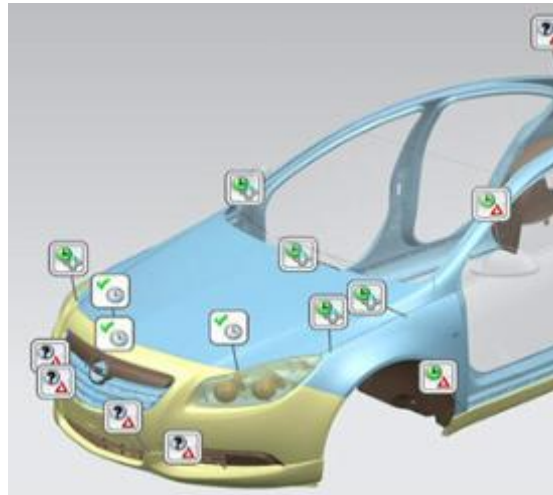


Ilustración 169 Reportes visuales en NX

La Generación de reportes visuales de HD3D formatea tus modelos de partes, componentes y ensambles en 3D para responder tus inquietudes, con codificación por color, rotulación y leyendas en pantalla para evaluación e interpretación visuales más rápidas. Varias

configuraciones "transparentes" te ofrecen diversos métodos para eliminar la complejidad del modelo y ver los componentes de interés instantáneamente. Se puede acceder a los detalles adicionales fácilmente al hacer clic en las etiquetas interactivas, las que también pueden abrir documentos asociados. Para el uso fuera de las sesiones de NX, se pueden emitir los datos de reportes a otros formatos, incluido HTML y Excel.

La verificación de validación es esencial para garantizar la calidad del producto, cumplir con los estándares, cumplir los requerimientos, eliminar los errores y costos de garantía, y optimizar los diseños para rendimiento y capacidad de manufactura. NX brinda herramientas de software de validación de diseño que supervisan automática y continuamente los diseños y adherencia a los estándares y requisitos.

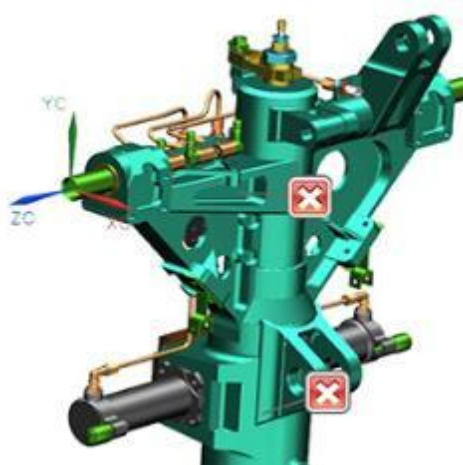


Ilustración 170 Validación de un diseño en NX

La Revisión de enlace de NX automatiza la verificación de diseño, lo que convierte la validación en un proceso continuo y proactivo, y no a posteriori. Incluye una librería extensa de cientos de verificaciones estándar en modelado, planos de taller, información de producto y manufactura (PMI), geometría, enrutamiento, soldadura y otras aplicaciones. Con una herramienta de

autoría, puedes crear tus propias funciones de verificación personalizadas. La validación de diseño es continua y automática, y te informa de inmediato cuando los diseños no cumplen con las normas, las mejores prácticas o los requerimientos críticos funcionales y de ingeniería

La Validación de requerimientos de NX admite la ingeniería de sistemas con herramientas de revisiones automatizadas. Al trabajar en conjunto con Teamcenter, permite asignar requerimientos a los subsistemas de productos y validar los productos para su cumplimiento con los requerimientos a medida que diseñas. La Validación de requerimientos de NX promueve una comprensión común de los objetivos y qué tan bien los logran los productos.

La Revisión de Enlace y la Validación de Requerimientos de NX ofrecen comentarios enriquecidos visualmente que aprovechan la tecnología de 3D de alta definición (HD3D). Con las herramientas de HD3D, incluidas las listas de flujo, las etiquetas visuales, las sugerencias de herramientas, los modos de visualización transparente, permite identificar problemas de diseño claramente y resolverlos con rapidez.

Aplicaciones Específicas del Proceso

NX ofrece software de diseño de soldadura especializado que ayuda a definir, documentar y modelar soldaduras y otras características de unión de materiales en los productos. Esta aplicación de diseño de soldadura enfocada, optimiza la definición de conexiones, soldaduras y procesos, y captura la información para su uso en análisis de resistencia, información de producto y manufactura (PMI) y dibujos en 2D para manufactura.

Diseño de soldadura. NX ofrece software de diseño de soldadura especializado que ayuda a definir, documentar y modelar soldaduras y otras características de unión de materiales en tus productos. Esta aplicación de diseño de soldadura enfocada optimiza la definición de

conexiones, soldaduras y procesos, y captura la información para su uso en análisis de resistencia, información de producto y manufactura (PMI) y dibujos en 2D para manufactura.

El Asistente de soldadura de NX te ayuda a especificar y modelar la unión de material a través de soldaduras de fusión, conexiones mecánicas y conexiones de estado sólido, los tipos de soldadura incluyen soldaduras de bordes, ranuras, filetes, localizados y costuras, además puedes especificar refuerzos, cinta, porciones y remaches. El Asistente de soldadura de NX también produce información de soldadura y conexiones para su uso en análisis de elemento finito (FEA) del producto ensamblado. El Asistente de soldadura de NX crea automáticamente especificaciones, anotaciones y símbolos precisos de soldadura para dibujos en 2D basados en las funciones de soldadura 3D.

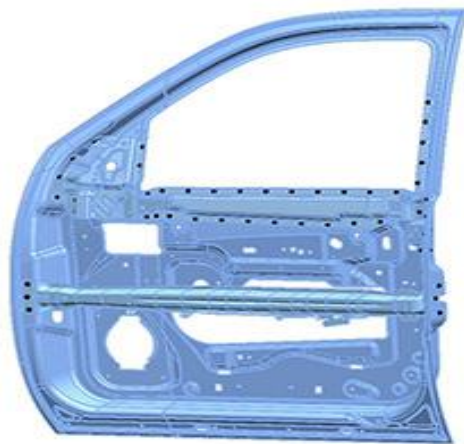


Ilustración 171 Herramienta de diseño de soldadura NX

Con la soldadura de estructuras basada en reglas se pueden definir soldaduras de arco en modelos CAD, generar representaciones livianas que admitan números muy grandes de soldaduras para su definición y desarrollo. La ubicación de soldaduras se controla mediante algoritmos que analizan la geometría que se suelda e identifican la ubicación más lógica. Puedes ingresar todas las especificaciones de soldadura de manera interactiva o usar las reglas

de soldadura para controlar la definición de soldadura. Las uniones de soldadura impulsan automáticamente la preparación de bordes y la creación del símbolo de soldadura.

Herramientas de productividad de NX

NX incluye un amplio rango de herramientas, utilidades y capacidades de productividad que te ayudan a maximizar la velocidad y eficiencia en el nuevo proceso de desarrollo de productos.

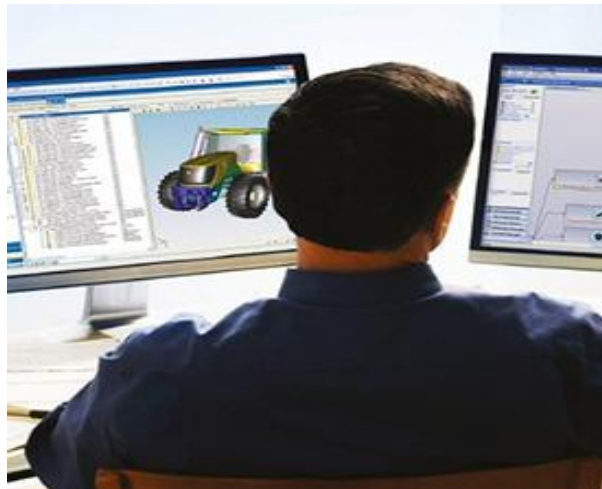


Ilustración 172 Herramientas de productividad NX.

Intercambio de datos. Para ayudarte a trabajar de manera más eficiente con los clientes, los proveedores y otros sistemas CAD, NX ofrece una amplia selección de herramientas de intercambio de datos. Al admitir los formatos de intercambio estándar neutros para el proveedor y los sistemas CAD/CAM populares, los traductores de datos y las herramientas de conversión de archivos CAD pueden mover los datos de manera precisa dentro y fuera de NX.

Las herramientas de conversión de archivos de NX admiten los formatos de intercambio de archivos estándar y neutros, incluidos:

- Especificación de Intercambio de Gráficos Inicial (IGES)
- ISO 10303 - STEP AP203/AP214

- Formato de Intercambio de Dibujos AutoCAD (DXF)
- STL de prototipo rápido
- Formato de intercambio liviano JT

Los traductores de formato neutro se incluyen en la mayoría de los paquetes de software NX y se pueden invocar simplemente a través de los comandos Importación de archivos y Exportación de archivos.



Ilustración 173 Exportación de datos en NX.

NX también permite convertir datos directamente hacia y desde otro software de desarrollo de productos. Los traductores están disponibles para los formatos nativos de CATIA, Pro/ENGINEER, AutoCAD y SolidWorks. También puedes trabajar con la geometría nativa de Parasolid y los archivos Solid Edge e I-deas abiertos directamente.

Una vez que importas modelos de otros sistemas, Synchronous Technology en NX te permite reconocer fácilmente características e intento de diseño, y modificar la geometría directamente con una velocidad y simplicidad sin precedentes.

3.6 APLICACIÓN DEL MÉTODO DEDUCTIVO-INDUCTIVO EN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS.

Como se ha dicho, con el método histórico estadístico, el control estadístico del proceso es una de las opciones para tener control en el funcionamiento de los equipos, basándose en este método se puede formular un método matemático que tenga aproximaciones de índole matemático para la resolución de los problemas encontrados en el funcionamiento de aparatos y al igual que el TPM proporciona medios para tener siempre en óptimas condiciones los procesos y el funcionamiento del equipo. A continuación se hace una reseña de la aplicación del método deductivo-inductivo presentado en la metodología Six Sigma, recordando que el método inductivo parte de propuestas particulares para después generalizar propiedades de la misma, el método deductivo hace lo opuesto, parte del verdadero o premisas generales para llegar a aplicarles en situaciones concretas y específicas. Dentro de las funciones específicas tenemos: la formulación de problemas, desarrollo de una hipótesis reunir información y aclarar conceptos.

El método aplicado, que se denomina DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar), utiliza herramientas estadísticas, además de dispositivos que observan las variables de los procesos y sus relaciones, que ayudan a gestionar sus características.

Seis Sigma, es un enfoque revolucionario de gestión que mide y mejora la Calidad, ha llegado a ser un método de referencia para, al mismo tiempo, satisfacer las necesidades de los clientes y lograrlo con niveles próximos a la perfección.

Seis Sigma es un método, basado en datos, para llevar la calidad hasta niveles próximos a la perfección, diferente de otros enfoques ya que también corrige los problemas antes de que se presenten. Más específicamente, se trata de un esfuerzo disciplinado para examinar los procesos repetitivos de las empresas.

Cualquier compañía puede beneficiarse del proceso Seis Sigma. Diseño, comunicación, formación, producción, administración, pérdidas, etc., todo entra dentro del campo de Seis Sigma. Pero el camino no es fácil. Las posibilidades de mejora y de ahorro de costos son enormes, puesto que requiere el compromiso de tiempo, talento, dedicación, persistencia y, por supuesto, inversión económica.

Un típico costo de no calidad son los errores, defectos y pérdidas en los procesos que puede impactar en el 20 ó 30 por 100 de las ventas. El campo es amplio, incluso sin llegar al nivel Seis Sigma (3,4 errores o defectos por millón de oportunidades), las posibilidades de mejorar significativamente los resultados son ilimitadas. Solamente será necesario que la organización ponga a disposición sus capacidades y proceda de manera consistente con sus recursos.

Es esencial que el compromiso con el enfoque Seis Sigma comience y permanezca en la alta dirección de la compañía. La experiencia demuestra que cuando la dirección no expresa su visión de la compañía, no transmite firmeza y entusiasmo, no evalúa los resultados y no reconoce los esfuerzos, los programas de mejora se transforman en una pérdida de recursos válidos. El proceso Seis Sigma comienza con la sensibilización de los ejecutivos para llegar a un entendimiento común del enfoque Seis Sigma y para comprender los métodos que permitirán a la compañía alcanzar niveles de Calidad hasta entonces insospechados.

El paso siguiente consiste en la selección de los empleados, profesionales con capacidad y responsabilidad en sus áreas o funciones que van a ser intensivamente formados para liderar los proyectos de mejora. Muchos de estos empleados tendrán que dedicar una parte importante de su tiempo a los proyectos, si se pretenden resultados significativos.

La formación de estos líderes tiene lugar en cuatro sesiones de cuatro días cada una, a lo largo de un periodo de 12 semanas durante el cual trabajarán en un proyecto concreto de mejora, que los capacitará como candidatos a una nueva profesión, "black belts" como implantadores de estas avanzadas iniciativas de Calidad. Esta formación, impartida por expertos, incluye la selección de un proyecto en la primera semana y la aplicación de lo aprendido a dicho proyecto antes de la sesión siguiente, mediante un equipo de mejora.

Para alcanzar el nivel "black belt" los candidatos tienen que demostrar los resultados conseguidos en el proyecto y éste nivel los capacita para continuar liderando nuevos equipos para nuevos proyectos de mejora.

El método Seis Sigma, conocido como DMAIC, consiste en la aplicación, proyecto a proyecto, de un proceso estructurado en cinco fases.

En la fase de definición se identifican los posibles proyectos Seis Sigma, que deben ser evaluados por la dirección para evitar la infrautilización de recursos. Una vez seleccionado el proyecto se prepara su misión y se selecciona el equipo más adecuado para el proyecto, asignándole la prioridad necesaria.

La fase de medición consiste en la caracterización del proceso identificando los requisitos clave de los clientes, las características clave del producto (o variables del resultado) y los parámetros (variables de entrada) que afectan al funcionamiento del proceso y a las características o variables clave. A partir de esta caracterización se define el sistema de medida y se mide la capacidad del proceso.

En la tercera fase, análisis, el equipo analiza los datos de resultados actuales e históricos. Se desarrollan y comprueban hipótesis sobre posibles relaciones causa-efecto utilizando las herramientas estadísticas pertinentes. De esta forma el equipo confirma los determinantes del proceso, es decir las variables clave de entrada o "pocos vitales" que afectan a las variables de respuesta del proceso.

En la fase de mejora el equipo trata de determinar la relación causa-efecto (relación matemática entre las variables de entrada y la variable de respuesta que interese) para predecir, mejorar y optimizar el funcionamiento del proceso. Por último se determina el rango operacional de los parámetros o variables de entrada del proceso.

La última fase, control, consiste en diseñar y documentar los controles necesarios para asegurar que lo conseguido mediante el proyecto Seis Sigma se mantenga una vez que se hayan implantado los cambios. Cuando se han logrado los objetivos y la misión se dé por finalizada, el equipo informa a la dirección y se disuelve.

En los proyectos Seis Sigma se utilizan dos tipos de herramientas. Unas, de tipo general como las 7 herramientas de Calidad, se emplean para la obtención y tratamiento de datos; las otras, específicas de estos proyectos, son herramientas estadísticas, entre las que cabe citar los estudios de capacidad del proceso, análisis ANOVA, contraste de hipótesis, diseño de experimentos y, también, algunas utilizadas en el diseño de productos o servicios, como el QFD y AMEF.

Estas herramientas estadísticas que hace unos años estaban solamente al alcance de especialistas, son hoy accesibles a personas sin grandes conocimientos de estadística. La disponibilidad de aplicaciones informáticas sencillas y rápidas, tanto para el procesamiento de

datos como para los cálculos necesarios para su análisis y explotación, permiten utilizarlas con facilidad y soltura, concentrando los esfuerzos de las personas en la interpretación de los resultados, no en la realización de los complejos cálculos que antes eran necesarios.

Conceptualmente los resultados de los proyectos Seis Sigma se obtienen por dos caminos. Los proyectos consiguen, por un lado, mejorar las características del producto o servicio, permitiendo conseguir mayores ingresos y, por otro, el ahorro de costos que se deriva de la disminución de fallos o errores y de los menores tiempos de ciclo en los procesos.

Así, las experiencias de las compañías que han decidido implantar Seis Sigma permiten indicar desde cifras globales de reducciones del 90 por 100 del tiempo de ciclo o 15 mil millones de dólares de ahorro en 11 años (Motorola), aumentos de productividad del 6 por 100 en dos años (Allied Signal), hasta los más recientes de entre 750 y 1000 millones de dólares de ahorro en un año (General Electric).

3.7 CREACIÓN DE LA BASE DE DATOS DE LOS PARÁMETROS ESTABLECIDOS CON SUS RESPECTIVAS DESCRIPCIONES.

Los datos son observaciones que realizamos en el mundo real. Los cuales son suficientes para poderlos registrarlos como situaciones o evidencias que se presenta en la vida cotidiana de cada individuo, lo cual adquieren un significado a partir de su procesamiento para convertirse en información. Cabe mencionar que al hablar de datos, hacemos referencia a un concepto amplio que puede incluir texto e imágenes.

Al contar con datos confiables y consistentes podemos generar información que nos va a permitir tomar decisiones convenientes en un futuro y a partir de información obtenida podemos generar *conocimiento* que nos es más que *información + valor*. Hasta llegar al tope de la pirámide de valor, la *sabiduría*, estatus en el contamos con la información valiosa en el momento, lugar y tiempo adecuados para la generación de ventajas competitivas.

Una vez recopilada la información que se presentó en la pirámide de valor llegamos al concepto de base de datos el cual es un conjunto de información relacionada que pertenece a una organización. En la base de datos encontraremos información del diseño, fabricación y funcionamiento de los instrumentales, tener agrupada esta información trae muchos beneficios tales como la inconsistencia de los datos guardados, entre otros.

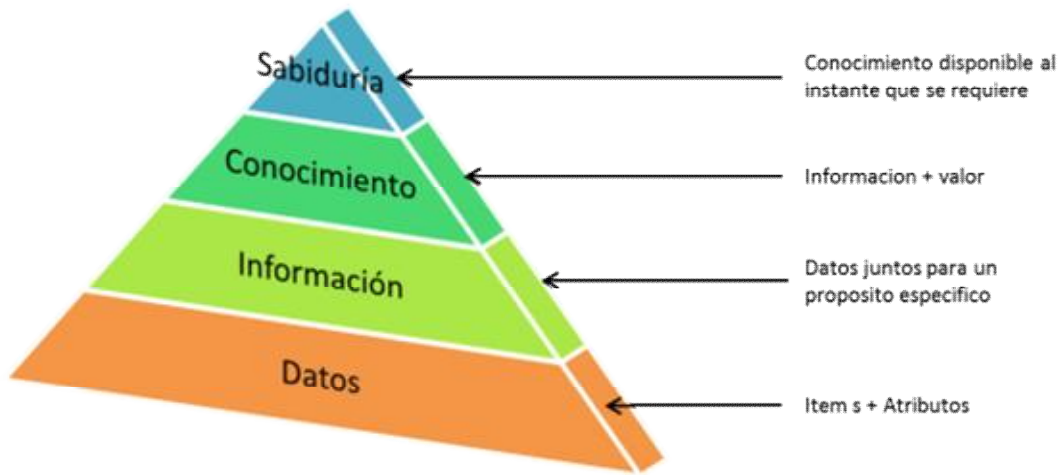


Ilustración 174 Pirámide de valor

Base de datos se divide en tres grupos diseño, fabricación y funcionamiento de los herramientas, se pretende tener un concentrado de información para ir generando conocimiento a lo largo de los proceso de herramientas. Ya que la generación de base de datos dará la pauta para tomar las decisiones y opciones más adecuada en el momento preciso.

Diseño

Tipo de parámetros	Parámetros	Atributos

Fabricación

Funcionamiento

Tipo de parámetros	Parámetros	Atributos	Tipo de parámetros	Parámetros	Atributos

Ilustración 175 Base de datos

Para la creación de la base de datos se consideraron dos aspectos *los parámetros y sus atributos*, los cuales determinaran un conjunto de información para la obtención de los conocimientos que se requieren para cumplir con los objetivos.

La base de datos para el diseño de herramientas básicamente consta de situaciones que se presentan a menudo en este tipo de tareas, para ello se realizó un listado de actividades de las cuales son cosas o situaciones que suceden dentro del mundo real y las cuales poseen *atributos* los cuales son las propiedades o características de las que se quiere que lleve el registro. Cabe mencionar que un parámetro tiene muchos atributos como se muestra en la tabla 16.

Los atributos es la parte importante de la base de datos en el diseño de herramientas, ya que estos determinan la situación actual en la que se encuentra los parámetros, y poder tomar las mejores opciones para optimizar el diseño de herramientas. A continuación se presenta la tabla de base de datos para el diseño de herramientas.

Tabla 51 Base de datos del diseño de herramientas

Tipo de parámetro	Parámetro	Atributos
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, Re trabajos en diseño, Vista ampliadas de ensamble, Reporte de análisis de materiales, Reporte de simulación
Diseño	Aspectos de Manufacturabilidad	Normas y Procedimientos
Diseño	Conocimiento de los componentes de un troquel en los diseñadores	Check list de capacitación
Diseño	Criterios y/o normas de diseño	Procedimientos de diseño, Normas de Diseño, Instrucciones de diseño, Manuales
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

El banco de información que se presenta en la fabricación de herramentales contiene datos relativos a las diferentes situaciones detectadas durante el proceso de fabricación, como se mencionó anteriormente esta base comparte vínculos entre sí, lo que genera todavía un moldeado mucho mejor para la optimización de los procesos. Como se observa en la tabla 17, se presentan situaciones diversas, las cuales algunas tienen relación entre sí, ya los procesos de fabricación son vulnerables.

A continuación se presenta la tabla con su base de datos para la fabricación de herramentales.

Tabla 52 Base de datos de fabricación de herramentales

Tipo de parámetro	Parámetro	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
Fabricación	Tiempo de proceso de sala medición muy largo	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

La información que se presenta en la base de datos para el funcionamiento de herramientas es extraída de situaciones que se presenta durante la ejecución de las actividades realizadas, estando orientados a parámetros que tiene relación con el diseño y fabricación de herramientas. A continuación se presenta la base de datos para el funcionamiento

Tabla 53 base de datos de funcionamiento de herramientas

Tipo de parámetro	Parámetro	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
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	Mantenimiento predictivo	Registro de mantenimiento
Funcionamiento	Mantenimiento preventivo	Registro de mantenimiento
Funcionamiento	Problemas de funcionamiento de automatización	Automatización
Funcionamiento	Problemas en cambio de herramental	Check list de SMED
Funcionamiento	Tecnologías utilizadas para el	Registro de mantenimiento

	monitoreo predictivo	
Funcionamiento	Uso inadecuado de herramientas de simulación de elementos discretos (procesos)	Layout, Diagrama de flujo, Hoja de tiempos y movimientos, Diagrama espagueti
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,



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

CAPÍTULO 4

CAPÍTULO 4

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.

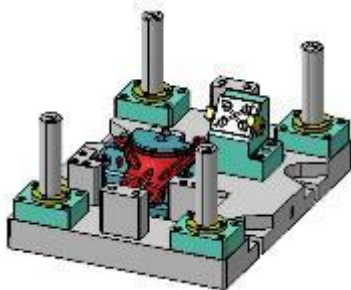
4. MODELAR LOS PARÁMETROS CREADOS, CON LA CREACIÓN DE OBJETOS DE APRENDIZAJE, QUE SIRVAN DE BASE EN LA OPTIMIZACIÓN DE DISEÑOS Y FABRICACIÓN DE HERRAMENTALES Y DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS.

Antecedentes

La competitividad del sector industrial se determina con por la habilidad de las empresas para mantenerse en un mercado competitivo, dependiendo del sector.

A nivel empresarial la competitividad se asocia con la rentabilidad, productividad, costos, valor agregado, participación de mercado, exportaciones, innovación tecnológica, calidad de los productos, también el uso y aplicación de herramientas matemáticas para el desarrollo de sus procesos.

En los capítulos anteriores hemos desglosado las características generales de los troqueles en base a diseño, fabricación y funcionamiento. Cabe mencionar que dentro de los procesos de manufactura de troqueles existen problemas, esto ocurren cuando los procesos se mueven más lentos o más rápidamente con respecto a lo estandarizado. Los procesos suelen ser básicamente manuales y automatizados, lo que depende de la habilidad y experiencia adquirida del diseñador, aunque en la actualidad existen maneras de simplificar y disminuir los tiempos empleados en el diseño de troqueles.



La presente metodología especifica la manera de modelar los parámetros en el diseño de ingeniería, con el fin de proporcionar la información adecuada para la toma de decisiones de manera organizada y útil. El proceso descrito será una guía general la cual servirá la solución de problemas.

En la investigación de operaciones (IO) se pueden encontrar tres principales beneficios en su implementación:

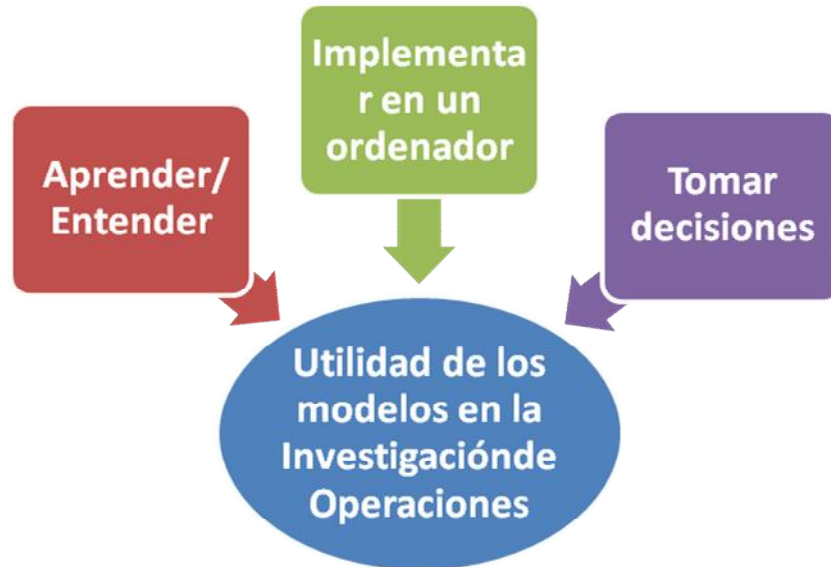


Ilustración 176 Utilidad de los modelos IO

Aprender / Entender

Modelar puede tener más valor que el modelo en sí mismo, ya que el principal beneficio que adquiere el modelador en la generación de modelos matemáticos es el experto y el entendimiento del comportamiento de la realidad estudiada, una vez finalizado el trabajo, teniendo como resultado final el hacer posible el diseño y la fabricación de herramientas y moldes de productos innovadores.

Es usual que para desarrollar un modelo se tenga que acceder a información a la que nunca se le habría prestado atención; inclusive el hecho de encontrar datos que se contrapongan unos con otros, pone en jaque las habilidades del modelador. Una vez construido el modelo, se comienza con su ejecución para conocer como el sistema actúa y reacciona, lo cual nos permitirá conocer errores y fundamentalmente demostrarlos.

Implementar en un ordenador

Un modelo matemático puede ser aplicado mediante sistemas informáticos que puedan automatizar el proceso de toma de decisiones haciendo más eficiente este proceso; que comprenda la información necesaria vinculada a los requerimientos de la empresa en cuestión. La automatización de procesos exige el modelado previo.



Ilustración 177 Diseño de piezas

Tomar decisiones

Los modelos construidos permiten mediante su resolución ayudar a la toma de decisiones generando soluciones óptimas dado un objetivo establecido, así mismo permiten evaluar el impacto que tendrán y de esta forma elegir el más conveniente para la organización.

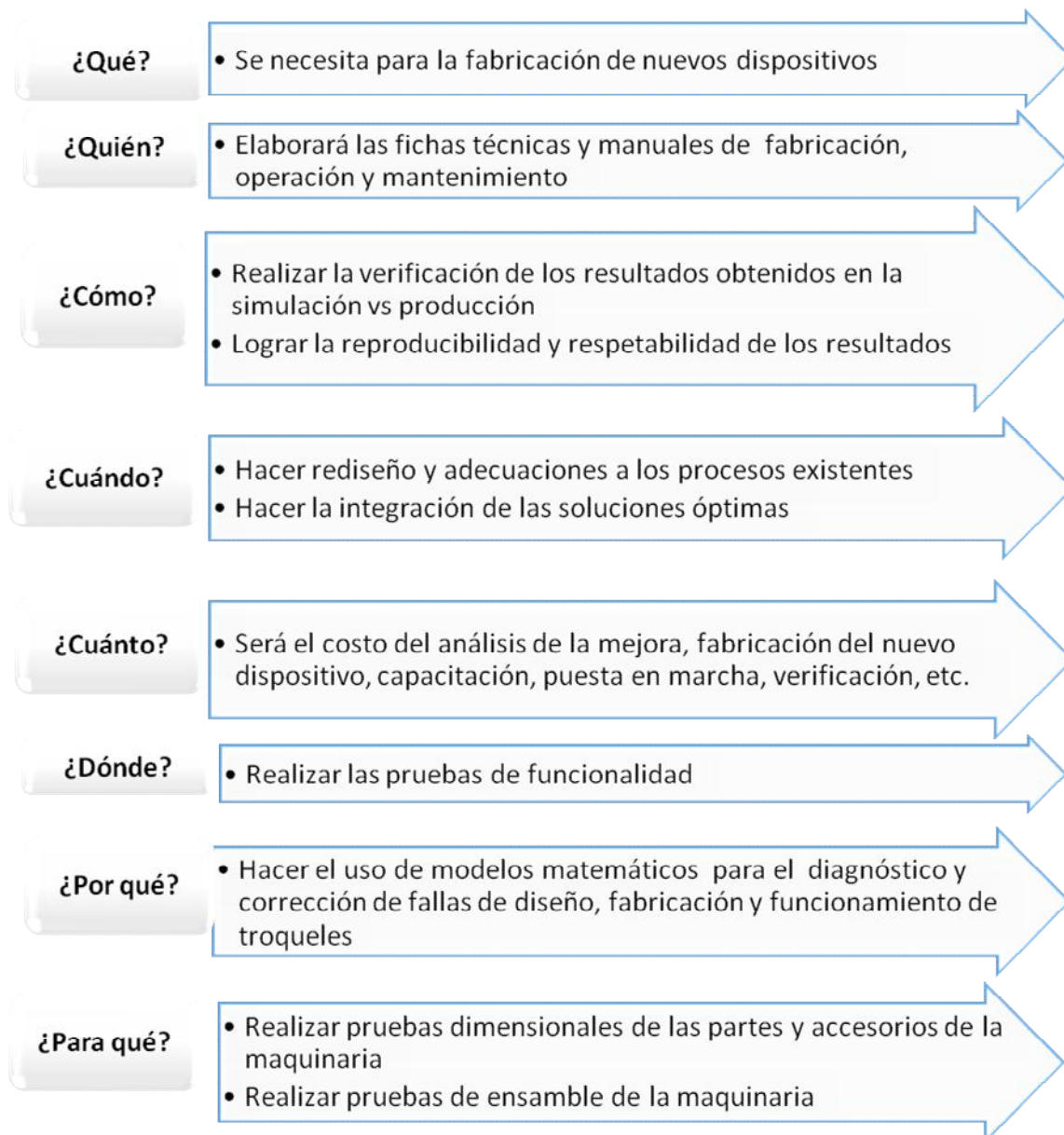
La toma de decisiones es un tema muy importante y lleva todo un proceso el cual inicia cuando una persona observa un problema y determina que es necesario resolverlo, comenzando con la definición, formular un objetivo y establecer las restricciones para generar las soluciones y evaluarlas hasta encontrar la mejor opción; este proceso puede ser cuantitativo o cualitativo.



Ilustración 178 Curva de aprendizaje

Un enfoque cuantitativo requiere habilidades que se obtienen del estudio de herramientas matemáticas que le permitan a la persona mejorar su efectividad en la toma de decisiones, este enfoque es muy útil cuando no se tiene experiencia con problemas similares o cuando su nivel de complejidad requiere de análisis exhaustivo para llegar a su resolución. El enfoque cualitativo se basa en la experiencia y el juicio personal, las habilidades necesarias en este enfoque son inherentes en la persona y aumentan con la práctica.

Antes de tomar una decisión se deben responder algunas de las preguntas que a continuación se ilustran en el diagrama de toma de decisiones.



Ciclo de vida de la construcción de modelos:

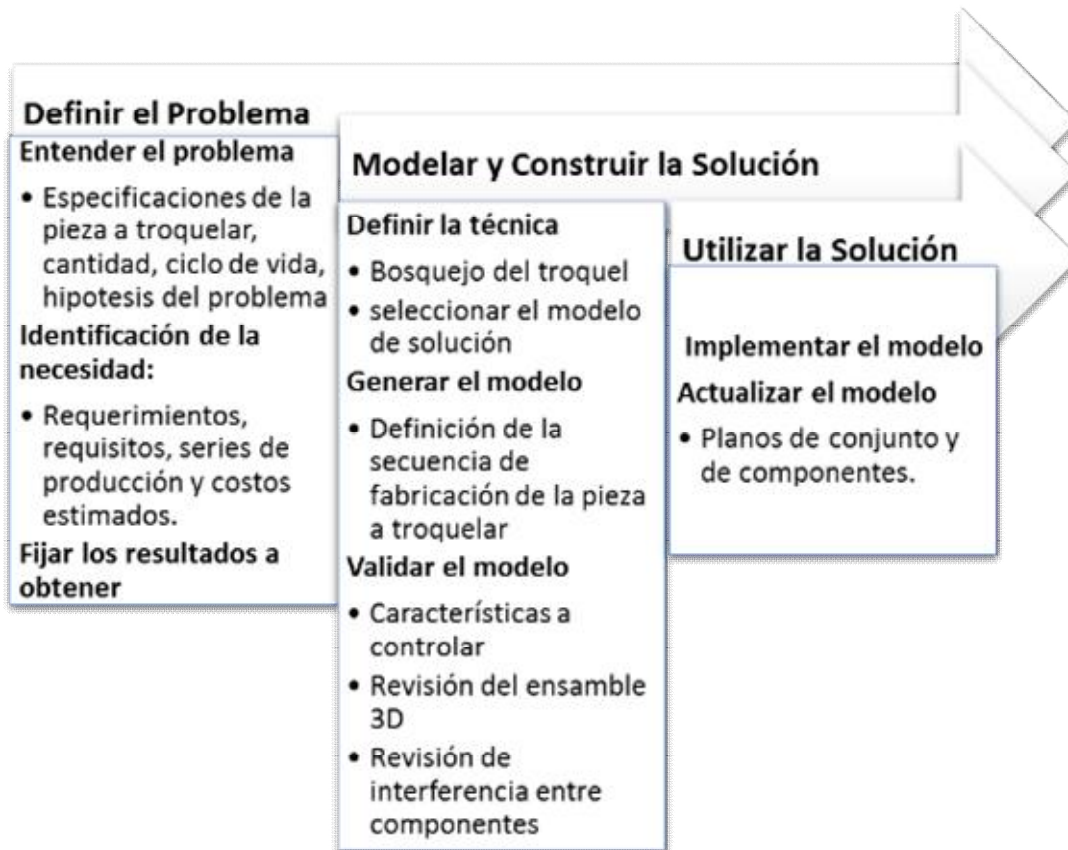


Ilustración 179Ciclo de vida de la construcción de modelos

Consideraciones

Un error a la hora de plantear un modelo es retrasar el comienzo del modelado hasta que se disponga de los datos. El analista debe desarrollar las líneas básicas sobre el modelo y una vez hecho esto, debiera definirse la estructura de datos necesarios.

Conocemos que el primer paso para diseñar y construir un herramental es analizar la pieza que se va a fabricar y así poder definir el proceso de fabricación más adecuado y económico.

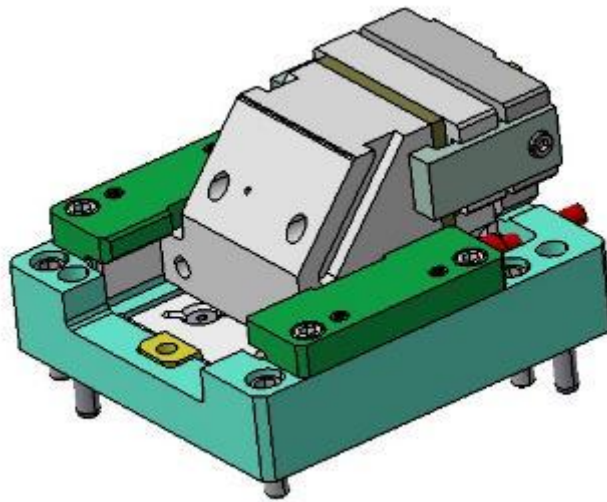


Ilustración 180 Diseño de troquel

Se tienen tres conjuntos básicos de datos necesarios para crear y validar un modelo:

1. Datos que aportan información preliminar y contextual: Permitirán generar el modelo.
2. Datos que se recogen para definir el modelo: Estos datos nos permitirán generar los parámetros del modelo.
3. Datos que permiten evaluar la factibilidad del modelo.

Los datos recabados para el segundo y el tercer conjunto de datos deberán ser distintos (en caso contrario el modelo no será válido).

Los siguientes aspectos se deben tomar en cuenta para recabar los datos necesarios para crear y validar el diseño de herramientas.

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

Los modelos matemáticos se pueden clasificar de múltiples maneras; pueden ser lineales o no-lineales. Si todos los operadores de un modelo son lineales el modelo es lineal, si al menos uno es no-lineal el modelo es no-lineal. Aunque hay excepciones, los modelos lineales son mucho más fáciles de manejar que los modelos no-lineales. La característica común que comparten todas las formas de modelar matemáticamente es que representan la realidad mediante variables y parámetros

INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES (IO).

Antecedentes.



Las raíces de la Investigación de Operaciones se remontan a décadas anteriores, cuando se hicieron los primeros intentos para emplear el método científico en la administración de una empresa. Casi siempre se atribuye a los servicios militares prestados a principios de la segunda guerra mundial, debido a los esfuerzos bélicos, existía una necesidad urgente de asignar recursos escasos a las distintas operaciones militares y a las actividades dentro de cada operación, en la forma más efectiva. Por esto, las administraciones militares americana e inglesa hicieron un llamado a un gran número de científicos para que aplicaran el método científico a éste y a otros problemas estratégicos y tácticos que se requerían. Al terminar la guerra, el éxito de la investigación de operaciones en las actividades bélicas generó un gran interés en sus aplicaciones fuera del campo militar. Para cuando comenzó la década de 1950, ya se había introducido el uso de la investigación de operaciones en la industria, los negocios y el gobierno, para resolver problemas básicamente siendo los mismos enfrentados por la milicia, pero en un contexto diferente. Un ejemplo sobresaliente es el método simplex, para resolver problemas de programación lineal, desarrollado en 1947 por George Dantzing; otros métodos son programación dinámica, líneas de espera y teoría de inventarios que fueron igualmente desarrollados casi por completo antes del término de la década de 1950.

La Investigación de Operaciones está relacionada con las herramientas administrativas tales como el Estudio del Trabajo, Ingeniería Industrial, Administración General y Administración de Operaciones y otras muchas. Sin embargo, es necesario hacer la distinción entre estas herramientas administrativas y la investigación de operaciones.

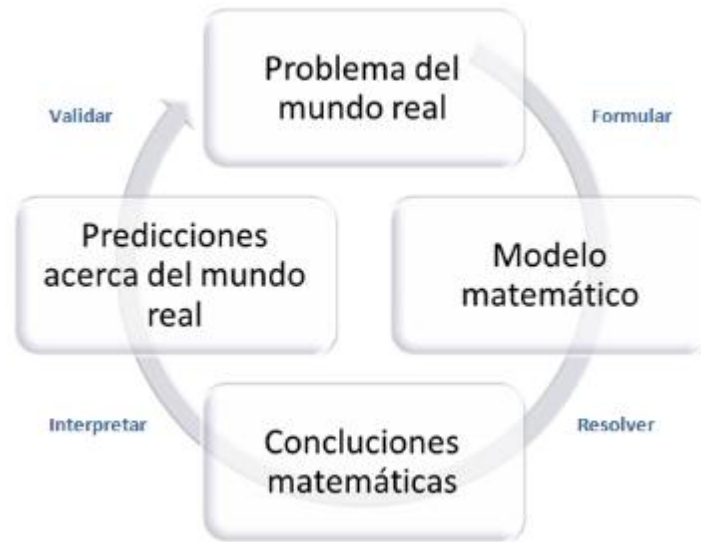


Ilustración 181 Proceso de operaciones

La Investigación de Operaciones es una rama de las matemáticas que hace uso de modelos matemáticos y algoritmos con el objetivo de ser usado como apoyo a la toma de decisiones, estos buscan que las soluciones obtenidas sean eficientes (en tiempo, recursos, costos, etc.) para el diagnóstico de las fallas de diseño, fabricación y funcionamiento de herramientas utilizados en procesos de estampado del área automotriz.

La Investigación de Operaciones ofrece bases cuantitativas para hacer la selección de las mejores decisiones y al mismo tiempo permite tener una base para planes a futuro. En el ambiente actual donde la complejidad de los problemas es creciente, debido a un ambiente más globalizado y competitivo, la Investigación de Operaciones ha permitido abordar de forma eficiente modelos que responden a distintas problemáticas, superando ampliamente los procedimientos cualitativos.

La realidad a la que se enfrentan diferentes empresas incluye una multiplicidad de factores, para ello los modelos de Investigación de Operaciones son frecuentemente usados para abordar una gran variedad de problemas de la naturaleza misma de cada empresa, lo que permite importantes beneficios y ahorros asociados a su utilización.

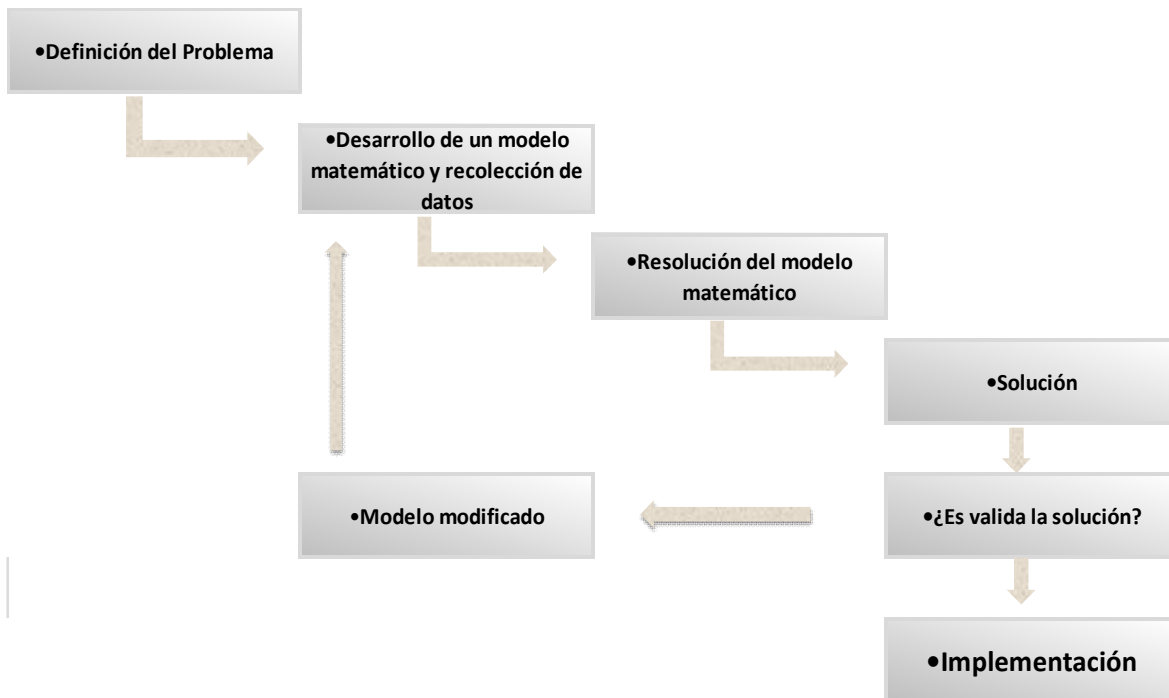


Ilustración 182 Metodología de IO

Optimización

Una de las áreas principales de la Investigación de Operaciones es la Optimización o Programación Matemática. La Optimización se relaciona con problemas de minimizar o maximizar una función (objetivo) de una o varias variables, cuyos valores usualmente están restringidos por ecuaciones y/o desigualdades.

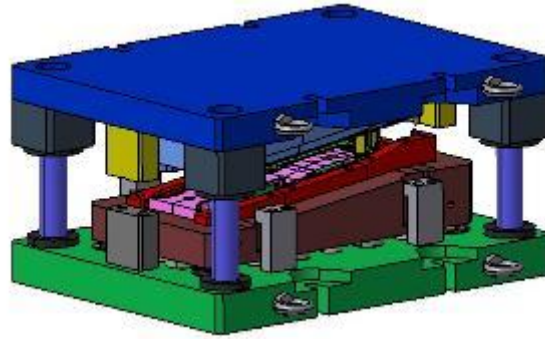


Ilustración 183 Optimización de diseño

Un modelo de Investigación de Operaciones requiere necesariamente de una abstracción de la realidad, además de identificar los factores dominantes que determinan el comportamiento del sistema en estudio. En este sentido, un modelo es una representación idealizada de una situación real o un objeto concreto.

El trabajo de los tomadores de decisiones normalmente consiste en recoger y analizar datos, desarrollar y analizar datos, desarrollar y probar modelos matemáticos, proponer soluciones, interpretar la información y en definitiva implementar las acciones de mejora. La optimización que ellos puedan generar consiste en la selección de la mejor alternativa de las demás posibles considerando los principales parámetros para evaluar el diseño y la fabricación del herramental

Pasos del Método científico en Investigación de Operaciones.

En el mundo la industria de los troqueles está enfocada a varios sectores industriales, las herramientas, matrices/troqueles y moldes son artículos fundamentales para la fabricación de bienes duraderos en distintos sectores. La investigación de operaciones es una herramienta que puede ser incorporada en el tema de diagnóstico para la corrección de fallas de diseño,

fabricación y funcionamiento de herramientas para el estampado de piezas del área automotriz.

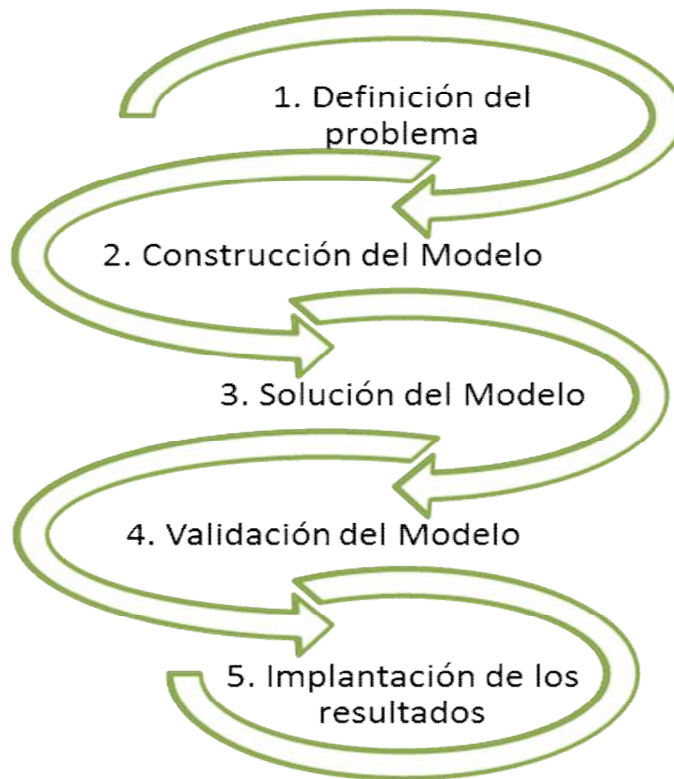


Ilustración 184 Pasos del método IO

1. Definición del problema

Desde el punto de vista de la Investigación de Operaciones (IO), esto indica tres aspectos principales:

- Una descripción de la meta o el objetivo del estudio,
- Una Identificación de las alternativas de decisión, y
- Un reconocimiento de las limitaciones, restricciones y requisitos del sistema

2. Construcción del Modelo

Dependiendo de la definición del problema, el equipo de investigación de operaciones deberá decidir sobre el modelo más adecuado para representar el sistema (modelo matemático, modelo de simulación; combinación de modelos matemáticos, de simulación y heurísticos).

3. Solución del Modelo

En modelos matemáticos esto se logra usando técnicas de optimización bien definidas y se dice que el modelo proporciona una solución óptima.

4. Validación del Modelo

Un modelo es válido si, independientemente de sus inexactitudes al representar el sistema, puede dar una predicción confiable del funcionamiento del sistema.

Los parámetros que se deben considerar para la evaluación de herramientas son:

- ✓ Aspectos de Manufacturabilidad
- ✓ Aspectos de Funcionalidad
- ✓ Limitaciones de forma
- ✓ Información técnica
- ✓ Determinación de la configuración del troquel
- ✓ Dimensionamiento de componentes y sistemas del troquel

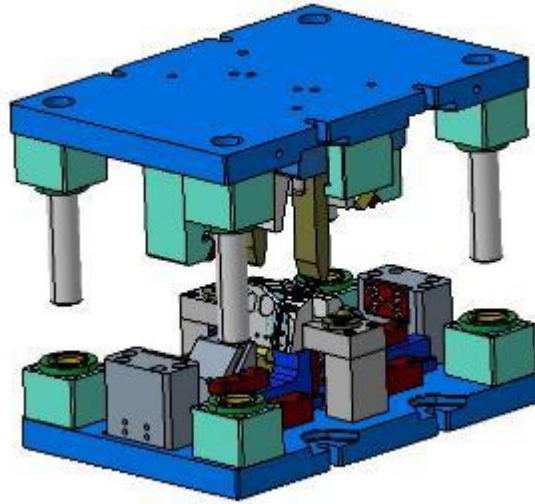


Ilustración 185 Validación de dispositivos

5. Implantación de los resultados Finales

La tarea de aplicar los resultados probados del sistema recae principalmente en los investigadores de operaciones. Esto implicaría la traducción de estos resultados en instrucciones de operación detallada, emitidas en una forma comprensible a los individuos que administraran y operaran el sistema después. La interacción del equipo de investigación de operaciones y el personal de operación llegara a su máximo en esta fase.

En resumen la investigación de operaciones se puede comprender en el siguiente diagrama de flujo:

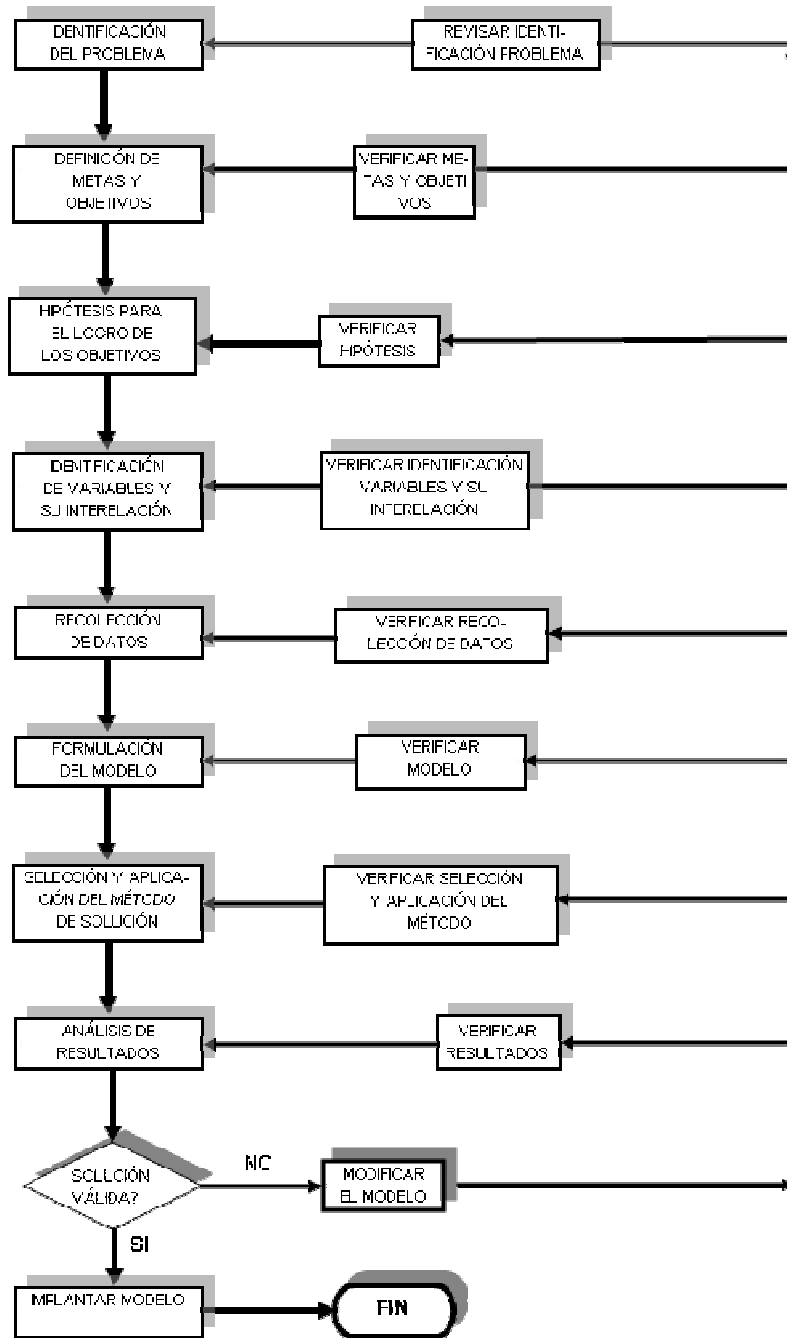


Ilustración 186 Diagrama de flujo de IO

Modelos de la investigación de Operaciones

Los modelos que se han considerado como propios de la IO, por ser los que en esencia se aplican con mayor frecuencia y por lo mismo se les han dedicado más horas de estudio son:

- ✓ Programación lineal
- ✓ Programación no lineal
- ✓ Programación entera
- ✓ Programación binaria
- ✓ Programación de metas múltiples
- ✓ Redes de optimización
- ✓ Modelos de inventarios
- ✓ Líneas de espera
- ✓ Teoría de juegos
- ✓ Análisis de decisiones
- ✓ Cadenas de Markov
- ✓ Programación dinámica
- ✓ Simulación de sistemas

PROGRAMACIÓN LINEAL

Definición

La programación lineal (PL) se refiere a varias técnicas matemáticas empleadas cuyo objetivo es asignar, de forma óptima, los recursos limitados a distintas demandas, tareas, operaciones o productos que compiten entre ellos, es decir, la programación de actividades para obtener un resultado óptimo.

Tabla 54 Características

Características	
Externas	Internas
Deben existir varias soluciones	Las variables deben de ser tipo Lineal
Fijar un criterio de decisión	La función objetivo debe ser lineal
Debe haber interdependencia entre las variables que conforman la función objetivo y las restricciones	Las relaciones de las variables deben de ser tipo lineal

La programación lineal consiste en un conjunto de variables reales, que mediante combinación lineal de ciertos parámetros, permite establecer un objetivo y restricciones lineales. La palabra Lineal se refiere a que solo se aplica a un conjunto de relaciones lineales. Hoy en día es posible encontrar en el mercado aplicaciones comerciales para la resolución eficiente de problemas de programación lineal, siendo un avance significativo de los últimos años el desarrollo de paquetes que facilitan la introducción del modelo y la integración de éste con las diferentes actividades de las empresas.



Ilustración 187 Aplicaciones de la programación lineal

La programación lineal utiliza un modelo matemático para describir y formular el problema; y el aspecto lineal se refiere a que todas las funciones matemáticas del modelo deben ser funciones lineales. Es un método matemático que permite asignar la cantidad fija de recursos a la satisfacción de varias demandas; se optimizan los objetivos y se satisfacen otras condiciones definidas.

Realmente no existe una libertad de acción; se tiene que trabajar en un medio ambiente dado, Por ejemplo, la disponibilidad de materia prima, la capacidad de producción y la demanda del producto a servicio, que en la mayoría de los casos son limitados.

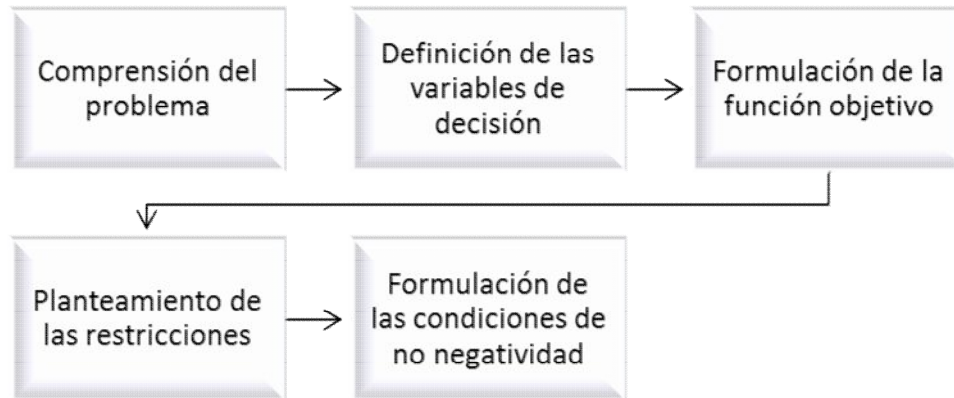


Ilustración 188 Pasos para la formulación de problemas en la PL

Componentes del modelo de Programación lineal:



Ilustración 189 Componentes modelo de programación lineal

Variables de decisión

Variables no negativas que representan las actividades que van a programarse, por ejemplo:

- ✓ Dispositivos por fabricarse

- ✓ Unidades por fabricarse
- ✓ Número de personas o máquinas que van a asignarse
- ✓ Tipo de material
- ✓ Forma del troquel y sus componentes así como del material
- ✓ Tolerancias y dimensionamientos a cumplir
- ✓ Diseño y forma del troquel

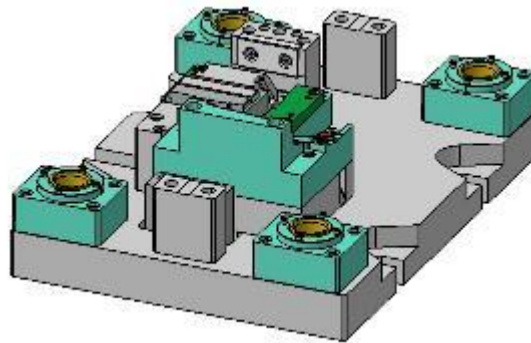


Ilustración 190 Restricciones del diseño

Función objetivo

Ecuación de primer grado, que representa la meta que se desea alcanzar, por ejemplo: maximizar el retorno total de las inversiones, maximizar utilidades o minimizar costos en los procesos de diseño, fabricación y reparación de herramientas del sector automotriz.

Restricciones

Estas pueden deberse a la limitación de los recursos o a los requerimientos de demanda, entre otros, por ejemplo:

- ✓ Velocidad de máquina
- ✓ Almacenamiento disponible
- ✓ Materiales
- ✓ Tiempo disponible

La resolución de un problema de programación lineal comprende 3 fases:



Ilustración 191 Fases de la Programación Lineal

El ingeniero y el administrador tienen que trabajar sobre la primera y tercera fase, ya que la resolución de un problema real se hace con la ayuda del software instalado; el objetivo principal es llegar a la última fase: el análisis de los resultados.

Será difícil que un problema cumpla con todas las suposiciones de manera exacta. Pero esto no obstaculizará la factibilidad de uso del modelo. Un modelo puede ser aún útil aunque difiera de la realidad, si se es consistente con los requerimientos más estrictos dentro del modelo y se tiene claras sus limitaciones al interpretar los resultados.

Limitaciones para el uso de la programación lineal

1. Los cálculos: Generalmente se necesita un software para realizar los cálculos. Desafortunadamente, las calculadoras, aun las programables, son poco útiles, puesto que la programación lineal tiene necesidad de gran cantidad de memoria o almacenamiento. Si no se tiene acceso a una computadora, se estará limitado a problemas muy sencillos.
2. El costo de formular un problema de programación lineal: En teoría, podría usarse programación lineal, por ejemplo, para hacer las compras mensuales de materia prima; sin embargo, sería necesario conocer todas las compras posibles que pueden realizarse (éstas serían las variables), además de cada restricción como características específicas, número de piezas, tamaño. Es obvio que el costo de obtener todos estos datos excede lo que se podría ahorrar si se hicieran las compras óptimas. Antes de emprender una aplicación de programación lineal, debe considerarse la disponibilidad y el costo de los datos necesarios

4.1 MODELADO DE LA FUNCIÓN OBJETIVO A OPTIMIZAR

Para fundamentar mejor las decisiones en la construcción y fabricación de troqueles, debe saber cómo hacer la pregunta y cómo formular el problema de manera adecuada, para esto, los pasos más importantes en la resolución de problemas están en identificar y después formular el problema en referencia con el marco matemático. El diseño de modelos matemáticos es un esfuerzo por hacer el proceso más sistemático, pero existen maneras de formular los problemas. A continuación se muestran los pasos para el diseño de los modelos tomando como base la construcción y fabricación de troqueles.



Ilustración 192 Construcción y fabricación de troqueles

Pasos generales y técnicas de la construcción de modelos matemáticos

El siguiente paso es formular el problema en un marco matemático, en el cual se proporcionaran los pasos y técnicas sistemáticas que puedan aplicar a la formulación de un modelo que proporcione la mejor solución para la construcción de troqueles.

Identificación de las variables de decisión

El primer paso para la formulación del problema es identificar las variables de decisión, a menudo simplemente llamado *variables*. Los valores de estas variables, una vez determinados, proporcionan la solución al problema.

La necesidad de identificar las variables de decisión correctamente es vital. De otra manera, la formulación de un modelo valido que capte todos los aspectos del problema es imposible. La elección de las variables no es única, y no existen reglas fijas. Sin embargo, las siguientes pautas son útiles en la identificación de un conjunto adecuado de variables de decisión.

Tabla 55 Características claves. Variables de decisión

Características claves
Pautas generales para identificar variables de decisión
✓ ¿Qué elementos afectan los costos y/o ganancias (o, en general, el objetivo global)
✓ ¿Qué elementos puedes elegir y/o controlar libremente?
✓ ¿Qué decisiones tiene que tomar?
✓ ¿Qué valores, una vez determinados, constituyen una solución para el problema? Pónganse en la posición de alguien que tiene que implementar su solución, y luego preguntarse qué información se requiere.

Identificación de los datos del problema

La finalidad de resolver un problema es proporcionar los valores reales enfocados a la solución del mismo. Se requiere conocer cierta información para determinar los valores. Estas cantidades constituyen los datos del problema. En problemas determinísticos, se requiere conocer estos valores al momento de formular el problema:

Tabla 56 Características claves. Datos del problema

CARACTERÍSTICAS CLAVE

La necesidad de que alguno de los datos del problema puedan aclararse cuando especifica el problema. Otros datos pueden hacerse necesarios al desarrollar el modelo matemático y descubrir que se requiere información adicional para ayudar a determinar los valores de las variables

Identificación de la función objetivo

El siguiente paso en la formulación del problema es expresar el objetivo global en forma matemática usando las variables de decisión y los datos conocidos del problema. Esta expresión, la *función objetivo*, generalmente se crea en tres etapas:

1. Establecer el objetivo en forma verbal.

2. Donde sea adecuado, descomponer el objetivo en una suma, diferencia o producto de cantidades individuales.

3. Expresar las cantidades individuales matemáticamente usando las variables de decisión y otros datos conocidos en el problema

Ilustración 193 Pasos para formulación

Tabla 57 Características clave. Función objetivo

CARACTERÍSTICAS CLAVE

- ✓ Creación de la función Objetivo mediante:
 - a. Enunciado del objetivo de manera verbal.
 - b. Cuando sea apropiado, descomponer el objetivo en una suma, diferencia, y/o productos terminados individuales
 - c. Expresar los términos individuales en (b) usando las variables de decisión y otros datos de problemas desconocidos.
- ✓ Trabajar con un ejemplo específico para determinar cómo se expresa la función objetivo en una forma matemática, eligiendo valores específicos para las variables de decisión y realizando los cálculos necesarios

En el capítulo 2 se obtuvieron los potenciales de mejora, definiendo 3 principales áreas de mejora para el diseño, estas a su vez serían las funciones objetivo a optimizar:

- Infraestructura tecnológica para software y hardware de diseño
- Lean Manufacturing para optimización del diseño
- Capacitación especializada en diseño de herramientas

Para la fabricación tenemos el mismo caso y se obtuvieron las siguientes áreas de mejora:

- Lean Manufacturing para la optimización de la fabricación
- Capacitación especializada en fabricación de herramientas
- Análisis de fallas de los problemas de fabricación de herramientas

Para el caso de funcionamiento se obtuvieron las siguientes áreas de mejora:

- Simulación de elementos discretos
- Aplicación de tecnología para automatización de procesos de herramientas
- Lean Manufacturing para la optimización del funcionamiento de los herramientas
- Implementación de mantenimientos (predictivo, preventivo, correctivo, 5'S)

Para el caso de nuestros modelos, las variables serían los parámetros que se definieron en el capítulo 3.7, ya que el objetivo de este capítulo es modelar los parámetros creados que sirvan de base en la optimización de diseños y fabricación de herramientas y del funcionamiento de los equipos.

Modelo para la evaluación de la producción de herramental

Definición del problema

Se requiere la implementación de un modelo matemático que permita la evaluación de diferentes parámetros de entrada y produzca un resultado ponderado que permita la comparación de diferentes rendimientos de las empresas dedicadas al diseño y manufactura de herramental. Así mismo, este modelo asistirá en la toma de decisiones respecto a los programas de mejora a implementar en la planta o empresa en cuestión.

El modelo se basa en una serie de datos de entrada, los cuales son tomados de la encuesta realizada en el capítulo 2.3, ya que podemos conocer lo que se tiene y las características de sus variables. Una vez que se tienen los datos de las variables de entrada cada una de las empresas encuestadas le asigno un valor entre 0 y 10 de acuerdo a sus políticas internas de la empresa.

La función objetivo tiene la meta de optimizar los procesos de herramientas, la cual se desglosa en la siguiente función.

$$f(\text{objetivo}) = tp1 + tp2 + tp3$$

Donde:

Tp1= Diseño

Tp2= Fabricación

Tp3= Funcionamiento

Adicionalmente se cuenta con restricciones, las cuales servirán para penalizar el mal desempeño dentro de los procesos correspondientes. Los criterios de evaluación (parámetros) se describen a detalle en la siguiente sección.

Los parámetros de entrada deben tomar un valor entre 0 y 10

El modelo se maneja en tipos de parámetros, estos son: Diseño, Fabricación y Funcionamiento, a su vez cada tipo de parámetro se compone por una serie de áreas de mejora las cuales se componen de los datos de entrada mencionados. En la siguiente sección se especifican cada uno de estos. Las restricciones existen para los mismos tipos de parámetros.

Uno de los requisitos que se busca cumplir con el modelo propuesto, es que la salida sea normalizada para así poder comparar diferentes sujetos (i.e. empresas o plantas) de prueba. Como se describirá en la sección de construcción del modelo, se proponen pesos para los distintos parámetros, áreas de mejora y tipos de parámetro, en base a esto, un segundo beneficio obtenido de la normalización, es la independencia del funcionamiento del modelo y los pesos de evaluación, permitiendo que el valor de los pesos quede a criterio del evaluador, quien puede decidir dichos valores en base a las características del cliente.

Construcción del modelo

En esta sección se explica la lógica que implementa el modelo propuesto. Se detallan las entradas al sistema (Tipo de parámetro, áreas de mejora y variables) y las salidas que genera.

Datos de entrada

Se cuenta con los siguientes datos de entrada, los cuales se evaluarán de manera iterativa como se explica en la subsección “Funcionamiento del modelo”. Las restricciones también se incluyen en esta subsección como datos de entrada.

Para la optimización del diseño tenemos lo siguiente:

Tipo de parámetro	Parámetro / Variable	Área de Mejora / Función Objetivo
Diseño	Análisis de Manufacturabilidad	Capacitación especializada en diseño de herramientas
Diseño	Aplicación de GD&T a la posición y localización de componentes del herramental	
Diseño	Aspectos de Manufacturabilidad	
Diseño	Conocimiento de los componentes de un troquel en los diseñadores	
Diseño	Criterios y/o normas de diseño	
Diseño	Dimensionamiento de componentes y sistemas del troquel	
Diseño	Fallas en el proceso de fabricación de troqueles por mal diseño	Lean Manufacturing para optimización del diseño

Diseño	Fallas en la validación del diseño de troquel	Infraestructura tecnológica para software y hardware de diseño
Diseño	Falta de procedimientos de diseño	
Diseño	Uso inadecuado de herramientas de diseño (CAD)	
Diseño	Verificación de tolerancias	

Para la optimización de la fabricación tenemos lo siguiente:

Tipo de parámetro	Parámetro / Variable	Área de Mejora / Función Objetivo
Fabricación	Almacenes con exceso o falta de materiales	Lean Manufacturing para la optimización de la fabricación
Fabricación	Baja producción de prensa de estampado	
Fabricación	Falla en certificación de calidad	
Fabricación	Entregas a tiempo de producto	
Fabricación	Falla en estandarización por Lean Manufacturing	
Fabricación	Fallas en el proceso de fabricación de troqueles	
Fabricación	Materiales mezclados en cajas de empaque	

Fabricación	Número de desperdicios (PPM)	Análisis de fallas de los problemas de fabricación de herramientas
Fabricación	Pieza con rebabas	
Fabricación	Pieza fuera de dimensión	
Fabricación	Pieza terminada con operaciones faltantes	
Fabricación	Piezas dañadas	
Fabricación	Proceso detenido	
Fabricación	Proceso largo de maquinado de componentes para herramientas.	Capacitación especializada en fabricación de herramientas
Fabricación	Maquinado de componentes para herramientas inadecuados	
Fabricación	Reclamación de producto no conforme	Lean Manufacturing para la optimización de la fabricación
Fabricación	Falla de satisfacción de calidad	
Fabricación	Falla de sistema de administración de calidad	
Fabricación	Fallas en sustentabilidad ambiental	
	Tiempos muertos	
Fabricación	Tiempo de proceso de sala medición muy largo	Capacitación especializada en fabricación de herramientas

Fabricación	Uso inadecuado de herramientas de programación de CNC (CAM)	
Fabricación	Verificación del desarrollo de un producto	

Para la optimización del funcionamiento tenemos lo siguiente:

Tipo de parámetro	Parámetro / Variable	Área de Mejora / Función Objetivo
Funcionamiento	Cuellos de botella en el funcionamiento de los equipos	Lean Manufacturing para la optimización del funcionamiento de los herramientas
Funcionamiento	El tiempo necesario para reparar las fallas	
Funcionamiento	Errores en el funcionamiento de estampado de una pieza	
Funcionamiento	Falla en prensas	Implementación de mantenimientos (predictivo, preventivo, correctivo, 5'S)
Funcionamiento	Falta de mantenimiento a troqueles	
Funcionamiento	Falta de seguridad en máquinas	
Funcionamiento	Frecuencia de fallas	
Funcionamiento	Mantenimiento predictivo	
Funcionamiento	Mantenimiento preventivo	

Funcionamiento	Problemas de funcionamiento de automatización	Aplicación de tecnología para automatización de procesos de herramientas
Funcionamiento	Problemas en cambio de herramental	
Funcionamiento	Tecnologías utilizadas para el monitoreo predictivo	
Funcionamiento	Uso inadecuado de herramientas de simulación de elementos discretos (procesos)	Simulación de elementos discretos
Funcionamiento	Uso inadecuado de herramientas de simulación de elementos finitos (CAE)	

Para las restricciones de diseño:

Tipo de parámetro	Área de Mejora / Función Objetivo	Restricción
Diseño	Infraestructura tecnológica para software y hardware de diseño	Presupuesto para infraestructura tecnológica
Diseño	Lean Manufacturing para optimización del diseño	Falta de interés de la dirección para su implementación
Diseño	Capacitación especializada en diseño de herramientas	Grado de especialización del personal Experiencia del personal Tiempo disponible para capacitación

Para las restricciones de fabricación:

Tipo de parámetro	Área de Mejora / Función Objetivo	Restricción
Fabricación	Lean Manufacturing para la optimización de la fabricación	Falta de interés de la dirección para su implementación
Fabricación	Capacitación especializada en fabricación de herramientas	Grado de especialización del personal Experiencia del personal Tiempo disponible para capacitación
Fabricación	Análisis de fallas de los problemas de fabricación de herramientas	Grado de especialización del personal Experiencia del personal Falta de herramientas de análisis

Para las restricciones de funcionamiento:

Tipo de parámetro	Área de Mejora / Función Objetivo	Restricción
Funcionamiento	Simulación de elementos discretos	Grado de especialización del personal Experiencia del personal tiempo disponible para capacitación
Funcionamiento	Aplicación de tecnología para automatización de procesos de herramientas	Presupuesto para infraestructura tecnológica

Funcionamiento	Lean Manufacturing para la optimización del funcionamiento de los instrumentales	Falta de interés de la dirección para su implementación
Funcionamiento	Implementación de mantenimientos (predictivo, preventivo, correctivo, 5'S)	Presupuesto para infraestructura tecnológica Falta de interés de la dirección para su implementación

Funcionamiento del Modelo

La función objetivo se evalúa en 3 pasos recursivos. En cada uno de estos pasos se usa la función Eval para generar la ponderación entre una serie de entradas con sus respectivos pesos. La ponderación global se compone de la evaluación de 3 ponderaciones, estas son: Diseño, Fabricación y Funcionamiento. Cada una de estas ponderaciones se obtiene a su vez de la ponderación de una serie de ponderaciones relacionadas con las áreas de mejora en la empresa. Finalmente cada ponderación de las áreas de mejora se obtiene mediante la ponderación de las variables de decisión. Ver tablas de la subsección “datos de entrada”.

El modelo implementa una lógica basada en el modelo de programación lineal, con la diferencia de que la salida de la función lineal se aplica en una función no lineal para su normalización. A continuación se explica el modelo usando un diagrama simplificado.

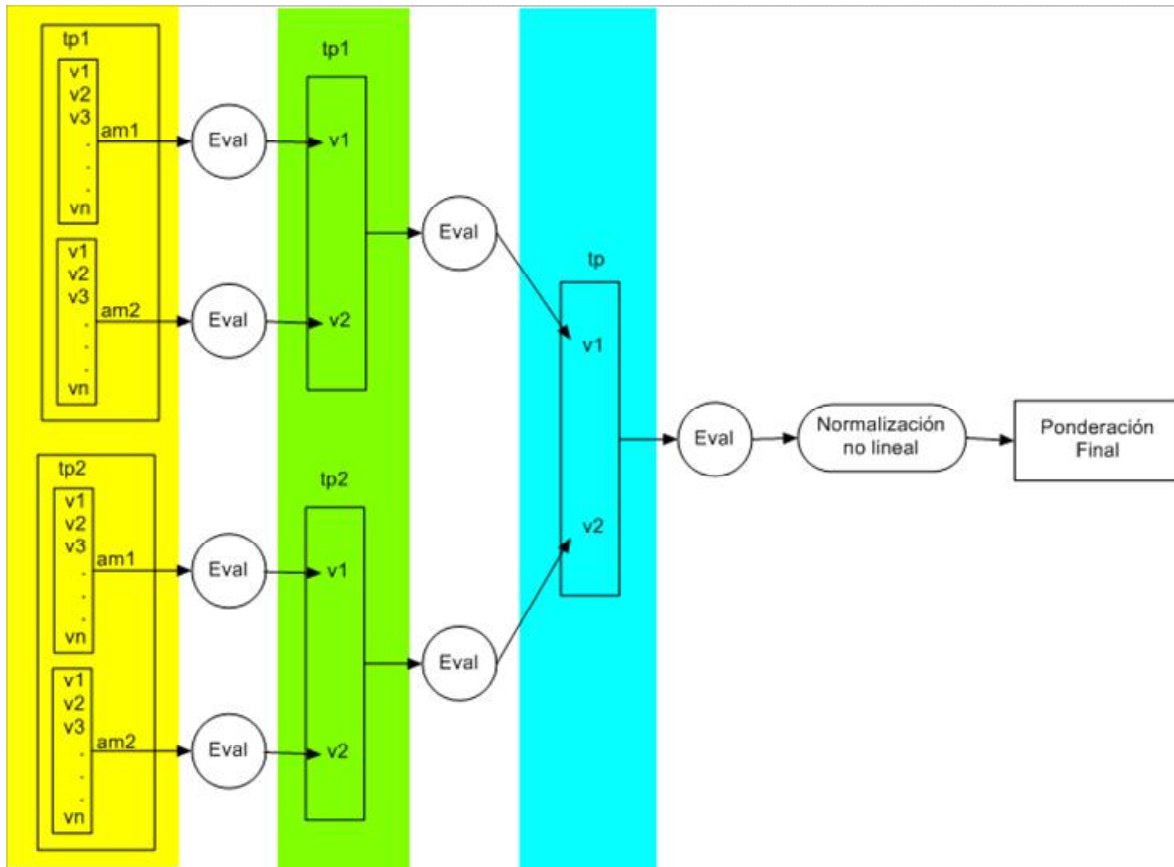


Ilustración 194.- Algoritmo implementado.

En la ilustración 194 se muestra el algoritmo simplificado, en este solo consideramos dos tipos de parámetro (tp1 y tp2), dos áreas de mejora (am1 y am2) por cada tipo de parámetro y n variables parámetros de entrada. También se omiten los pesos, estos simplemente se aplican multiplicando directamente las variables. El algoritmo ejecuta 3 iteraciones, las cuales podemos identificar en la ilustración mediante los recuadros de color (iteración 1 en amarillo, iteración 2 en verde e iteración 3 en azul). Su funcionamiento es el siguiente:

1. Iteración 1: Se generan vectores conteniendo los parámetros de entrada del sistema por área de mejora (correspondiente a las tablas de datos de entrada mostradas), en los mismos vectores también incluimos las restricciones de cada área de mejora. Estos

vectores se ingresan en la función Eval, la cual será explicada más adelante pero basta saber que aplica una operación matemática lineal para producir una salida ponderada única.

2. Iteración 2: Con las salidas de la función Eval para cada área de mejora se genera un nuevo vector. Se va a contar ahora con un vector por cada tipo de variable. Estos nuevos vectores se reingresan a la función Eval.
3. Iteración 3: Finalmente, similar al proceso anterior, con las salidas de la función Eval en la iteración 2, se produce un vector que contendrá las ponderaciones para los tipos de parámetro. Una última vez se reingresa este vector a la función Eval, con lo cual se obtiene un valor ponderado único.
4. El último paso consiste en normalizar la salida lineal, con lo cual se obtiene una respuesta entre 0 y 1.

Función Eval correspondiente.

La función Eval toma los vectores de entrada y evalúa cada entrada las cuales tiene distintas ponderaciones esto se debe a que las empresas califican de manera distintas sus áreas de mejora. Estas ponderaciones se realizan tanto para las entradas como para las restricciones en el caso de que exista. A continuación se obtiene el promedio de los vectores de entrada, en caso de existir un vector de restricciones también se obtiene su promedio y se realiza una resta aritmética entre estos resultados, lo cual genera el resultado final.

La ponderación de los vectores de entrada son seleccionados de acuerdo a las políticas de cada empresa las cuales se determinan de la siguiente manera:

Donde:

$$\text{Diseño} = V1 + V2 + V3 + \dots + Vn = \text{Área de mejora \%}$$

Fabricación = $V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n = \text{Área de mejora } \%$

Funcionamiento = $V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n = \text{Área de mejora } \%$

A continuación se realiza un análisis del comportamiento de esta función. La función tiene una respuesta lineal. Por lo que al evaluarla con una serie de entradas crecientes (e.g. vectores con valores de 1 a 100) se obtiene una respuesta como la siguiente:

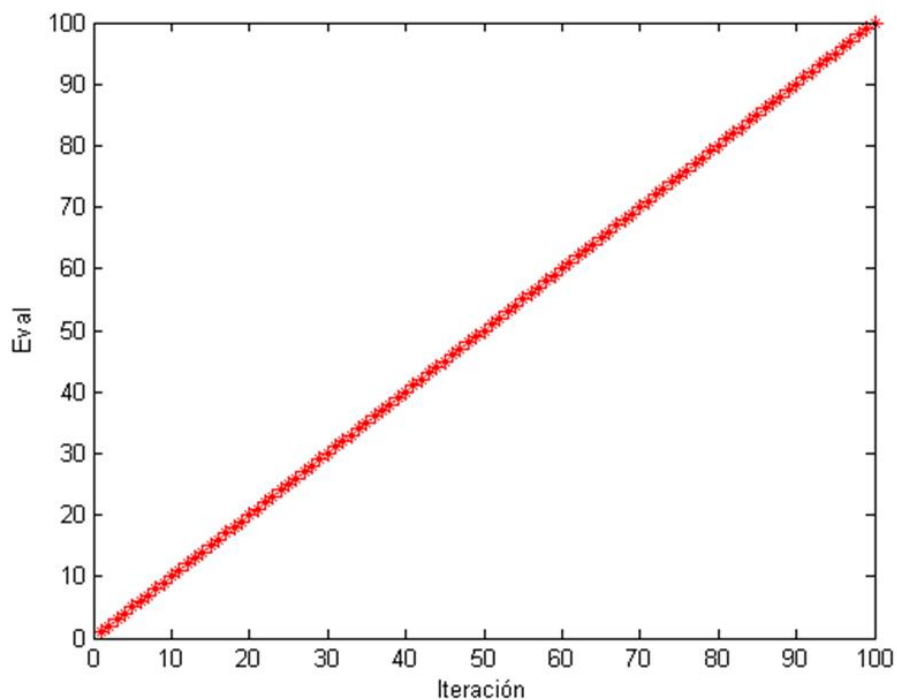


Ilustración 195 Respuesta a una entrada lineal creciente de la función Eval

En esencia lo que hace esta función con una entrada lineal y sin entradas de restricciones, es obtener el promedio del vector.

Programación del modelo

La implementación en Matlab® del modelo se incluye en un archivo anexo. Para facilitar la programación, se genera una tabla de códigos (ver tabla anexa) para producir los nombres de las variables. Ejemplo: tp1_am1_v1 donde tp1 se refiere al tipo de parámetro 1, am se refiere al área de mejora 1 y v1 se refiere a la variable 1, por lo que según la tabla de la subsección "Datos de entrada" esta es la variable "Análisis de manufacturabilidad". Para los pesos se usa la misma convención agregando la terminación _w.

Salidas

Las salidas del modelo proveen la información necesaria para tener una imagen completa acerca del estado de la planta o empresa. Dicha información incluye un análisis de estadística descriptiva y la salida de la Ponderación final del modelo. A continuación se enlistan las salidas:

- Ponderación Final: Parámetro de salida que provee una calificación global del rendimiento de la planta.
- Tablas descriptivas para áreas de mejora:
 - Tabla descriptiva de Diseño: Contienen medidas de tendencia central y medidas de dispersión de las áreas de mejora para el Diseño.
 - Tabla descriptiva de Fabricación: Contienen medidas de tendencia central y medidas de dispersión de las áreas de mejora para el Fabricación.
 - Tabla descriptiva de Funcionamiento: Contienen medidas de tendencia central y medidas de dispersión de las áreas de mejora para el Funcionamiento.
- Tabla descriptiva para Tipo de parámetro: Contiene medidas de tendencial central y medidas de dispersión de cada tipo de parámetro.

Análisis de características del modelo

En esta sección se analizan los casos extremos del modelo, estos son:

1. Cuando todas las entradas son máximas (i.e. todas las entradas tienen una evaluación de 10 y las restricciones de 0).
2. Cuando todas las entradas son mínimas (i.e. todas las restricciones tienen una evaluación de 10 y las entradas de 0)

Es importante a la hora de analizar un modelo, examinar estos casos extremos ya que dan una idea más general del alcance y características del mismo.

Caso 1: Entradas Máximas

Para el caso de entradas máximas obtenemos los siguientes resultados:

Ponderación Final = 1.0

Tabla de análisis descriptivo para Diseño

promedio_tp1	mediana_tp1	moda_tp1	std_tp1	max_tp1	min_tp1
10	10	10	0	10	10
10	10	10	0	10	10
10	10	10	0	10	10

Tabla de análisis descriptivo para Fabricación

promedio_tp2	mediana_tp2	moda_tp2	std_tp2	max_tp2	min_tp2
10	10	10	0	10	10
10	10	10	0	10	10
10	10	10	0	10	10

Tabla de análisis descriptivo para Funcionamiento

promedio_tp3	mediana_tp3	moda_tp3	std_tp3	max_tp3	min_tp3
10	10	10	0	10	10
10	10	10	0	10	10
10	10	10	0	10	10
10	10	10	0	10	10

Tabla de análisis descriptivo para Tipo de parámetro

promedio_tp	mediana_tp	moda_tp	std_tp	max_tp	min_tp
10	10	10	0	10	10
10	10	10	0	10	10
10	10	10	0	10	10

De este análisis podemos observar que la máxima calificación que se puede obtener mediante el modelo es de 1.0 lo cual correspondería al óptimo. Como se puede esperar los datos descriptivos son solo informativos en este caso dada la nula variabilidad en los datos de entrada.

Caso 2: Entradas Mínimas

Para el caso de entradas mínimas obtenemos los siguientes resultados:

Ponderación Final = $1.0677e-06 \approx 0$

Tabla de análisis descriptivo para Diseño

promedio_tp1	mediana_tp1	moda_tp1	std_tp1	max_tp1	min_tp1
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

Tabla de análisis descriptivo para Fabricación

promedio_tp2	mediana_tp2	moda_tp2	std_tp2	max_tp2	min_tp2
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

Tabla de análisis descriptivo para Funcionamiento

promedio_tp3	mediana_tp3	moda_tp3	std_tp3	max_tp3	min_tp3
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

Tabla de análisis descriptivo para Tipo de parámetro

promedio_tp	mediana_tp	moda_tp	std_tp	max_tp	min_tp
-10	-10	-10	0	-10	-10
-10	-10	-10	0	-10	-10
-21.25	-10	-10	22.5	-10	-10

De este análisis podemos observar que la máxima calificación que se puede obtener mediante el modelo es de 1.0 lo cual correspondería al óptimo. Como se puede esperar los datos descriptivos son solo informativos en este caso dada la nula variabilidad en los datos de entrada.

Resultados:

Ponderación Final = 0.4035

Tabla de análisis descriptivo para Diseño

promedio_tp1	mediana_tp1	moda_tp1	std_tp1	max_tp1	min_tp1
5	5	5	1.414213562	7	3
4.333333333	3	2	3.214550254	8	2
8.5	8.5	8	0.707106781	9	8

Tabla de análisis descriptivo para Fabricación

promedio_tp2	mediana_tp2	moda_tp2	std_tp2	max_tp2	min_tp2
6.583333333	7	7	2.466441431	9	0
6.5	6.5	6	1.048808848	8	5
6.4	6	6	1.140175425	8	5

Tabla de análisis descriptivo para Funcionamiento

promedio_tp3	mediana_tp3	moda_tp3	std_tp3	max_tp3	min_tp3
5	5	4	1	6	4
6.333333333	6.5	5	1.211060142	8	5
5	5	4	1	6	4
5.5	5.5	4	0.707106781	6	4

Tabla de análisis descriptivo para Tipo de parámetro

promedio_tp	mediana_tp	moda_tp	std_tp	max_tp	min_tp
2.6111111111	2.5	2	0.673575314	3.333333333	2
1.3833333333	1.066666667	2	1.077161909	2.583333333	2
- 5.166666667	-2.75	2	6.794605704	0	2

Donde cada fila de las tablas es un área de mejora.

La interpretación de dichos valores se analizará en el capítulo 4.3 donde se especifica los rangos de las iteraciones realizadas en este capítulo. En base a estos datos se tomarán las decisiones necesarias según sea el caso de cada organización.

4.2 MODELADO DE LAS RESTRICCIONES DE LA FUNCIÓN OBJETIVO

Las restricciones son las condiciones que debe de satisfacer la combinación de variables que se encuentren como respuesta. En un ambiente financiero las restricciones se refieren a las limitaciones sobre la disponibilidad de los recursos que pueden ser aplicados o utilizados.

Dentro del desarrollo de los modelos se presentan varios problemas que se pueden englobar en los siguientes puntos:

- Los expertos en contenidos no han sido provistos de herramientas sencillas e intuitivas que automaticen la producción masiva de contenidos.
- Los productores del conocimiento no están capacitados con los fundamentos teóricos que sustenten la estructuración o diseño de los objetos de aprendizaje, o la experiencia en el área de conocimiento en la que aplica el objeto de aprendizaje.
- Para la elaboración de aprendizaje no existe un proceso estructurado ni basado en ingeniería de software para la producción de estos productos de software, que garantice la consistencia y estandarización de los procesos para aumentar la calidad de los productos
- No existe ningún modelo de madurez de procesos que garantice la calidad del proceso de producción de objetos de aprendizajes.

Identificación de las restricciones

Su objetivo es maximizar las ganancias o incrementar el valor de la función objetivo. La función objetivo le dice que mientras más grande sea el valor de las variables, más grande será la ganancia. Pero en el mundo real pone un límite en los valores que puede asignar a estas

variables. Las restricciones son condiciones que las variables de decisión deben de satisfacer para construir una solución “aceptable”.

Tabla 58 Características clave. Restricciones

CARACTERÍSTICAS CLAVE	
Después de identificar estas restricciones, debe expresarlas en forma matemática usando las variables de decisión y otros datos del problema. Este proceso es idéntico al usado para la función objetivo	
✓	Expresar las restricciones en forma verbal
✓	Cuando es apropiado, descomponer la restricción en una suma, diferencia y/o producto de cantidades individuales
✓	Trabajar con un ejemplo específico para expresar las cantidades individuales en forma matemática, usando las variables de decisión y otros conocidos del problema

Para definir las restricciones, debemos tener en cuenta las funciones objetivos definidas en el capítulo anterior con las que se van a asociar:

Las restricciones para los parámetros de diseño quedarían de la siguiente manera:

Tipo de parámetro	Área de Mejora / Función Objetivo	Restricción
Diseño	Infraestructura tecnológica para software y hardware de diseño	Presupuesto para infraestructura tecnológica
Diseño	Lean Manufacturing para optimización del diseño	Falta de interés de la dirección para su implementación

Diseño	Capacitación especializada en diseño de herramientas	Grado de especialización del personal Experiencia del personal tiempo disponible para capacitación
--------	--	--

En el capítulo 4.1 se realizó la construcción de la función eval tomando los vectores de entrada para su evaluación con sus respectivas ponderaciones. Ahora se realizará lo mismo pero con restricciones en caso de que existan.

Para explorar el comportamiento de la función se generan tres gráficas adicionales, estas son: Una gráfica en la que se proporcionan entradas aleatorias crecientes, es decir, una entrada creciente con ruido; Una segunda gráfica en la que se mantiene una entrada lineal como la anteriormente mostrada y se ingresan restricciones con ruido; finalmente, la última gráfica muestra una entrada con ruido así como restricciones con ruido.

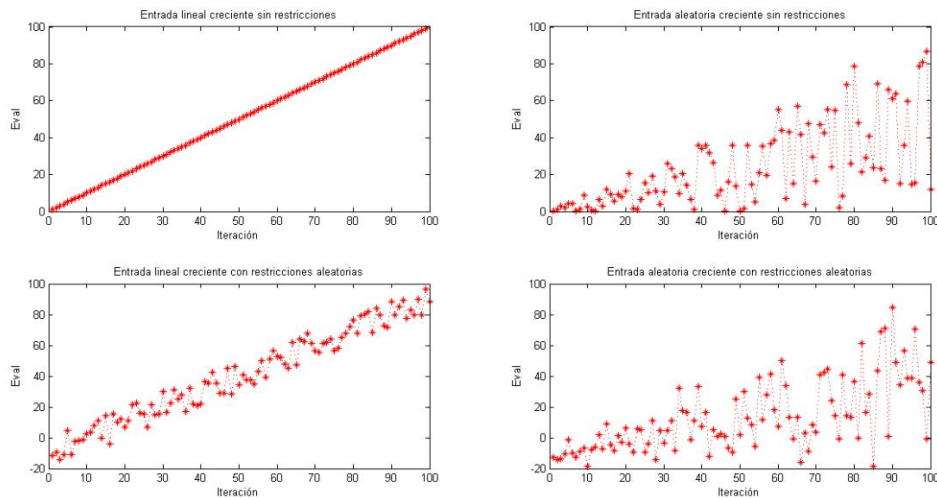


Ilustración 196 Comparación de entradas a la función eval con restricciones

Como se observa, la salida de la función es lineal y se ve afectada por las restricciones impuestas, de modo que al contar con restricciones, la respuesta de la función será de menor magnitud.

A continuación se presentan resultados de las restricciones de Diseño. Los datos son recabados de empresas que por confidencialidad no se mencionan en este estudio. Y validan las restricciones de para las áreas de mejora de diseño.

Tabla 59 Restricciones de Diseño

Restricciones de Diseño		Promedio
1	Tiempos de respuesta largos a pedidos del cliente	5.2
2	Desperdicios de cualquier clase	7
3	Falta de capacitación del personal para atender los beneficios y mejoras	4.8
4	Falta de equipos multifuncional de Lean Manufacturing	5.5
5	Falta de compromiso de administrativos para adoptar la cultura del cambio	6
6	Recorte de presupuesto al 50%	5
Total		5.6

En la gráfica siguiente se observa que existe una gran oportunidad de mejora en el área de Diseño de herramientas. Se tiene un promedio de 5.6 que significa que todavía las empresas que fabrican los herramientas tienen limitaciones para llevar a cabo las diferentes tareas. y las cuales se debe entender para cumplir con las necesidades de la organización.



Ilustración 197 Resultado de restricciones de Diseño

Las restricciones para los parámetros de fabricación quedarían de la siguiente manera:

Tipo de parámetro	Área de Mejora / Función Objetivo	Restricción
Fabricación	Lean Manufacturing para la optimización de la fabricación	Falta de interés de la dirección para su implementación
Fabricación	Capacitación especializada en fabricación de herramientas	Grado de especialización del personal Experiencia del personal tiempo disponible para capacitación
Fabricación	Análisis de fallas de los problemas de fabricación de herramientas	Grado de especialización del personal Experiencia del personal Falta de herramientas de análisis

A continuación se presentan resultados de las restricciones de fabricación. Los datos son recabados de empresas que por confidencialidad no se mencionan en este estudio. Y validan las restricciones de para las áreas de mejora de fabricación.

Tabla 6o Restricciones de Fabricación

	Restricciones de fabricación	Promedio
1	Falta de balanceo de líneas de procesos	4.5
2	Disciplina	5.6
3	Falta de entrenamiento al personal	4
4	Falta de criterios de evaluación en procesos	6
5	Falta de motivación al personal operativo	5
6	Falta de sistemas de prevención de defectos	5.3
	Total	5.1

En la gráfica siguiente se observa que existe una gran oportunidad de mejora en el área de fabricación de herramientas. Se tiene un promedio de 5.1 que significa que todavía las empresas que fabrican los herramientas tienen limitaciones para llevar a cabo las diferentes tareas. Las áreas de oportunidad son diversas ya que una restricción encadena a otras más, generando áreas de oportunidad.



Ilustración 198 Resultado de restricciones de fabricación

Las restricciones para los parámetros de funcionamiento quedarían de la siguiente manera:

Tipo de parámetro	Área de Mejora / Función Objetivo	Restricción
Funcionamiento	Simulación de elementos discretos	Grado de especialización del personal Experiencia del personal Tiempo disponible para capacitación
Funcionamiento	Aplicación de tecnología para automatización de procesos de herramientas	Presupuesto para infraestructura tecnológica
Funcionamiento	Lean Manufacturing para la optimización del funcionamiento de los herramientas	Falta de interés de la dirección para su implementación

Funcionamiento	Implementación de mantenimientos (predictivo, preventivo, correctivo, 5'S)	Presupuesto para infraestructura tecnológica Falta de interés de la dirección para su implementación
----------------	--	---

A continuación se presentan resultados de las restricciones de funcionamiento. Los datos son recabados de empresas que por confidencialidad no se mencionan en este estudio. Y validan las restricciones de para las áreas de mejora de fabricación.

Tabla 61 Restricciones de funcionamiento

Restricciones de Funcionamiento		Promedio
1	Falta de capacitación de personal técnico e ingenieros en simulación	5
2	Falta de estandarización	5.8
3	Recorte de presupuesto al 50%	6
4	Retraso en el setup y puesta en marcha de los nuevos productos	6.2
5	Retrasos en producción	6.5
6	Falta de infraestructura para el monitoreo de fallas	6.5
Total		6

En la gráfica siguiente se observa que existe una gran oportunidad de mejora en el área de funcionamiento de herramientas. Se tiene un promedio de 6 que significa que todavía las empresas que fabrican los herramientas tienen limitaciones para llevar a cabo las diferentes tareas. Las áreas de oportunidad son diversas ya que una restricción encadena a otras más, generando áreas de oportunidad.

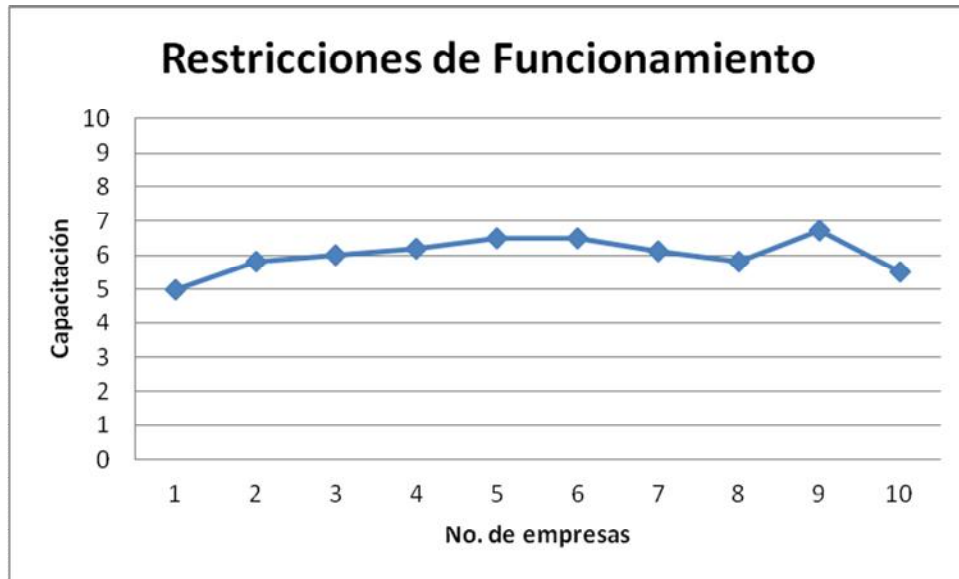


Ilustración 199 Resultado de restricciones de funcionamiento

4.3 PROGRAMACIÓN DEL MODELADO Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS

El mundo físico o mundo objetivo está formado por innumerables sistemas. Estos sistemas de objetos se presentan al científico como fenómenos que deben ser estudiados para así poder establecer las leyes que los gobiernan. Con el propósito de lograr este objetivo, el de llegar al conocimiento científico de un fenómeno, se recurre a la investigación científica. La investigación científica tiene tres etapas fundamentales:

- a) Determinación del problema
- b) Elaboración de un modelo adecuado
- c) Solución del problema

Puede notarse que aparece un aspecto que hasta hace pocos años era ignorado por los investigadores y es, la creación de modelos. En todas las épocas los científicos, inconscientemente o no, han elaborado modelos, pero es recién a partir de 1940 cuando realmente se les da la importancia que merecen.

Puede suceder que el modelo no represente al sistema real, y por lo tanto, deberá retornarse a cualquiera de los pasos anteriores. En caso contrario, se harán los estudios necesarios sobre el modelo formulado. Inevitablemente, al principio el modelo no llega al objetivo y pueden sentirse deseos de abandonarlo con gran disgusto. Sin embargo una nueva propuesta, o una mejor medición de la realidad pueden mejorar paulatinamente al modelo. Este proceso de retroalimentación, en la formulación de modelos, permite al investigador “acercarse” a la solución final del proyecto.

Para la generación de los modelo de diseño, fabricación y funcionamiento se realizaron métodos para llegar a los resultados. La metodología que se empleó para llegar a los resultados se divide en cuatro grandes áreas: Planeación, Diseño, Codificación y Pruebas, con esta metodología se puede responder a dominios de problemas cuyos requerimientos cambian constantemente.

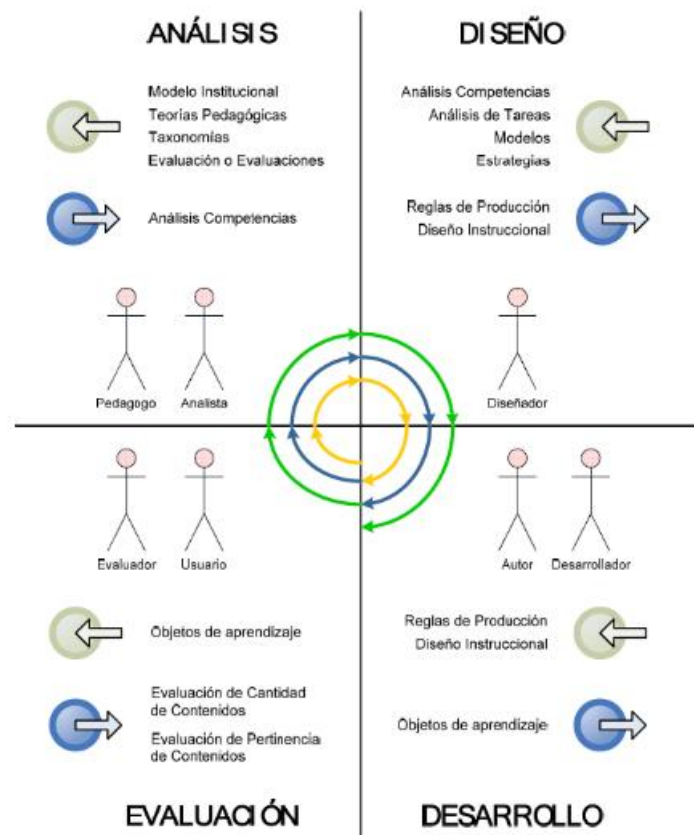


Ilustración 200 Modelo para el desarrollo de resultados

Los resultados obtenidos para los parámetros mencionados anteriormente en los capítulos se muestran a continuación, cabe mencionar que fue una tarea extensa, ya que el tema de herramientas en nuestro país es complicado, porque no se cuenta con la infraestructura,

tecnología y el personal capacitado para desempeñar ciertas actividades dentro de la industria metal mecánica del ramo automotriz.

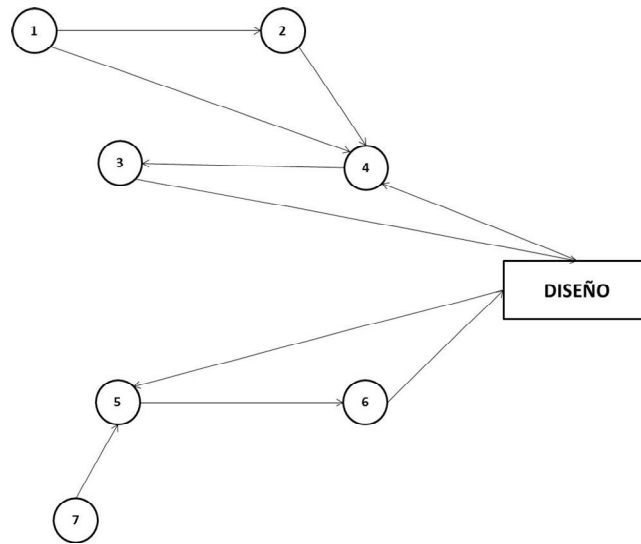


Ilustración 201 Modelo de diseño

Tabla 62 Proceso de Mejora. Diseño

No.	Procesos de Mejora
1	Criterios y/o normas de diseño
2	Verificación de tolerancias
3	Evaluación dimensional de herramientas
4	Dimensionamiento de componentes y sistemas del troquel
5	Procesos CAD
6	Proceso CAM
7	Ingeniería inversa

Criterios y/o normas de diseño

Las restricciones que limita a la variable de criterios y/o normas de diseño se muestran en la siguiente ilustración, una vez conocidas las limitaciones, tanto físicas, como de contexto podemos solucionar los problemas.

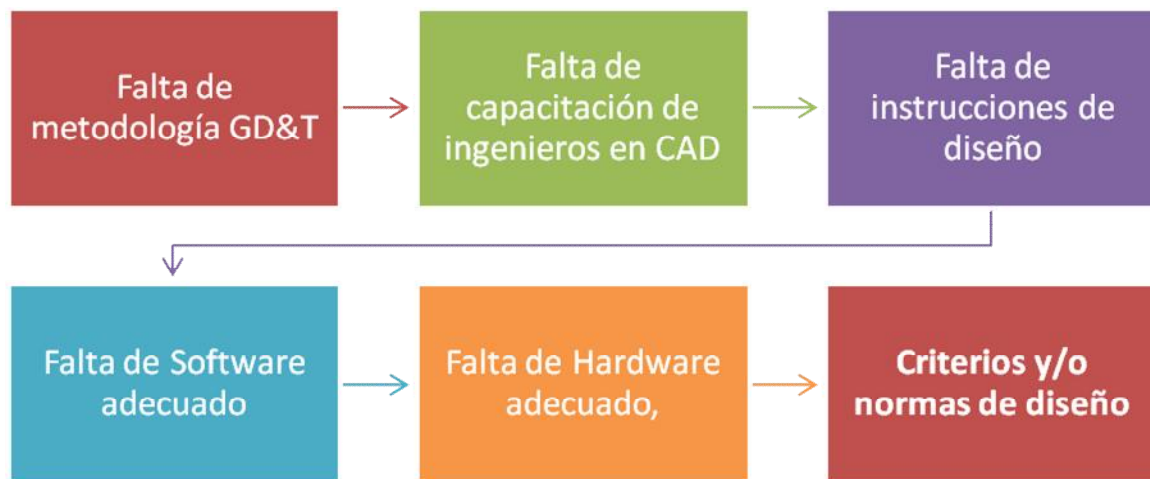


Ilustración 202 Criterio y/o normas de diseño

Verificación de tolerancias

Las restricciones que limita a la variable de verificación de tolerancias se muestran en la siguiente ilustración, el objetivo de estas condiciones es maximizar dicha actividad.

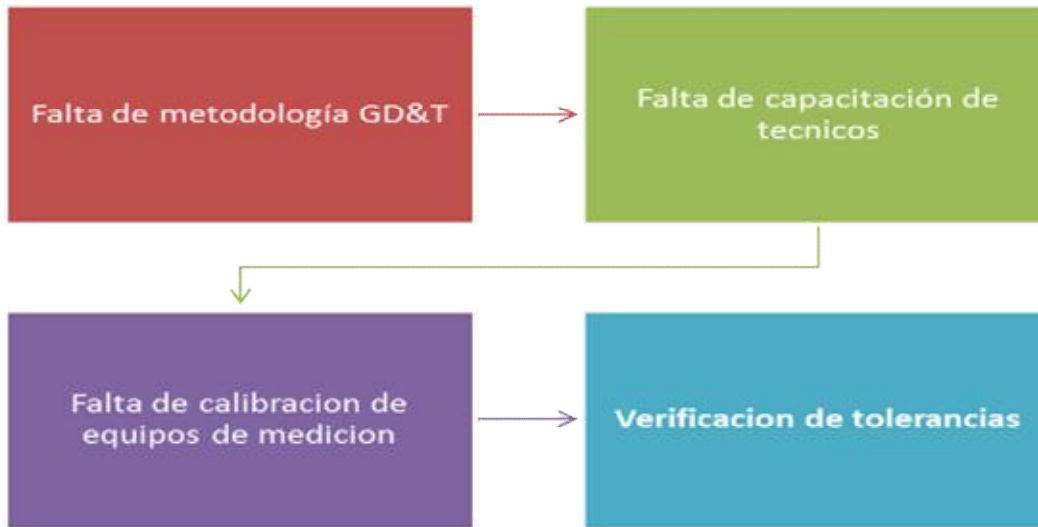


Ilustración 203 Verificación de tolerancias

Evaluación dimensional de herramientas

Las restricciones que limitan a la variable de evaluación dimensional de herramientas se muestran en la siguiente ilustración.



Ilustración 204 Evaluación de herramientas

Procesos CAD y CAM

Las restricciones que limitan a la variable del proceso CAD y CAM de herramientas se presentan en el esquema de abajo, cabe mencionar que dentro de las variables CAD Y CAM, la ingeniería inversa cierra el círculo para maximizar el diagnóstico de troqueles



Ilustración 205 Proceso CAD y CAM

Modelo de Fabricación

Las restricciones que limitan el proceso de fabricación es el siguiente en el cual se detallan, mediante un diagrama de flujo, como se muestra a continuación:

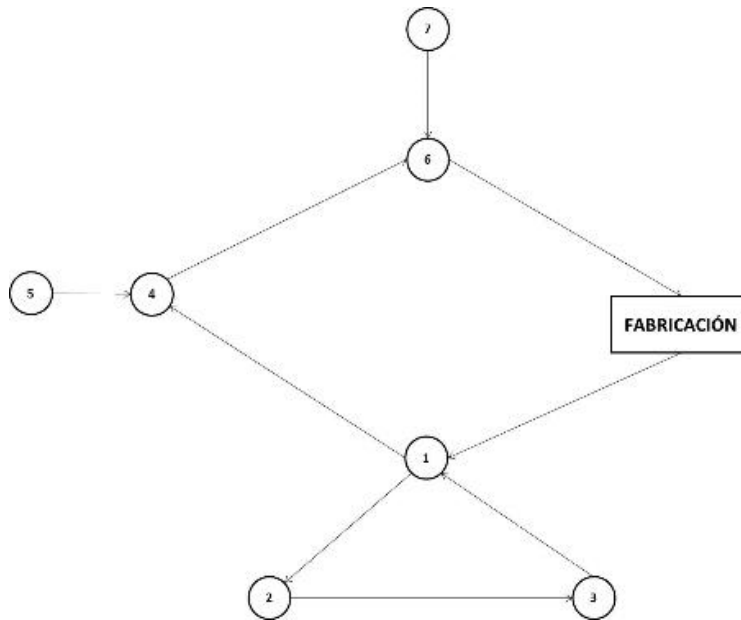


Ilustración 206 Modelo de Fabricación

Tabla 63 Proceso de Mejora. Fabricación

No.	Procesos de Mejora
1	Lean Manufacturing
2	Sistema de Administración de Calidad
3	Certificación de Calidad
4	Six Sigma
5	Reclamación de producto no conforme
6	Análisis de fallas
7	Pieza fuera de dimensión

Lean Manufacturing

En la siguiente figura se muestran las restricciones que tienen la aplicación de Lean Manufacturing lo que minimiza la implementación de mejoras en los herramientas.

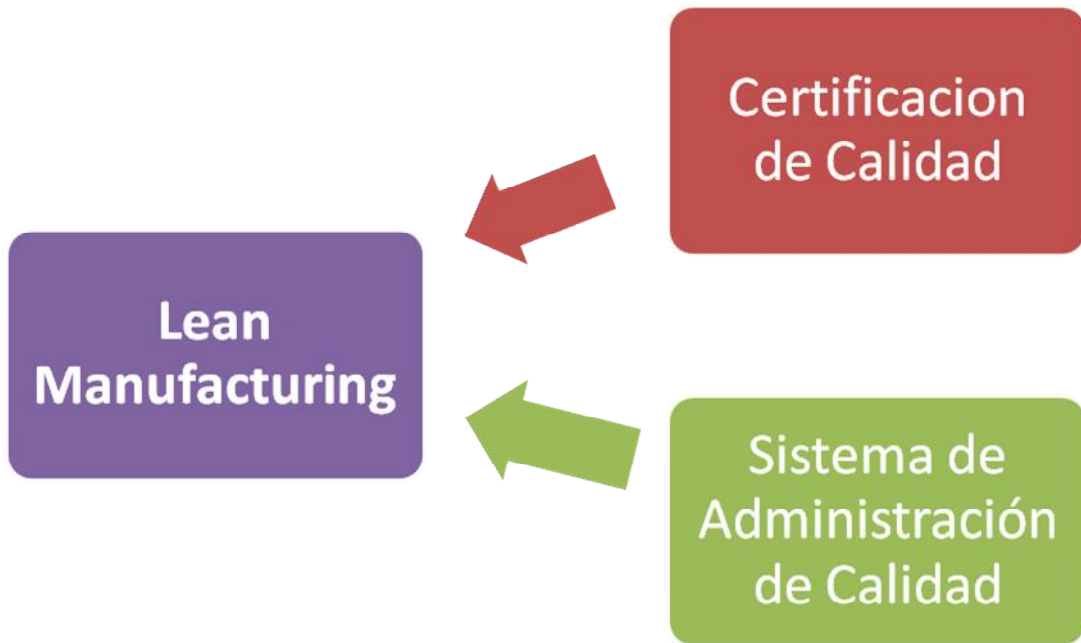


Ilustración 207 Lean Manufacturing

Six Sigma

Dentro de las restricciones que contempla la metodología de Six sigma están sus limitaciones, las cuales se muestran en la ilustración siguiente, esta limitación minimiza conocer los resultados reales de variabilidad lo que dificulta conseguir reducir o eliminar los defectos en la fabricación de los herramientales, lo que incrementa los defectos en la fabricación. En la siguiente ilustración se muestra las limitaciones que se presentan en el desarrollo de Six sigma para el diagnóstico de herramientales.



Ilustración 208 Six Sigma

Análisis de fallas



Ilustración 209 Análisis de fallas

Modelo de funcionamiento

Las restricciones que limitan el funcionamiento son las siguientes las cuales se detallan en un diagrama de flujo como se muestra a continuación:

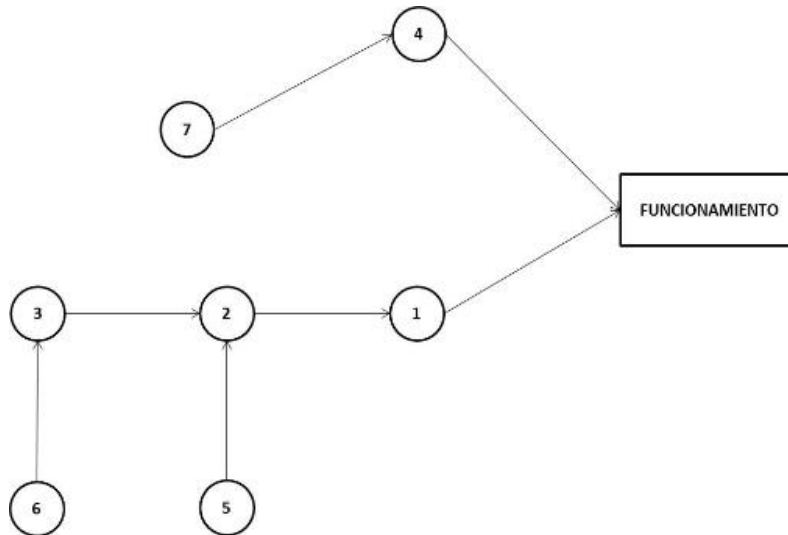


Ilustración 210 Modelo de funcionamiento

Tabla 64 Proceso de Mejora. Funcionamiento

No.	Proceso de Mejora
1	Mantenimiento correctivo
2	Mantenimiento Preventivo
3	SMED
4	Simulación de elementos finitos y discretos (Procesos)
5	Tecnologías utilizadas para el monitoreo predictivo
6	Falla en prensas
7	Problemas de funcionamiento de automatización

SMED

Las limitaciones que se encuentran con el SMED o cambio de herramientas es que existen variables que minimizan esta metodología, por lo que el cambio de herramienta se puede realizar a más de un dígito lo que da como resultado pérdidas de tiempo en el cambio de herramientas.

Se distinguen dos tipos de ajustes:

- Ajustes / tiempos internos: Corresponde a operaciones que se realizan a máquina parada,
- Ajustes / tiempos externos: Corresponde a operaciones que se realizan (o pueden realizarse) con la máquina en marcha, o sea durante el periodo de producción.

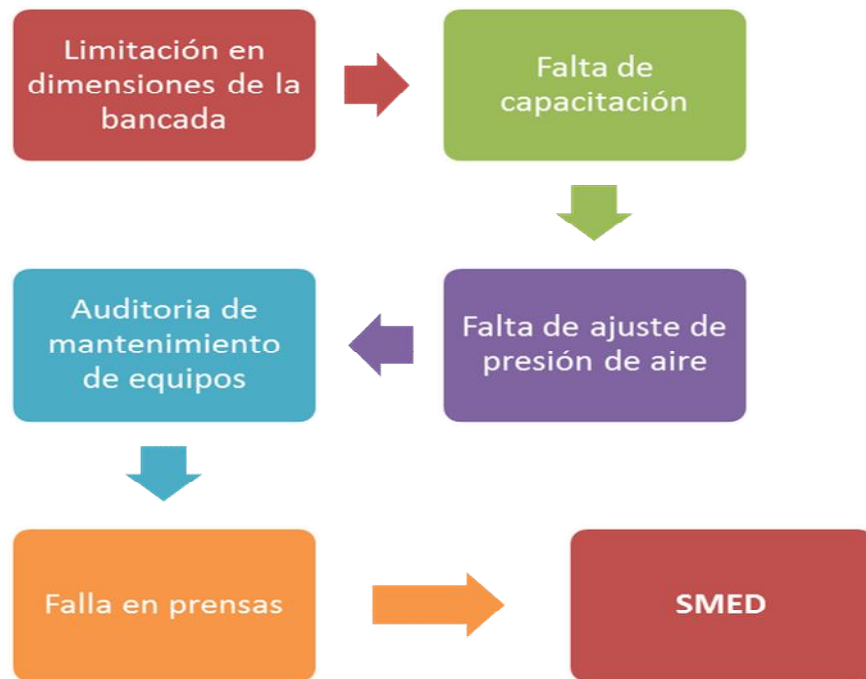


Ilustración 211 SMED

Mantenimiento Preventivo / Predictivo

Las limitaciones que se presenta al momento de proporcionar el mantenimiento preventivo / predictivo. El primer objetivo del mantenimiento es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que éstas ocurran. Las tareas de mantenimiento preventivo / predictivo incluyen acciones como cambio de piezas desgastadas, cambios de aceites y lubricantes, etc. El mantenimiento preventivo / predictivo debe evitar los fallos en el equipo antes de que estos ocurran. Pero si existen situaciones como las que se presenta en la siguiente ilustración es difícil lograr el objetivo:



Ilustración 212 Mantenimiento Predictivo / preventivo

Mantenimiento correctivo

Las limitaciones que presenta el mantenimiento son innumerables lo que minimiza la reparación de los herramientas y como consecuencia no garantiza que pueda seguir trabajando de manera segura. Algunas variables que provoca este tipo de mantenimiento se presenta a continuación:

- Falta de capacitación de personal
- Ausencia de personal
- Mal uso de herramienta al momento de realizar la tarea del mantenimiento
- Falta de herramienta
- Accidentes en personal

Elementos finitos

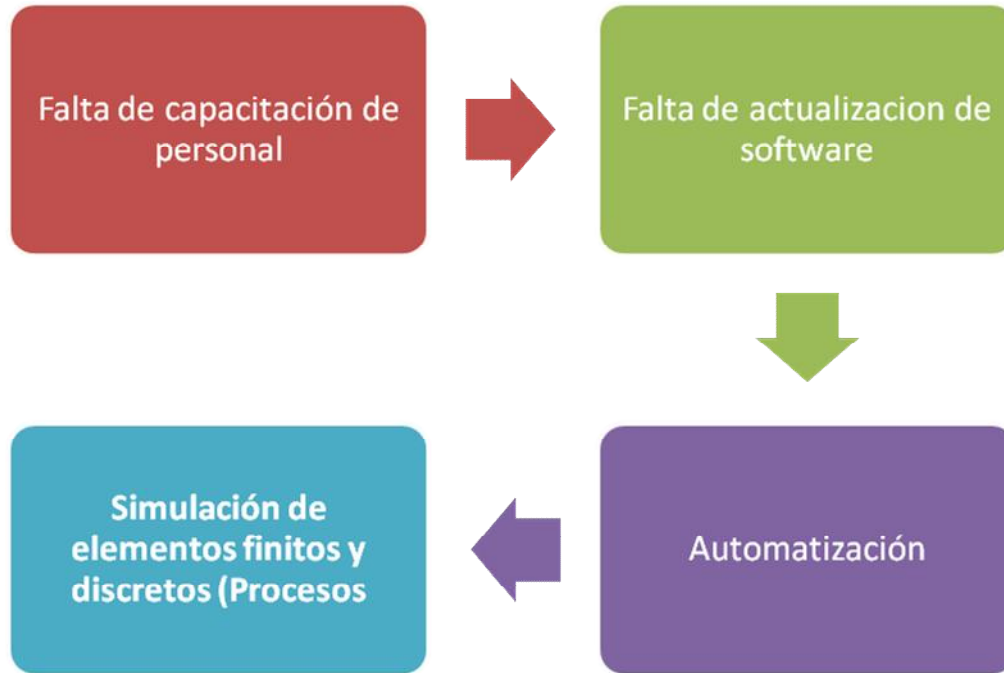


Ilustración 213 Elementos finitos y discretos

Resultados de proceso de mejora en los parámetros de diseño

A continuación se presentan resultados de los procesos de mejora de diseño. Los datos son recabados de empresas que por confidencialidad no se mencionan en este estudio. Y validan el modelo de parámetros de diseño que sirven de base en la optimización de los procesos de diseño.

Tabla 65 Resultados de modelo de parámetros de diseño

No.	Proceso de mejora de Diseño	Promedio
1	Criterios y/o normas de diseño	4.4
2	Verificación de tolerancias	4
3	Evaluación dimensional de herramientas	4.7

4	Dimensionamiento de componentes y sistemas del troquel	4.8
5	Procesos CAD	5.5
6	Proceso CAM	4.6
7	Ingeniería inversa	4.1
Total		4.6

En la gráfica siguiente se observa que existe una gran oportunidad de mejora en el área de diseño de las empresas. Se tiene un promedio de 4.6 que significa que todavía las empresas no tienen desarrolladas las áreas de diseño de herramientas, principalmente por tema de infraestructura y capacitación especializada.

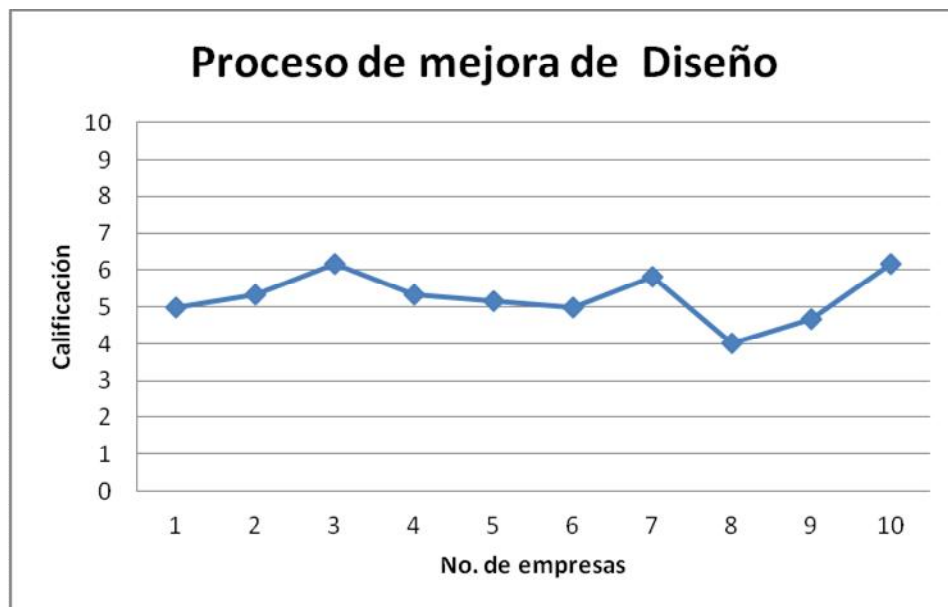


Ilustración 214 Gráfica de resultados de modelo de parámetros de diseño

Para incrementar a un número significativo, debemos trabajar en las áreas de mejora ya mencionadas anteriormente:

- Infraestructura tecnológica para software y hardware de diseño
- Lean Manufacturing para optimización del diseño
- Capacitación especializada en diseño de herramientas

A continuación se presenta la tabla donde se plantean resultados para llevar a cabo los criterios y/o normas de diseño.

Tabla 66 Desventajas y resultados en criterios y/o normas de diseño

Desventajas		Resultados
No	Criterios y/o normas de diseño	✓ Planes de
1	Falta de metodología GD&T	capacitación a
2	Falta de capacitación de ingenieros en CAD	personal operativo y
3	Falta de instrucciones de diseño	técnico
4	Falta de Software adecuado	✓ Adquisición de
5	Falta de Hardware adecuado	Software y hardware adecuado

Los resultados que se presentaron en el parámetro de criterios y/o normas de diseño fueron en base a capacitaciones que se impartieron a todo el personal involucrado la cual incluyó el siguiente programa:

- Inducción
- Entrenamiento

- Formación básica
- Desarrollo de jefes

La capacitación permite evitar la obsolescencia de los conocimientos del personal, que ocurre generalmente entre los empleados más antiguos si no han sido reentrenados. También permite adaptarse a los rápidos cambios sociales, como la situación de las mujeres que trabajan, el aumento de la población con títulos universitarios, la mayor esperanza de vida, los continuos cambios de productos y servicios, el avance de la informática en todas las áreas, y las crecientes y diversas demandas del mercado. Disminuye la tasa de rotación de personal, y permite entrenar sustitutos que puedan ocupar nuevas funciones rápida y eficazmente.



Ilustración 215 Capacitación del personal

La adquisición de software y hardware tiene grandes beneficios ya que día a día hay cambios tecnológicos, lo que genera que los proveedores estén al día y por tanto se cree un círculo para que no existan desventajas. Ventajas al adquirir software:

- La innovación podría proporcionar una ventaja competitiva a la empresa
- Personal interno disponible para dar mantenimiento al software
- Enorgullecerse de poseerlo

A continuación se presenta la tabla donde se plantean las restricciones para llevar a cabo la verificación de tolerancias.

Tabla 67 Desventajas y resultados para la verificación de tolerancias

Desventajas		Resultados
No	Verificación de tolerancias	✓ Piezas 100%
1	Falta de metodología GD&T	garantizadas
2	Falta de capacitación de técnicos	✓ Capacitación al
3	Falta de calibración de equipos de medición	personal técnico

Los resultados son los siguientes, se realizaron capacitaciones donde el principal objetivo es la interpretación y manejo de las tolerancias para los herramientales ya que hay la mayoría del personal tenía poco conocimiento. Así como el cálculo de las tolerancias a través de fórmulas predeterminadas. El sistema que se utilizó para la representación es la ISO.

Ejemplo: Calcular las tolerancias de un eje de 40 mm de diámetro correspondientes a las calidades 6, 7, 8 y 9

$$D = \sqrt{30 \cdot 50} = 38,73 \text{ mm}$$

$$IT 6 = (0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D) \cdot k = (0,45 \cdot \sqrt[3]{38,73} + 0,001 \cdot 38,73) \cdot 10 = 15,61 \approx 16 \mu$$

$$IT 7 = (0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D) \cdot k = (0,45 \cdot \sqrt[3]{38,73} + 0,001 \cdot 38,73) \cdot 16 = 24,98 \approx 25 \mu$$

$$IT 8 = (0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D) \cdot k = (0,45 \cdot \sqrt[3]{38,73} + 0,001 \cdot 38,73) \cdot 25 = 39,03 \approx 39 \mu$$

$$IT 9 = (0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D) \cdot k = (0,45 \cdot \sqrt[3]{38,73} + 0,001 \cdot 38,73) \cdot 40 = 62,45 \approx 62 \mu$$

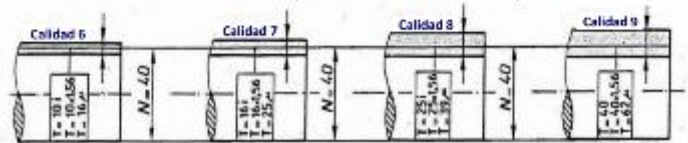


Ilustración 216 Ejemplo de cálculo de tolerancias

A continuación se presenta la tabla donde se plantean las restricciones para llevar a cabo el proceso de CAD / CAM

Tabla 68 Desventajas y resultados para el proceso CAD/CAM

Desventajas		Resultados
No	Proceso CAD /CAM	
1	Falta de Modelos 3D	✓ Plan de capacitación
2	Falta de Vistas Ampliadas	✓ Uso adecuado de software
3	Falta de Software adecuado	✓ Control de calidad
4	Falta de capacitación de ingenieros en CAD	

Los resultados de diseño y la fabricación asistidos por ordenador han alcanzado actualmente un gran nivel de desarrollo e implantación y se han convertido en una necesidad esencial para la supervivencia de las empresas en un mercado cada vez más competitivo. El uso de estas herramientas permite reducir costes, acortar tiempos y aumentar la calidad de los productos fabricados. Un ejemplo sencillo y evidente de estas circunstancias es la industria de la automoción, donde cada día aparecen nuevos modelos de coches con diseños cada vez más sofisticados y se reduce la duración de un modelo en el mercado, frente a la situación de hace unas pocas décadas en las que el número de modelos en el mercado era mucho más reducido y su periodo de comercialización mucho más largo.

Mecánica

En el campo donde más se usa este tipo de software es en la industria automovilística y aeroespacial que han llevado la iniciativa de la tecnología CAD/CAM. Las aplicaciones más habituales del CAD/CAM mecánico incluyen:

- Librerías de piezas mecánicas normalizadas
- Modelado con NURBS y sólidos paramétricos.
- Modelado y simulación de moldes
- Análisis por elementos finitos.
- Fabricación rápida de prototipos.
- Generación y simulación de programas de control numérico.
- Generación y simulación de programación de robots.
- Planificación de procesos.
- Traductores de formatos neutros (IGES, STEP).

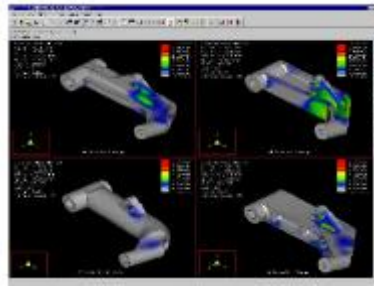


Ilustración 217 Análisis de elementos finitos

Ingeniería Eléctrica y electrónica

Las aplicaciones más habituales del CAD/CAM relacionado con la Ingeniería Eléctrica y Electrónica son:

- Diseño de circuitos integrados
- Diseño de placas de circuito impreso
- Diseño de instalaciones eléctricas.



Ilustración 218 Ingeniería Eléctrica y electrónica

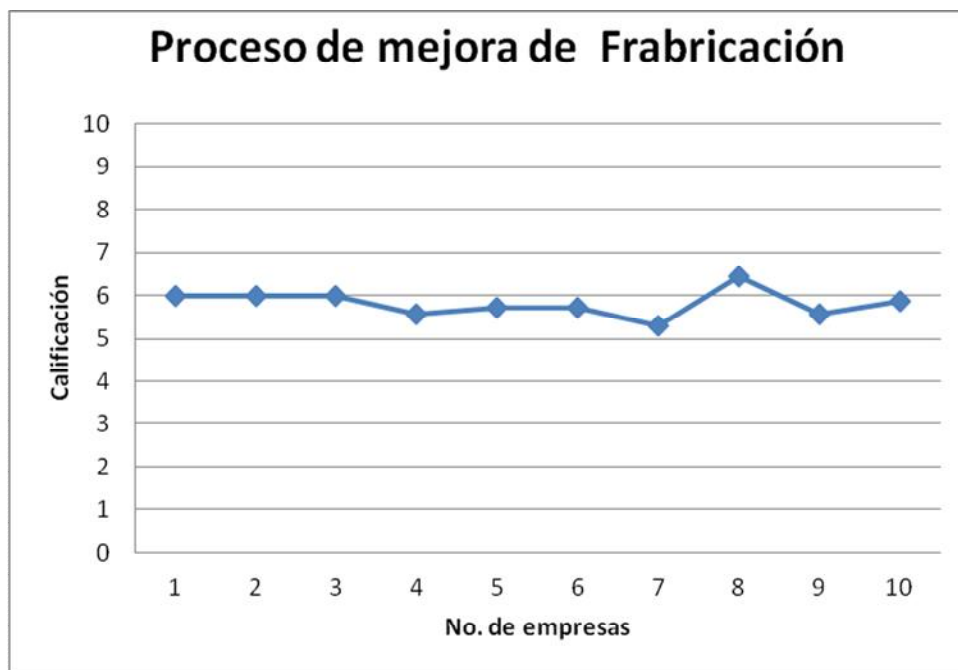
Resultados de procesos de mejora en los parámetros de fabricación

A continuación se presentan resultados de los procesos de mejora de fabricación. Los datos son recabados de empresas que por confidencialidad no se mencionan en este estudio. Y validan el modelo de parámetros de fabricación que sirven de base en la optimización de los procesos de fabricación.

Tabla 69 Resultados de modelo de parámetros de fabricación

No.	Proceso de mejora de Fabricación	Promedio
1	Lean Manufacturing	5
2	Sistema de Administración de Calidad	4.9
3	Certificación de Calidad	6.8
4	Six Sigma	5.9
5	Reclamación de producto no conforme	5.9
6	Análisis de fallas	6.2
7	Pieza fuera de dimensión	6
Total		5.8

En la gráfica siguiente se observa que existe una gran oportunidad de mejora en el área de fabricación de herramientas. Se tiene un promedio de 5.8 que significa que todavía las empresas que fabrican los herramientas no utilizan las mismas herramientas de control que utilizan en las áreas productivas, todavía se sigue considerando el área de fabricación de herramientas el “taller” y no una extensión de producción donde el control y capacitación especializada son vitales para que se eviten fallas en la fabricación de herramientas.



Gráfica 28 Gráfica de resultados de modelo de parámetros de fabricación

A continuación se presenta la tabla donde se plantean las restricciones para llevar a cabo Lean Manufacturing.

Tabla 70 Desventajas y resultados para Lean Manufacturing

	Desventajas	Resultados
No	Lean Manufacturing	✓ reducción de inventarios
1	Falta de certificados de calidad	✓ reducción de costos, mejora
2	Erróneo sistema de administración de calidad	de procesos y eliminación de desperdicios

Los beneficios en la reducción de costos de producción, reducción de inventarios, menos mano de obra, reducción de lead time, mejor calidad, mayor eficiencia de equipo, disminución de desperdicios, mayor seguridad. Para lograr estas mejoras y la reducción asociada de los desperdicios, Lean implica un cambio de paradigma fundamental. De la manufactura en masa convencional de lotes y esperas, nos movemos a un enfoque de producto y flujo de una pieza en sistema de jalar (Pull System).



Ilustración 219 Herramientas de Lean Manufacturing

A continuación se presenta la tabla donde se plantean las restricciones para llevar a cabo Six Sigma.

Tabla 71 Desventajas y resultados para Six Sigma

Desventajas		Resultados	
No	Six Sigma	✓	Reduce costos
1	Falta de calibración de equipos	✓	Satisfacción del cliente
2	Falla en la verificación de producción por lotes		
3	Reclamación de producto no conforme		

Los resultados con la aplicación de Six Sigma es la mejora de procesos que combina las ventajas de ambas técnicas de Lean Manufacturing y Six Sigma para ayudar a las empresas a agilizar las operaciones, aumentar el valor y reducir los residuos. Cuando se logran los resultados deseados, los costos de producción se reducen y la producción es más eficiente, lo cual se combina para incrementar las ganancias. Los beneficios secundarios se refieren al procedimiento. Éstos pueden incluir cambiar la cultura de una empresa para hacer que se apoye más en los datos en lugar de corazonadas, incluyendo personal de distintos niveles en el proceso, haciéndolos sentir más valorados, y forzando a la firma a pensar acerca del proceso de manufactura desde una gran variedad de perspectivas.



Ilustración 220 DMAIC de Six Sigma

Resultados de proceso de mejora en los parámetros de funcionamiento

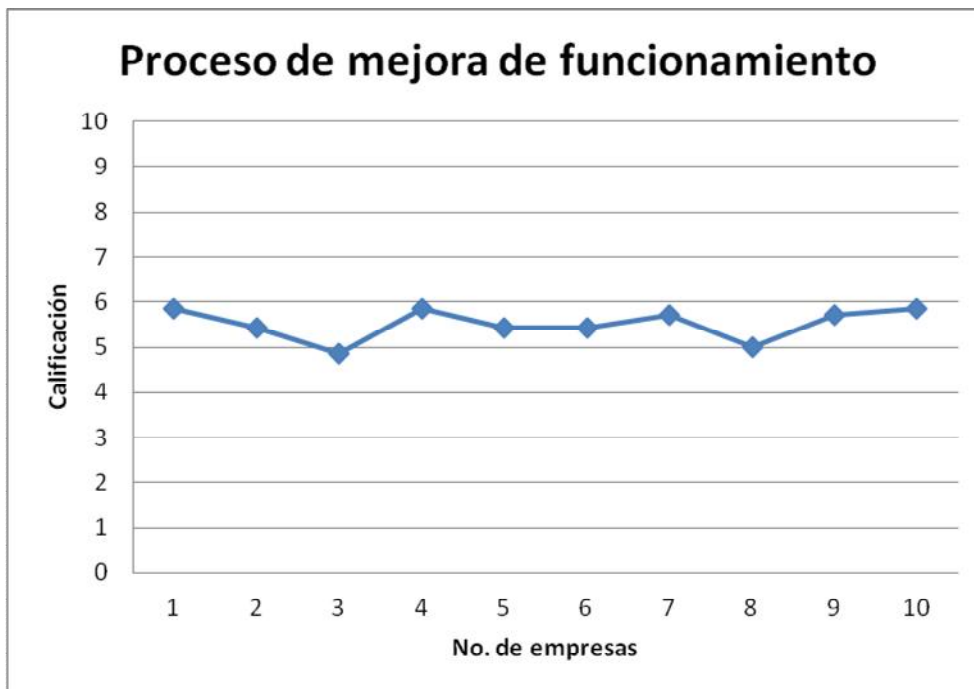
A continuación se presentan resultados de los procesos de mejora de funcionamiento. Los datos son recabados de empresas que por confidencialidad no se mencionan en este estudio. Y validan el modelo de parámetros de funcionamiento que sirven de base en la optimización de los procesos de funcionamiento.

Tabla 72 Resultados de modelo de parámetros de funcionamiento

No.	Proceso de mejora de Funcionamiento	Promedio
1	Mantenimiento correctivo	5.7
2	Mantenimiento Preventivo	4
3	SMED	6.4
4	Simulación de elementos finitos y discretos (Procesos)	5.2
5	Tecnologías utilizadas para el monitoreo predictivo	6.2
6	Falla en prensas	5.9
7	Problemas de funcionamiento de automatización	5.2
	Total	5.5

En la gráfica siguiente se observa que existe una gran oportunidad de mejora en el área de funcionamiento de herramientas. Se tiene un promedio de 5.5 que significa que todavía las empresas tienen una gran oportunidad en su optimización en las siguientes áreas:

- Simulación de elementos discretos
- Aplicación de tecnología para automatización de procesos de herramientas
- Lean Manufacturing para la optimización del funcionamiento de los herramientas
- Implementación de mantenimientos (predictivo, preventivo, correctivo, 5'S)



Gráfica 29 Gráfica de resultados de modelo de parámetros de funcionamiento

A continuación se presenta la tabla donde se plantean las restricciones para llevar a cabo los tres niveles de mantenimiento Predictivo, Preventivo y Correctivo

Tabla 73 Desventajas y resultados del mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo

Desventajas		Resultados
No	Mantenimiento Predictivo, preventivo y correctivo	✓ Reducción de paros de producción
1	Falta de calibración de equipos	
2	Falla en la verificación de producción por lotes	✓ Ahorro en los costos de mantenimiento
3	Reclamación de producto no conforme	

Mantenimiento preventivo

Los resultados de implementar el mantenimiento preventivo es bajo la programación de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica en base a un plan establecido y no a una demanda del operario o usuario, las ventajas son la siguientes:

- Bajo costo en relación con el mantenimiento predictivo.
- Reducción importante del riesgo por fallas o fugas.
- Reduce la probabilidad de paros imprevistos.
- Permite llevar un mejor control y planeación sobre el propio mantenimiento a ser aplicado en los equipos.

Mantenimiento predictivo

Con el mantenimiento predictivo o condicional se permitió evaluar externamente las condiciones de trabajo de la maquinaria mediante el control y la evolución de ciertos parámetros como pueden ser: presiones de engrase, vibraciones, temperaturas, etc. Se realiza sin necesidad de recurrir a desmontajes y revisiones periódicas y tiene por objeto asegurar el

correcto funcionamiento de la máquina mediante la inspección de su estado, tomando como referencia unos niveles de aceptabilidad conocidos de antemano.

Los beneficios que aporta una adecuada planificación de las operaciones de mantenimiento se pueden cifrar en términos de:

- ✓ Disminución del riesgo, al reducir la probabilidad de ocurrencia de fallos indeseables o no visualizados.
- ✓ Mejora o recuperación de los niveles de eficiencia de la instalación o equipo.
- ✓ Aumento de la vida operativa .
- ✓ Cumplimiento de los requerimientos de seguridad y medioambientales.
- ✓ Contribución a la mejora continua (calidad).



Ilustración 221. Mantenimiento correctivo

Mantenimiento correctivo

Los beneficios del mantenimiento correctivo es que corregir los defectos observados en los equipamientos o instalaciones, de la forma más básica que pueda darse el mantenimiento y consiste en localizar averías o defectos y corregirlos o repararlos de manera casi inmediata de haberse dañado el equipo, las ventajas son las siguientes:

- ✓ Confiabilidad, los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado, y sus condiciones de funcionamiento.
- ✓ Mayor duración de los equipos e instalaciones.
- ✓ Uniformidad en la carga de trabajo para el personal del mantenimiento debido a una programación de actividades.
- ✓ Menor costo de reparaciones



Ilustración 222 Mantenimiento correctivo

Los resultados que se presentan a continuación son en base a la función Eval la cual arroja los vectores de salida para la optimización del modelo de la función de normalización no lineal. La razón de utilizar este tipo de función, es para dar flexibilidad en el manejo de las ponderaciones de evaluación. Con este modelo el evaluador tiene la libertad de aplicar las ponderaciones a los diferentes parámetros de entrada mediante un criterio propio o bien basado en una circunstancia externa relevante. El modelo, asegura que la salida se mantenga en rangos comparables. La función de salida tiene la siguiente forma:

$$\textit{Evaluación Final} = \frac{1}{1 + e^{-v*s}}$$

Donde:

s = salida de Eval en iteración 3

Y

$$v = \frac{1}{\textit{valor máximo de pesos de entrada}}$$

Como se puede observar, la función de salida es dependiente del valor inducido en las ponderaciones de entrada, esto se hace para dar la libertad comentada anteriormente. Como se hizo anteriormente con la función Eval, se evalúa el modelo con una entrada lineal creciente.

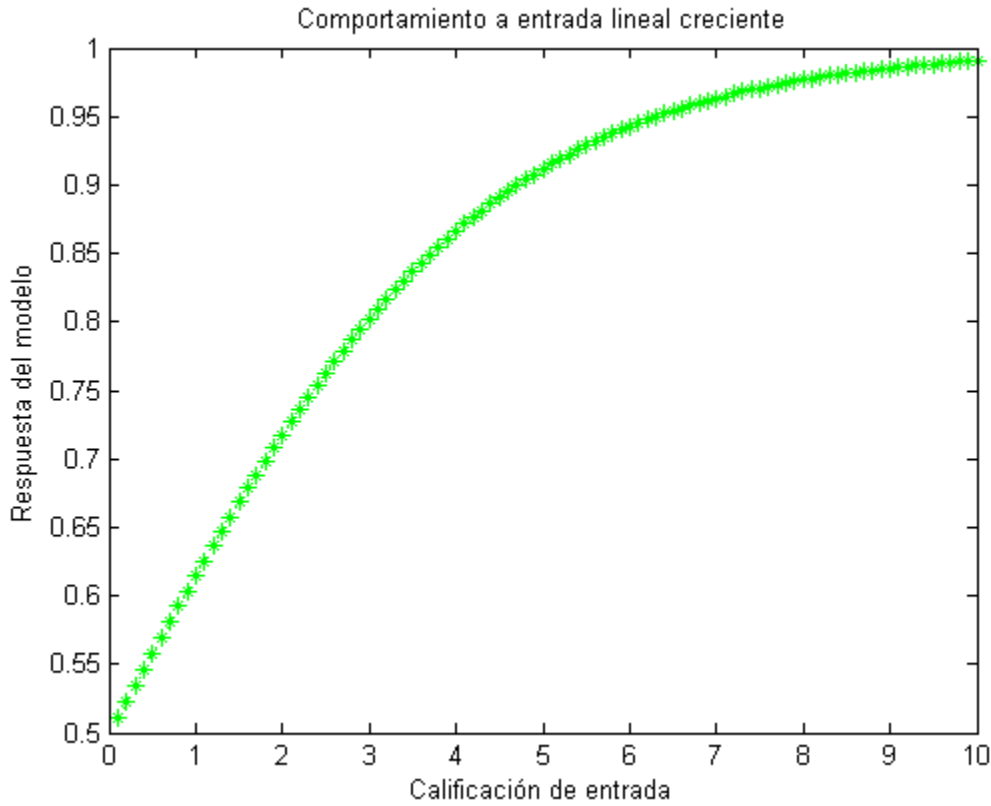


Ilustración 223 Función de salida lineal creciente

La dependencia de la función en el valor máximo de las ponderaciones de entrada, ayuda a minimizar los efectos de la no linealidad. Comparamos ahora el modelo con una entrada aleatoria creciente.

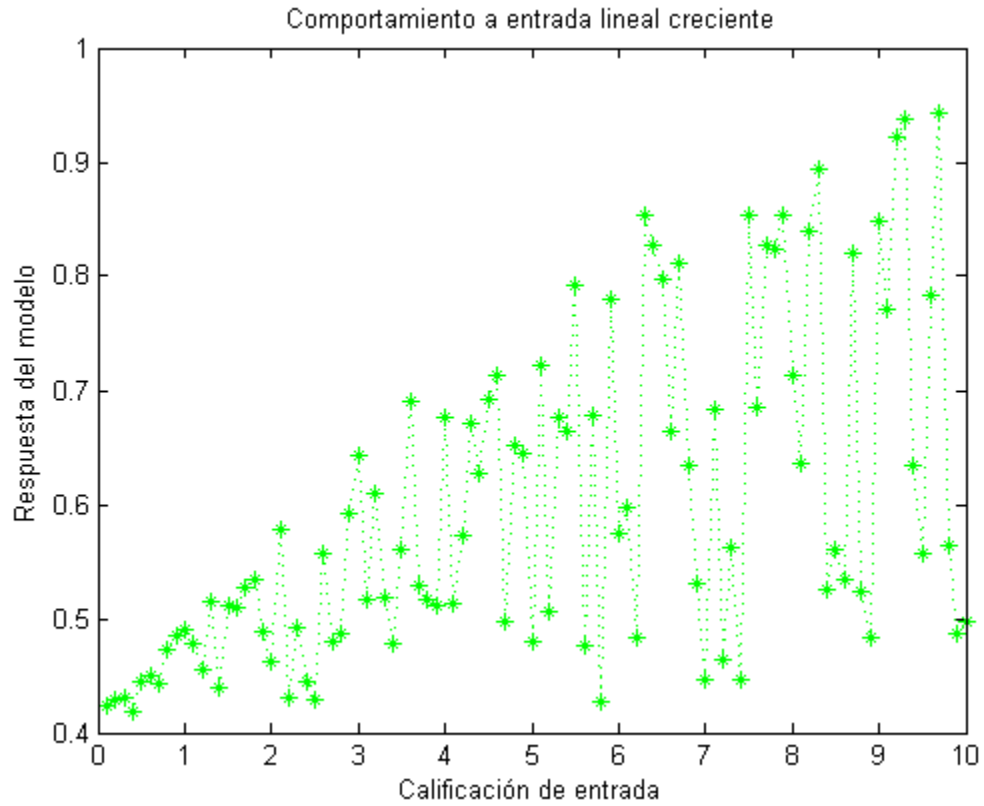


Ilustración 224 Función de salida aleatoriamente

La respuesta se mantiene en los rangos deseados. A continuación se prueba con la adición de restricciones aleatorias con una entrada de calificaciones lineal creciente.

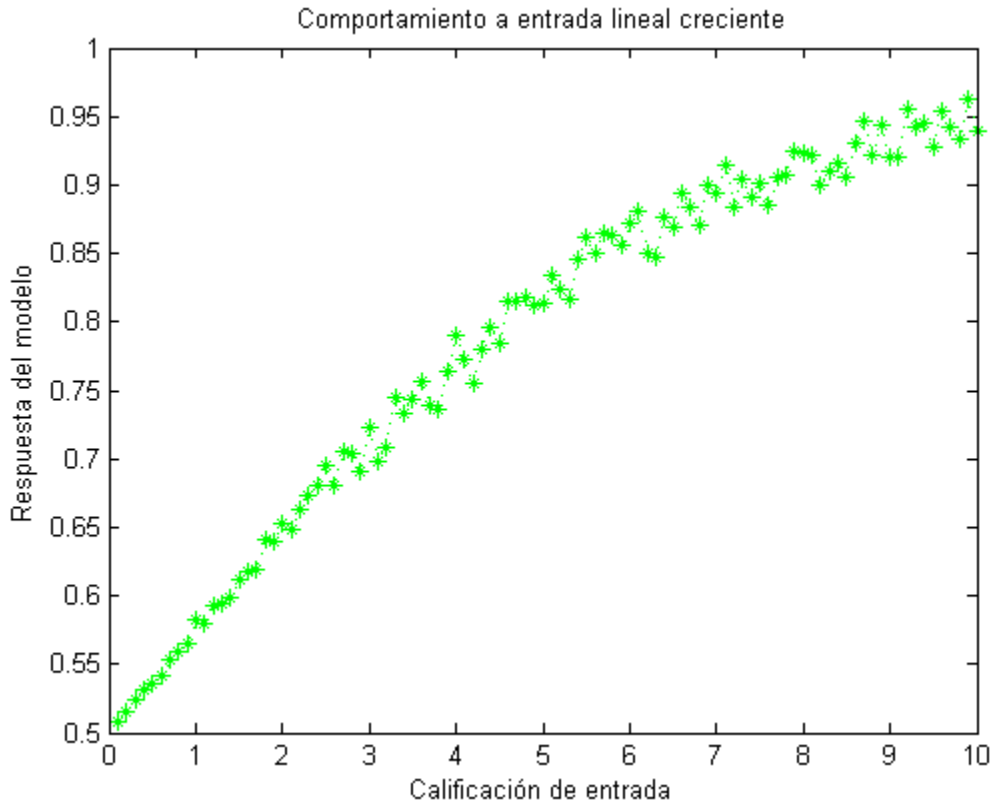


Ilustración 225 Función de salida aleatoriamente

Una vez más se observa una salida en los rangos deseados y una dispersión en la respuesta dada la aleatoriedad de las restricciones impuestas. Finalmente, observamos el comportamiento a entradas completamente aleatorias y restricciones completamente aleatorias.

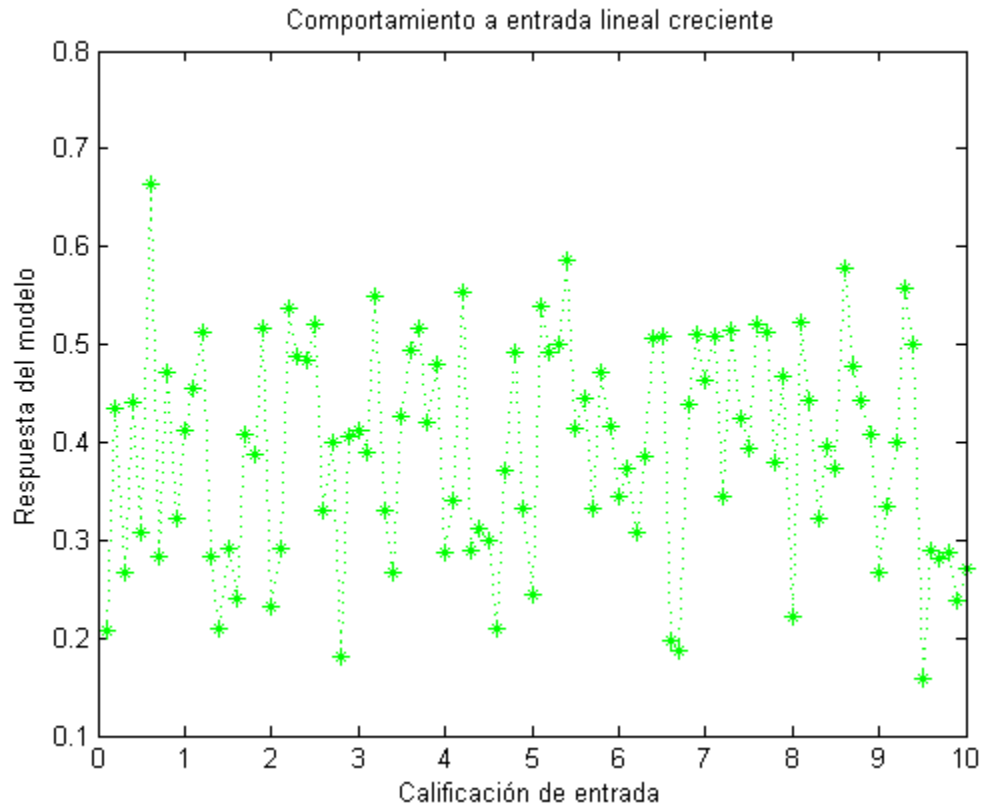


Ilustración 226 Función de salida aleatoriamente y restricciones aleatoriamente

En esta última gráfica se puede observar y concluir que el modelo es capaz de generar salidas normalizadas en un rango de 0 a 1 sin importar la aleatoriedad de las entradas y ponderaciones.

Validación del modelo

Para realizar la validación del modelo se usaron datos reales de empresas que se encuestaron en el capítulo 2. A continuación se muestra un ejemplo del análisis de una empresa que se encuentra con un rango de calificación de 7 pero con una debilidad en la restricciones por debajo de 5.

Valores de entrada

A continuación se muestra los valores de entrada en la siguiente tabla:

Tabla 74 Valores de entrada de diseño

Tipo de parámetro	Área de Mejora / Función Objetivo	Parámetro / Variable	Calificación
Diseño	Capacitación especializada en diseño de herramientas	Análisis de Manufacturabilidad	7.9533
Diseño	Capacitación especializada en diseño de herramientas	Aplicación de GD&T a la posición y localización de componentes del herramental	7.2945
Diseño	Capacitación especializada en diseño de herramientas	Aspectos de Manufacturabilidad	8.2294
Diseño	Capacitación especializada en diseño de herramientas	Conocimiento de los componentes de un troquel en los diseñadores	8.5633
Diseño	Capacitación especializada en diseño de herramientas	Criterios y/o normas de diseño	8.3690
Diseño	Capacitación especializada en diseño de herramientas	Dimensionamiento de componentes y sistemas del troquel	7.5601
Diseño	Lean Manufacturing para optimización del diseño	Fallas en el proceso de fabricación de troqueles por mal diseño	8.2291
Diseño	Lean Manufacturing para optimización del diseño	Fallas en la validación del diseño de troquel	8.9434
Diseño	Lean Manufacturing para optimización del diseño	Falta de procedimientos de diseño	7.5503
Diseño	Infraestructura tecnológica para software y hardware de diseño	Uso inadecuado de herramientas de diseño (CAD)	7.8414
Diseño	Infraestructura tecnológica para software y hardware de diseño	Verificación de tolerancias	8.6193

Tabla 75 Valores de entrada de fabricación

Tipo de parámetro	Área de Mejora / Función Objetivo	Parámetro / Variable	Calificación
Fabricación	Lean Manufacturing para la optimización de la fabricación	Almacenes con exceso o falta de materiales	7.3940
Fabricación	Lean Manufacturing para la optimización de la fabricación	Baja producción de prensa de estampado	7.8706
Fabricación	Lean Manufacturing para la optimización de la fabricación	Falla en certificación de calidad	7.7428
Fabricación	Lean Manufacturing para la optimización de la fabricación	Entregas a tiempo de producto	7.5285
Fabricación	Lean Manufacturing para la optimización de la fabricación	Falla en estandarización por Lean Manufacturing	7.0325
Fabricación	Lean Manufacturing para la optimización de la fabricación	Fallas en el proceso de fabricación de troqueles	8.0818
Fabricación	Lean Manufacturing para la optimización de la fabricación	Materiales mezclados en cajas de empaque	7.3924
Fabricación	Lean Manufacturing para la optimización de la fabricación	Reclamación de producto no conforme	8.0126
Fabricación	Lean Manufacturing para la optimización de la fabricación	Falla de satisfacción de calidad	8.0232
Fabricación	Lean Manufacturing para la optimización de la fabricación	Falla de sistema de administración de calidad	8.5479
Fabricación	Lean Manufacturing para la optimización de la fabricación	Fallas en sustentabilidad ambiental	7.5932
Fabricación	Lean Manufacturing para la optimización de la fabricación	Tiempos Muertos	7.5321
Fabricación	Análisis de fallas de los problemas de fabricación de herramientas	Número de desperdicios (PPM)	8.2357
Fabricación	Análisis de fallas de los problemas de fabricación de herramientas	Pieza con rebabas	8.7410
Fabricación	Análisis de fallas de los problemas de fabricación de herramientas	Pieza fuera de dimensión	7.2830

Fabricación	Análisis de fallas de los problemas de fabricación de herramientas	Pieza terminada con operaciones faltantes	7.1518
Fabricación	Análisis de fallas de los problemas de fabricación de herramientas	Piezas dañadas	8.7126
Fabricación	Análisis de fallas de los problemas de fabricación de herramientas	Proceso detenido	7.0100
Fabricación	Capacitación especializada en fabricación de herramientas	Proceso largo de maquinado de componentes para herramientas.	8.1541
Fabricación	Capacitación especializada en fabricación de herramientas	Maquinado de componentes para herramientas inadecuados	8.8137
Fabricación	Capacitación especializada en fabricación de herramientas	Tiempo de proceso de sala medición muy largo	7.3785
Fabricación	Capacitación especializada en fabricación de herramientas	Uso inadecuado de herramientas de programación de CNC (CAM)	8.3003
Fabricación	Capacitación especializada en fabricación de herramientas	Verificación del desarrollo de un producto	7.1750

Tabla 76 Valores de entrada de funcionamiento

Tipo de parámetro	Área de Mejora / Función Objetivo	Parámetro / Variable	Calificación
Funcionamiento	Lean Manufacturing para la optimización del funcionamiento de los herramientas	Cuellos de botella en el funcionamiento de los equipos	8.7525
Funcionamiento	Lean Manufacturing para la optimización del funcionamiento de los herramientas	El tiempo necesario para reparar las fallas	7.6619
Funcionamiento	Lean Manufacturing para la optimización del funcionamiento de los herramientas	Errores en el funcionamiento de estampado de una pieza	7.9153
Funcionamiento	Implementación de mantenimientos (predictivo,	Falla en prensas	7.9521

	preventivo, correctivo, 5'S)		
Funcionamiento	Implementación de mantenimientos (predictivo, preventivo, correctivo, 5'S)	Falta de mantenimiento a troqueles	7.3410
Funcionamiento	Implementación de mantenimientos (predictivo, preventivo, correctivo, 5'S)	Falta de seguridad en máquinas	7.2836
Funcionamiento	Implementación de mantenimientos (predictivo, preventivo, correctivo, 5'S)	Frecuencia de fallas	8.5483
Funcionamiento	Implementación de mantenimientos (predictivo, preventivo, correctivo, 5'S)	Mantenimiento predictivo	7.1954
Funcionamiento	Implementación de mantenimientos (predictivo, preventivo, correctivo, 5'S)	Mantenimiento preventivo	8.4806
Funcionamiento	Aplicación de tecnología para automatización de procesos de herramientas	Problemas de funcionamiento de automatización	8.2577
Funcionamiento	Aplicación de tecnología para automatización de procesos de herramientas	Problemas en cambio de herramienta	8.1541
Funcionamiento	Aplicación de tecnología para automatización de procesos de herramientas	Tecnologías utilizadas para el monitoreo predictivo	7.4102
Funcionamiento	Simulación de elementos discretos	Uso inadecuado de herramientas de simulación de elementos discretos (procesos)	7.8141
Funcionamiento	Simulación de elementos discretos	Uso inadecuado de herramientas de simulación de elementos finitos (CAE)	8.8644

Calificación global

En base a los valores de entrada se generaron las calificaciones globales la cual es la siguiente:

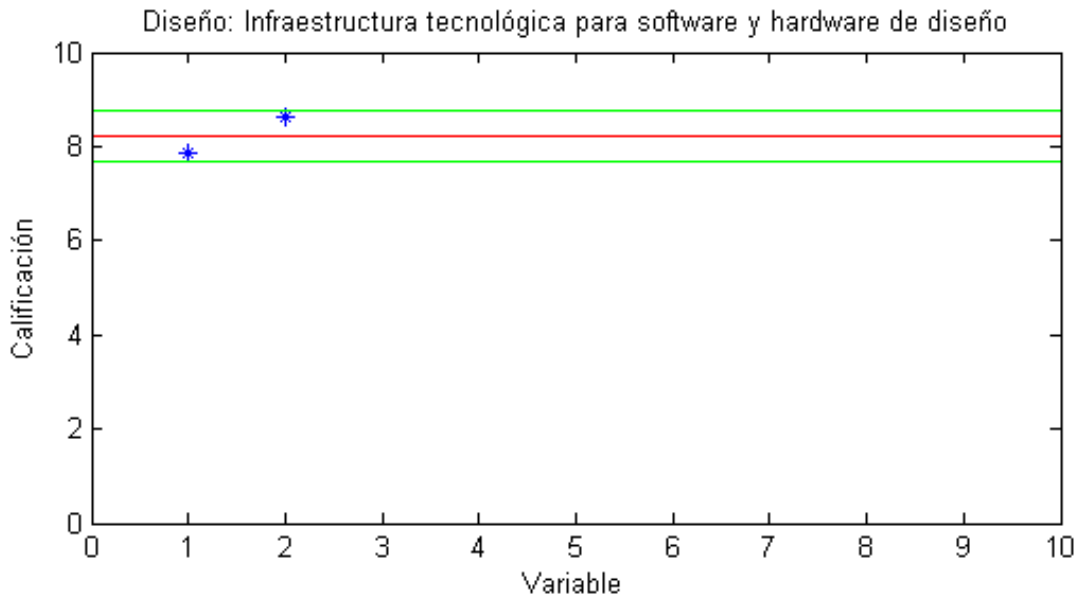
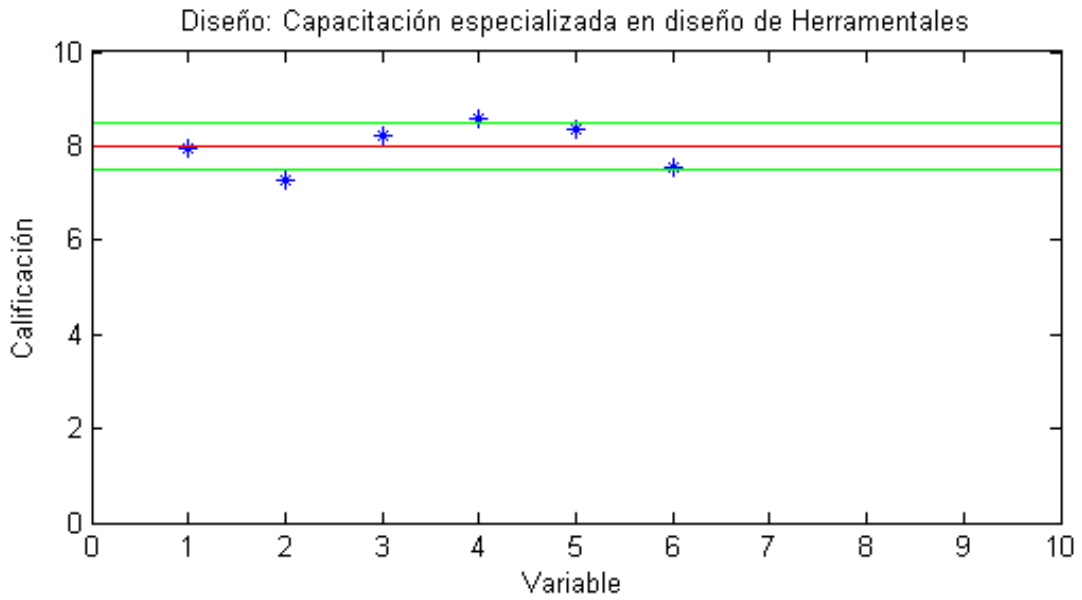
0.7994

Y se considera como una buena calificación (ver tabla 77 de interpretación de resultados), interpretando que esta empresa detecta algunas áreas de oportunidad pero en general tiene un buen desempeño. Para la detección de las áreas de oportunidad, se hace uso del análisis de varianza provisto por el modelo. A continuación se presenta dicho análisis.

Detección de áreas de oportunidad

Las áreas de oportunidad se definen en el modelo como aquellas variables que estén por debajo de una desviación estándar de la media. Este análisis se presenta para cada área de mejora y por cada tipo de parámetro (Diseño, Fabricación y Funcionamiento).

Análisis de diseño



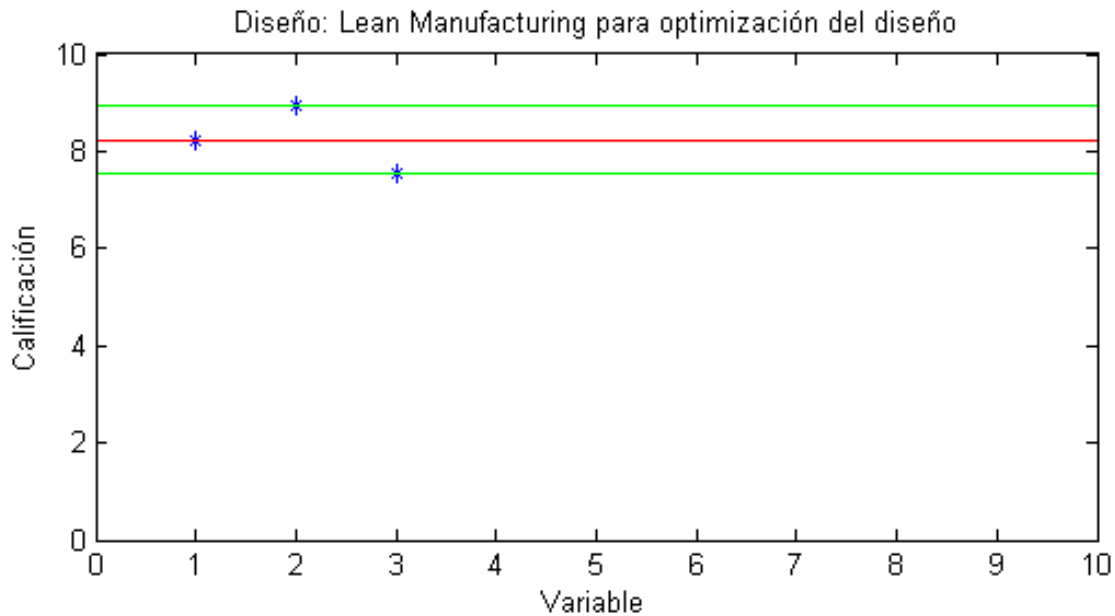


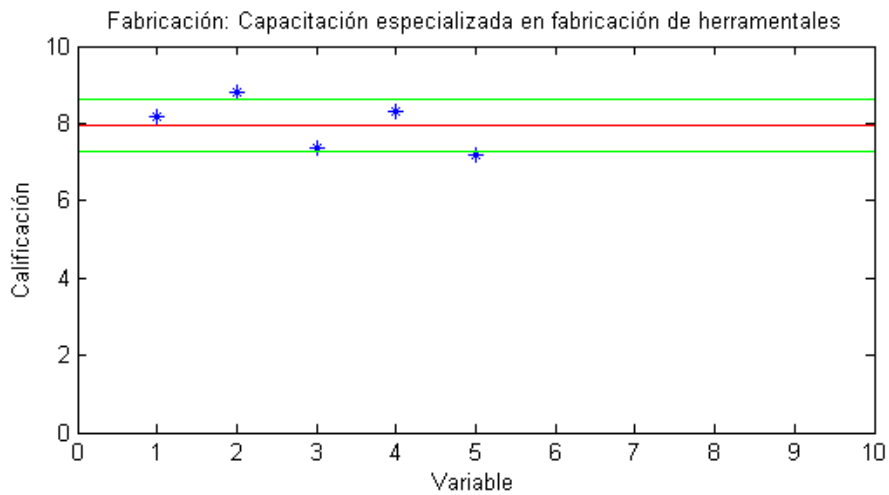
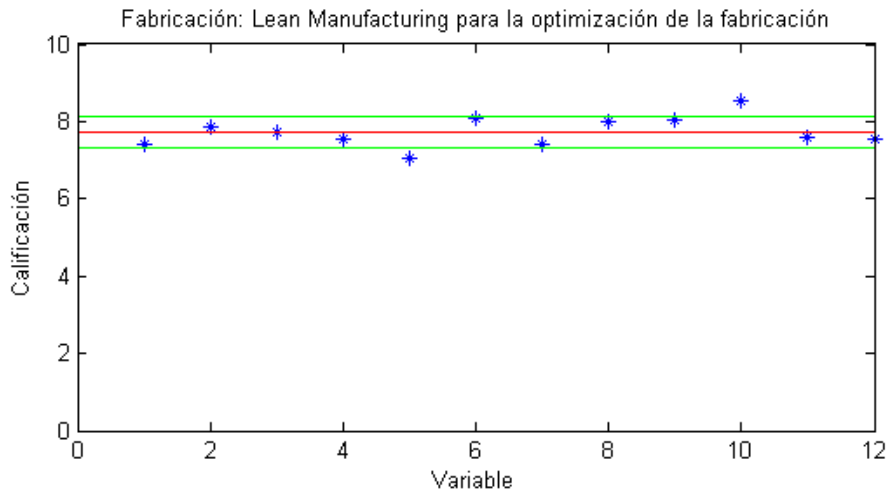
Ilustración 227 Interpretación de resultados de diseño

Las gráficas anteriores muestran en color rojo la media, en verde la desviación estándar a partir de la media y en azul las calificaciones obtenidas por cada variable. Se presentan tres gráficas, cada una representando un área de mejora en rubro de diseño (los títulos en las gráficas especifican el área de mejora, las variables se denotan por número dada la limitación de tamaño).

A partir de la observación de las gráficas se puede ver que sólo hay una calificación por debajo del criterio establecido (i.e. una desviación estándar por debajo de la media) correspondiente a: “Capacitación especializada en el diseño de herramientas” variable 2. Consultando la tabla de variables se identifica la variable 2 como “Aplicación de GD&T a la posición y localización de componentes del herramienta”. Este análisis sugiere que se enfoque la mejora en dicha variable.

El mismo análisis se presenta para el parámetro de fabricación, se omiten las explicaciones aquí presentadas y se procede a mostrar únicamente los resultados e interpretación.

Análisis de fabricación



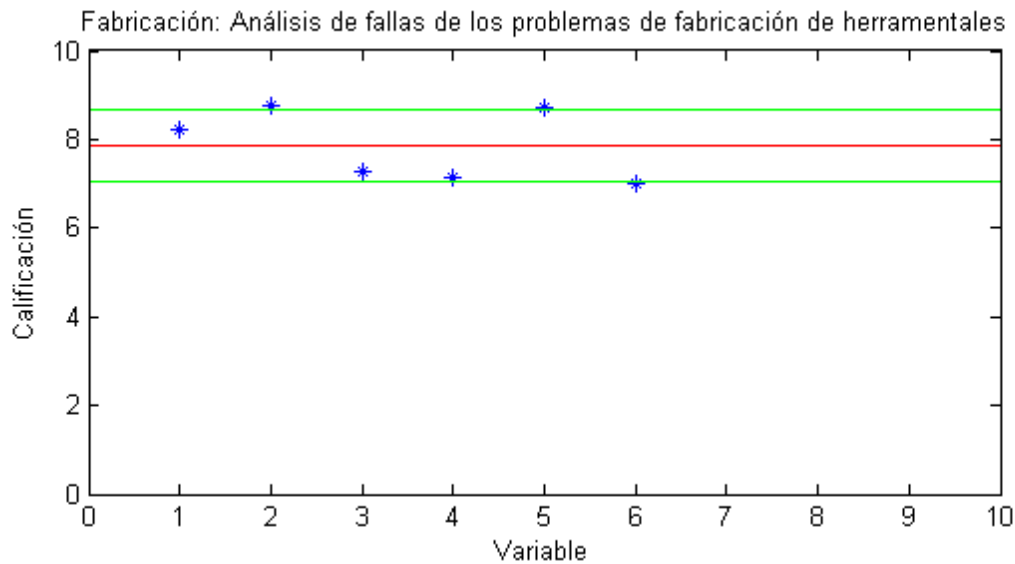


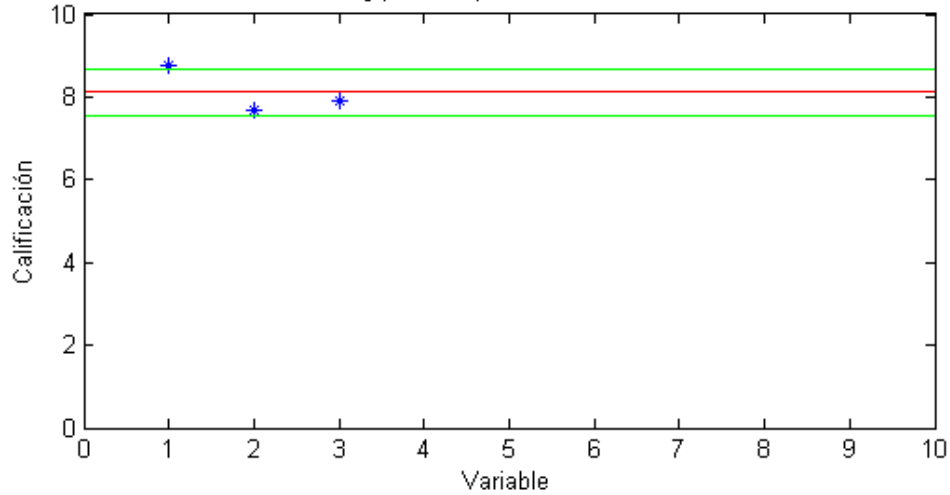
Ilustración 228 Interpretación de resultados de fabricación

Áreas de oportunidad identificadas:

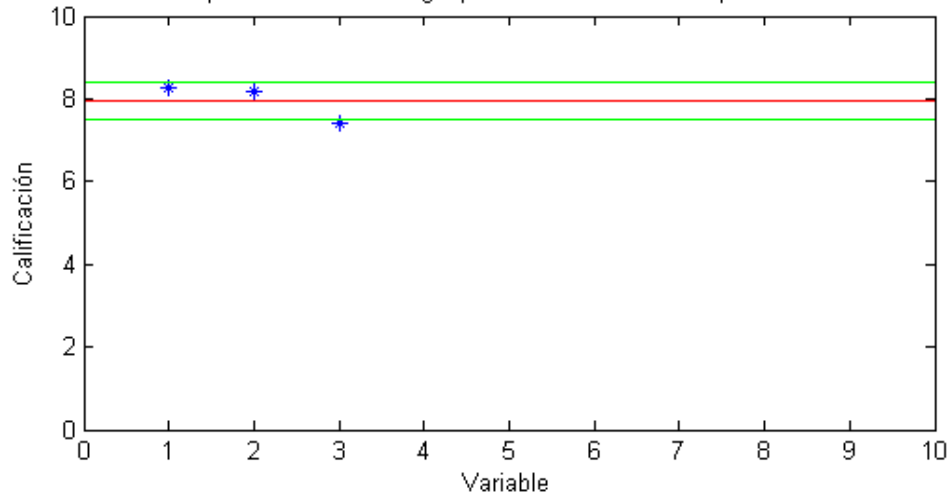
- Lean Manufacturing para la optimización de la fabricación: Falla en estandarización por Lean Manufacturing.
- Análisis de fallas de los problemas de fabricación de herramientas: Proceso detenido.
- Capacitación especializada en fabricación de herramientas: Verificación del desarrollo de un producto.

Análisis de funcionamiento

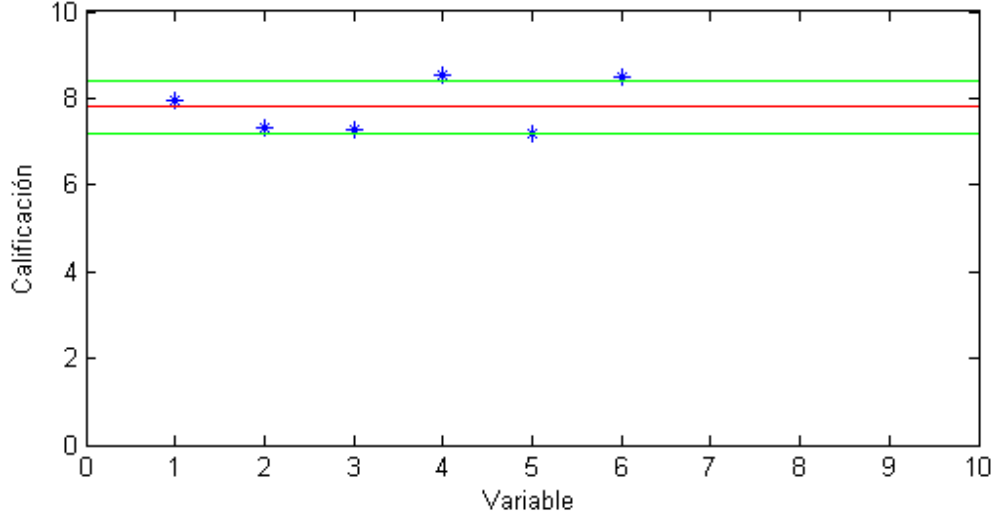
Funcionamiento: Lean Manufacturing para la optimización del funcionamiento de los herramientas



Funcionamiento: Aplicación de tecnología para automatización de procesos de herramientas



Funcionamiento: Implementación de mantenimientos (predictivo, preventivo, correctivo, 5'S)



Funcionamiento: Simulación de elementos discretos

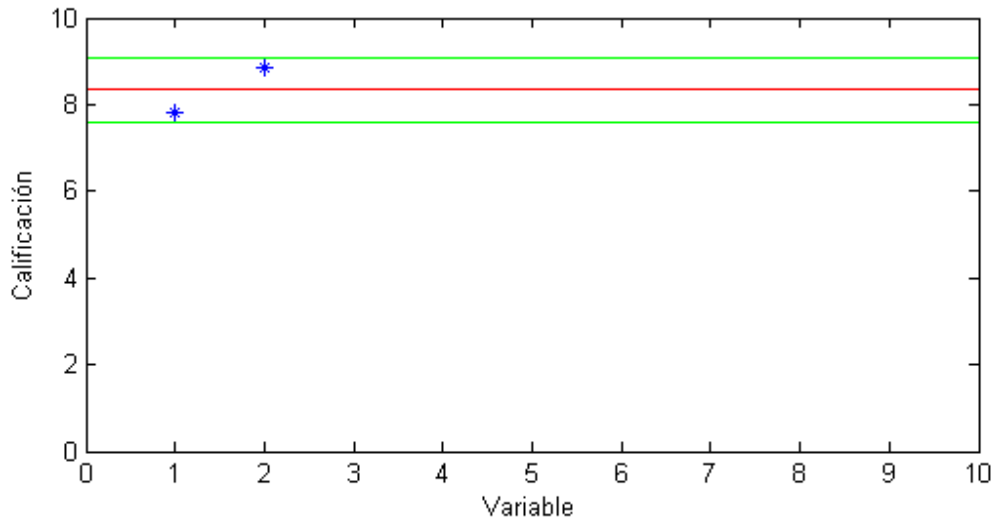


Ilustración 229 Interpretación de resultados del funcionamiento

Áreas de oportunidad identificadas:

- Aplicación de tecnología para automatización de procesos de herramientas:
Tecnologías utilizadas para el monitoreo predictivo

Evaluación de la empresa

La empresa analizada presenta un rango de calificaciones entre 7 y 9, su calificación global es de:

0.7994

Lo cual coloca a esta empresa en una clasificación de **Media-Alta**. Si bien el desempeño de la empresa se considera satisfactorio, se han identificado las siguientes áreas de oportunidad para la mejora de la empresa.

Áreas de oportunidad identificadas:


- Capacitación especializada en el diseño de herramientas: Aplicación de GD&T a la posición y localización de componentes del herramienta.
- Lean Manufacturing para la optimización de la fabricación: Falla en estandarización por Lean Manufacturing.
- Análisis de fallas de los problemas de fabricación de herramientas: Proceso detenido.
- Capacitación especializada en fabricación de herramientas: Verificación del desarrollo de un producto.
- Aplicación de tecnología para automatización de procesos de herramientas:
Tecnologías utilizadas para el monitoreo predictivo.

Interpretación de resultados

En esta sección se estandariza la interpretación de resultados mediante tablas de rangos. El resultado de la calificación global de la empresa se interpreta mediante los rangos siguientes:

Tabla 77 Interpretación de resultados

Calificación:	Rango:	Evaluación:
Baja	0-0.4	Este tipo de empresas deben atacar los tres tipos de parámetros para mejorar los resultados obtenidos. Suelen presentar fallas en Diseño, Fabricación y Funcionamiento.
Media	0.4-0.65	Este tipo de empresas por lo general presentan fallas graves en dos de los tres tipos de parámetro. Se sugiere aplicar medidas urgentes en las áreas identificadas por el análisis.
Media alta	0.65-0.8	Este tipo de empresas llegan a presentar fallas en algún tipo de parámetro, por lo general no son graves y se sugiere implementar medidas a mediano plazo para su control y mejora continua en los otros tipos de parámetro.
Alta	0.8-1	Este tipo de empresas presentan un buen control sobre sus áreas de mejora y no suelen presentar fallas graves en ninguna de estas. Para este tipo de empresas se aplican medidas de mejora continua y expansión.



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

CAPÍTULO 5

CAPÍTULO 5

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.**

5. DESARROLLO DE TÉCNICAS DE CAPACITACIÓN PARA EL PERSONAL Y ORIENTANDO LAS NUEVAS PRÁCTICAS HACIA LA INNOVACIÓN

5.1 GENERACIÓN DE BASE DE DATOS DE OBJETOS DE APRENDIZAJE, QUE ORIENTEN A LA INNOVACIÓN

En la actualidad el capital humano representa una pieza importante para el diseño de herramientas, con una adecuada capacitación del personal se obtendrán buenos resultados los cuales son parte importante de la innovación, para poder competir en el mercado. Una de las técnicas que mejor se acopla a este tipo de situaciones es la aplicación de los objetos de aprendizaje los cuales dan buenos resultados a bajo costo.

La capacitación de las personas encargadas del diseño y la fabricación de herramientas, se han enfrentado con problemas como los son, temarios obsoletos, capacitaciones extremadamente caras, capacitaciones en el extranjero, lo que ha obligado a seguir trabajando sin poder actualizarse en el modelo laboral, esto repercute en los procesos productivos, haciéndolos ineficientes o demasiados largos.

LA IMPORTANCIA DEL PROCESO DE CAPACITACIÓN AL MOMENTO DE IMPLANTAR SISTEMAS DE SIMULACIÓN.

De acuerdo a la vida actual del mundo empresarial el término capacitación y sistemas de información están cambiando la forma de trabajo de las empresas, los software de simulación ayudan a acelerar procesos por lo tanto; las organizaciones que los implantan logran ventajas competitivas al adoptarlos en sus procesos.

La capacitación se refiere a los métodos que se usan para proporcionar a las personas dentro de la empresa las habilidades que necesitan para realizar su trabajo, ésta abarca desde pequeños cursos sobre terminología hasta cursos que le permitan al usuario entender el funcionamiento y la importancia de una simulación, ya sea teórico o a base de prácticas o mejor aún, combinando los dos. Este es un proceso que lleva a la mejora continua y con esto a implantar nuevas formas de trabajo, como en este caso un sistema que será automatizado viene a agilizar los procesos y llevar a la empresa que lo adopte a generar un valor agregado y contribuir a la mejora continua por medio de la implantación de nuevos softwares y capacitación continua a los diseñadores e ingenieros.

OBJETIVOS DE LA CAPACITACIÓN.

Proporcionar a la empresa recursos humanos altamente calificados en términos de conocimiento, habilidades y actitudes para un mejor desempeño de su trabajo.

Desarrollar el sentido de responsabilidad hacia la empresa a través de una mayor competitividad y conocimientos apropiados.

Lograr que se perfeccionen los ejecutivos y empleados en el desempeño de sus puestos tanto actuales como futuros.

Mantener a los ejecutivos y empleados permanentemente actualizados frente a los cambios científicos y tecnológicos que se generen proporcionándoles información sobre la aplicación de nueva tecnología.

Lograr cambios en su comportamiento con el propósito de mejorar las relaciones interpersonales entre todos los miembros de la empresa.

A continuación se presenta la función objetivo vista en el capítulo 4 la cual nos servirá para determinar los objetos de aprendizaje que impactan en el diseño, fabricación y funcionamiento de herramientas.

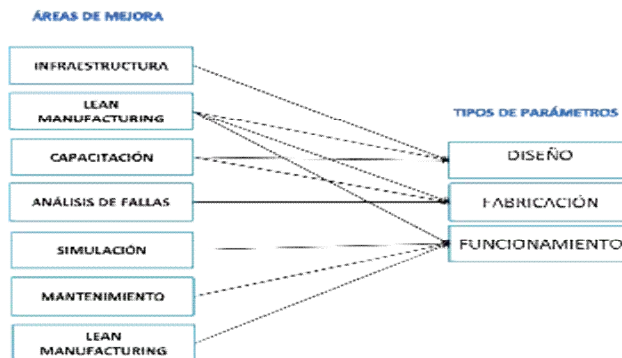


Ilustración 230 Procesos de mejora y tipos parámetros

En las siguientes tablas se muestran los procesos de mejora de diseño, fabricación y funcionamiento

Tabla 78 Procesos de Mejora de Diseño

No.	Proceso de Mejora de Diseño
1	Criterios y/o normas de diseño
2	Verificación de tolerancias
3	Evaluación dimensional de herramientas
4	Procesos CAD
5	Proceso CAM
6	Ingeniería inversa

Tabla 79 Procesos de Mejora de Fabricación

No.	Proceso de Mejora de fabricación
1	Lean Manufacturing
2	Sistema de Administración de Calidad
3	Six Sigma
4	Reclamación de producto no conforme
5	Análisis de fallas

Tabla 8o Procesos de Mejora de Funcionamiento

No.	Proceso de Mejora de funcionamiento
1	Mantenimiento correctivo
2	Mantenimiento Preventivo
3	SMED
4	Simulación de elementos finitos y discretos (Procesos)
5	Lean manufacturing

Definición de los objetos de aprendizaje para el diseño de herramientas

Una de las principales actividades de la función objetivo es la de diseñar y desarrollar nuevos herramientas con nuevas tecnología e ingeniería avanzada, esto se logrará con los objetos de aprendizaje que a continuación

Criterios y/o normas de diseño

La presencia de errores constantes en el diseño de herramientas genera errores de ensamble y como consecuencia una serie de re-trabajos, esto se debe a la falta de conocimiento de criterios y normas en el personal que está encargado del diseño de herramientas. Por otro lado la falta de capacitación del personal y la poca experiencia orilla a este tipo de situaciones.

La solución para estos tipos de errores, es mediante la constante capacitación en normas tales como GD&T, ISO por citar algunas.

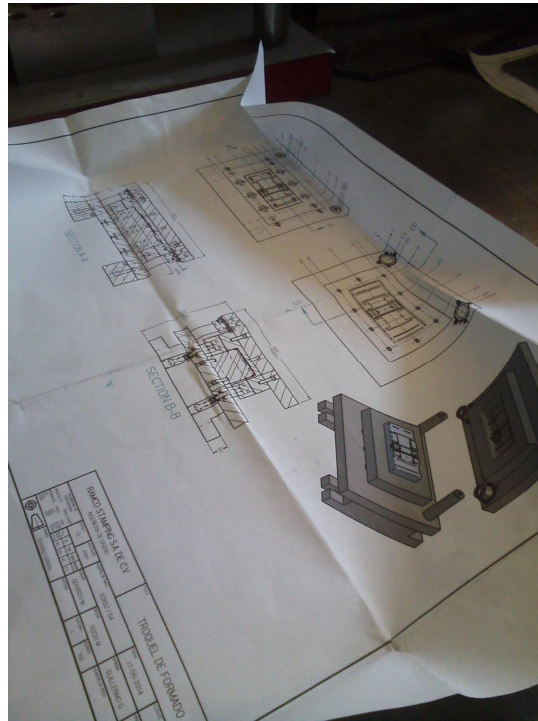


Ilustración 231 Aplicación de normas en planos

A continuación se presenta la base de datos de los criterios y/o normas.

Tabla 81 Base de datos de capacitación en normas de diseño

Objeto de aprendizaje	Contenido	Descripción
Capacitación en normas de diseño de herramientas	Norma ISO DIN 7160 y 7161	Se refiere a los ajustes y tolerancias de herramientas los cuales ayudarán a mejorar la fabricación de los herramientas
	Aplicación de la Norma GD&T	Estas Normas internacionales ayudarán a especificar las zonas de tolerancia en los herramientas ya que anteriormente no se contaba con una estandarización de tolerancias
	ISO/TS 16949	Tener definido el sistema de gestión de la calidad para el diseño de herramientas ayudara a administrar de manera adecuada la documentación y como resultado la satisfacción de los clientes.

Verificación de tolerancias

Las tolerancias son necesarias al construir un herramental, el cual nos sirve para poder asegurar una calidad mínima de fabricación. El responsable de la fabricación de herramientas debe estar capacitado, esto es para comprobar que sus dimensiones cumplan con las tolerancias especificadas. Los matriceros deben utilizar alguna de las dos formas para verificar tolerancias dimensionales: La medición indirecta o la medición directa.

Al adquirir este conocimiento y aplicarlo en el personal, es como obtendremos piezas estandarizadas de mejor calidad. El recurso humano capacitado facilitará la sustitución de piezas de desgaste cumpliendo con las tolerancias establecidas. Esto disminuye las

reclamaciones de los clientes debido a que las piezas entregadas estarán dentro de la tolerancia especificada. Esta práctica se debe aplicar al diseño de herramientas ya que el ensamble de los componentes del mismo no debe presentar interferencia entre ellos. Para la calidad de las tolerancias se aplican las normas UNE 4-040-81 (ISO 286(1)-62), UNE EN 22768 1:1993, ISO2768 1:1989.

A continuación se presentan criterios para verificación de tolerancias

Tabla 82 Base de datos de capacitación en tolerancias de diseño

Objeto de aprendizaje	Contenido	Descripción
Capacitación en tolerancias de diseño	Temperatura	Refiere a mantener la temperatura dentro de un rango específico para evitar mal funcionamiento.
	Uso de galgas	Son utilizadas para medir con precisión las tolerancias en los herramientas.
	Calibradores PASA-NO PASA	Sirven para determinar si un producto se encuentra dentro de los rangos de tolerancia.



Ilustración 232 Uso de dispositivos pasa- no pasa

Evaluación dimensional de herramientas

El análisis dimensional arroja resultados con los cuales se proporcionará información con la que se pueden fabricar piezas en serie. Para esto hay algunos factores que se mencionaron en el capítulo 2 que limitan un dimensionamiento adecuado de los herramientas. La solución es una adecuada capacitación al personal para obtener mejores resultados, en cuanto al área de metrología ya que esta área es la que determina si se procede a la fabricación o se realizan las modificaciones necesarias. Para esto se mencionan la base de datos para llevar a cabo un dimensionamiento adecuado.

Tabla 83 Base de datos de capacitación en dimensionamiento de herramientas

Objeto de aprendizaje	Contenido	Descripción
Capacitación en dimensionamiento de herramientas	Capacitación de personal en el área de metrología	Sirve para poder conocer las tolerancias de una pieza con respecto a su fabricación.
	Interpretación de planos	Entender lo que el diseñador plasma en una hoja mediante símbolos y diagramas.
	Uso de equipo de medición	Operar adecuadamente los instrumentos de dimensión como vernier, micrómetro, CMM y sistemas ópticos.

Procesos CAD

Para disminuir los costos que intervienen en el desarrollo de herramientas se ha implementado el uso de procesos CAD, con esto se logra el aumento de productividad, mejorar la calidad del producto y menor tiempo para obtener el producto deseado.

Otras de las ventajas que ofrecen los procesos CAD son:

1. Mejor visualización del herramental final, los sub-ensambles parciales y los componentes en un sistema CAD agilizan el proceso de diseño.
2. El software CAD ofrece gran exactitud de forma que se reducen los errores.
3. El software CAD brinda una documentación más sencilla y robusta del diseño, incluyendo geometría y dimensiones, lista de materiales, etc.
4. El software CAD permite una reutilización sencilla de diseños de datos y mejores prácticas.

Tabla 84 Base de datos de Proceso CAD

Objeto de aprendizaje	Contenido	Descripción
Infraestructura en software	Software NX	Es una gama integrada de aplicaciones completamente asociativas de tipo CAD/CAM/CAE
	Solid Edge	Es un sistema híbrido de CAD en 2D/3D que utiliza Synchronous Technology para acelerar el diseño, cambios ágiles, y mejor re utilización de importaciones
	Catia V5 R19	Es una solución líder utilizada mundialmente para el diseño de productos. En el diseño de herramientas desarrolla un papel muy importante ya que la variedad de módulos que integran esta plataforma permiten diseñar productos en todos los ámbitos, para el caso de herramientas se tienen módulos de diseño, análisis de elemento finito y de maquinado.
	Autoform	Es una solución que permite optimizar el proceso de diseño de los troqueles, simulando el stress residual y la conformación de la platina.

Proceso CAM

Para describir los procesos de producción física del diseño hacia la fabricación, se logra mediante la reproducción exacta a partir de sistemas computarizados de control numérico. Para este fin tenemos los procesos CAM (computer-aided manufacturing), los cuales permiten visualizar la fabricación de los herramientas de un modo virtual, estimando costos y tiempo de

fabricación. La ventaja más importante de este sistema es que responde fielmente a los diseños realizados a partir del proceso CAM.

La primera aplicación del CAM fue la programación de piezas por control numérico, es decir, la generación de programas para máquinas CNC. Este sistema permite programar dichas máquinas off-line (fuera de línea), sin interrumpir su trabajo, con esto se logra una disminución de tiempos muertos. Otras aplicaciones se presentan en la programación de Robots y de PLC.

Con la capacitación del proceso CAM los diseñadores, planificadores de producción y programadores CNC, lograrán los siguientes resultados:

- Se pueden acortar notablemente los tiempos de desarrollo, planificación y fabricación de los herramientas.
- Mejora la calidad de los distintos componentes y del producto acabado.
- Se reducen los tiempos muertos.
- Se facilita la valoración de soluciones alternativas para la reducción de precios o la mejora de funciones.
- Se facilitan los cálculos previos y posteriores de los precios así como su control constante y configuración.
- Se hace posible la optimización de la distribución del grado de utilización de las máquinas.
- Se consigue mayor flexibilidad.

Tabla 85 Base de datos de procesos de diseño.

Objeto de aprendizaje	Contenido	Descripción
Lean Manufacturing en diseño	Programación CAM	Capacitar al personal en la programación de los equipos CNC para la fabricación de herramientas.

Ingeniería Inversa

Durante el trabajo constante de los herramientas de día a día llegan a sufrir desgaste y fracturas que son propias del trabajo que realizan. Para ello es necesario reparar, dar mantenimiento y en ocasiones hasta reconstruir los herramientas completos. Pero para realizar este tipo de actividades no existe un personal capacitado que pueda realizar con precisión este tipo de actividades. La situación que enfrentamos para poder llevar a cabo estas actividades es una falta de documentación y como consecuencia una falta de diseño total o parcial. Para ello existe la ingeniería inversa la cual estudia y analiza el herramienta con el fin de conocer los detalles del diseño, construcción y fabricación. Con la aplicación adecuada de la ingeniería inversa y el personal calificado, se obtienen productos mejorados y al mismo tiempo efectivas estrategias de enseñanza para adquirir las competencias de diseño e innovación requerida para la formación de ingenieros.

Para lograr los objetos de aprendizaje se deben considerar los siguientes puntos:

Tabla 86 Base de datos Infraestructura de diseño

Objeto de aprendizaje	Contenido	Descripción
Infraestructura de diseño	Software de digitalización	Permite Digitalizar los datos en 3D de forma sencilla para utilizarlos directamente en cualquier software de impresión en 3D o CAD.
	Sistemas ópticos de medición	Scanner 3D completamente portátil, para aplicación de metrología ofreciendo mediciones de gran precisión y sin contacto en la pieza a dimensionar.

Definición de los objetos de aprendizaje para la fabricación de herramientas

Para realizar el análisis de la función objetivo se tomaron en cuantas los objetos de aprendizaje más representativos en la fabricación del herramental ya que tiene un mayor impacto en la innovación, para esto se realizó una base de datos lo que ayuda a tener un panorama amplio de la situación actual de fabricación.

Lean manufacturing

En los procesos de fabricación de herramientas existen una serie de situaciones que impiden que las actividades se lleven a cabo de la manera más correcta. Uno de los factores que envuelve a este tipo de problemas es la falta de capacitación y experiencia del personal pero sobre todo el poco conocimiento de técnicas administrativas. Para ello Lean manufacturing es una herramienta muy completa que ayuda a reducir los desperdicios de cualquier clase, los tiempos de ciclo, los tiempos de respuesta a pedidos de clientes y por último mejora la capacitación del personal, ya que la metodología proporciona herramientas para solucionar este tipo de situaciones. A continuación se presenta la base de datos de lean manufacturing:

Tabla 87 Base de datos Lean manufacturing de fabricación

Objeto de aprendizaje	Contenido	Descripción
Lean manufacturing de fabricación	5's en el almacén de herramientas	Es una técnica que sirve para eliminar despilfarros de tiempo y espacio que se generan en el almacenamiento de los herramientas
	Capacitación del personal en la fabricación de herramientas	El programa de capacitación estará dividido en tres temáticas: manufactura, diseño del producto y materiales, los cuales están enfocados a resolver problemas específicos de la empresa
	Balanceo de operaciones	Es la técnica de equilibrar el flujo de producción en una instalación repetitiva orientada a la producción

Sistema de Administración de Calidad

La falta de un sistema de calidad en la organización implica problemas en todos los niveles de la organización, ya que el personal no tiene claro los objetivos. Es por ello que es necesario implementar un sistema de calidad el cual mejore el rendimiento de la organización. Para ello la certificación ISO permitirá demostrar alto nivel de calidad en la fabricación de herramientas. Para lograr el sistema de administración de calidad se presenta el siguiente cuadro:

Tabla 88 Base de datos de capacitación en sistemas de calidad

Objeto de aprendizaje	Objetos de aprendizaje	Descripción
Capacitación en sistemas de calidad	Norma ISO 9001:2008	Es una norma internacional que centra todo los elementos de administración de calidad con los que la empresa debe contar para tener un sistema efectivo que permita administrar y mejorar la calidad de sus productos y servicios
	AMEF	Es un procedimiento para identificar las formas en que un producto o proceso puede fallar y planear la prevención de tales fallas.
	Manuales de calidad	Es el documento en el cual se especifican todos los puntos que la norma ISO 9001: 2008 establece

Six sigma

Durante la fabricación de herramientas no se tiene un soporte en la aplicación de herramientas de mejora ya que el personal no toma de manera adecuada una decisión para la obtención de resultados. La metodología Six Sigma intenta abatir al proceso: la variabilidad la cual tiene se define como la variación de un producto estando presente en todo el proceso real, de modo que no se puede predecir con exactitud el resultado durante la fabricación de los herramientas ya que el personal carece del conocimiento de esta metodología.

Tabla 8g Base de datos de Lean manufacturing –Six Sigma de fabricación de troqueles

Objeto de aprendizaje	Contenido	Descripción
Lean manufacturing –Six Sigma de fabricación de troqueles	Modelo DMAIC	Es una metodología de mejora de procesos para la fabricación de herramientas en la cual cada una de sus etapas utiliza herramientas para la solución de problemas
	Las 7 herramientas estadísticas de la calidad	Es una técnica que se sugiere aplicar para la solución de los problemas en la fabricación de los herramientas para tener áreas más productivas.

Reclamación de producto no conforme

Durante los proceso de fabricación de herramientas se presentan situaciones ajenas e imprevistas, las cuales en ocasiones no son fáciles de percibir aun teniendo tecnología de punta. Para esto se recomienda verificar y capacitar al personal bajo la norma ISO 9001: 2008 dentro del apartado 8.3 que se refiere al control de producto no conforme, los beneficios que se obtendrán es impedir el uso de materiales no conformes que puedan generar mayor problema e identificar los problemas de la organización para emprender acciones correctivas y evitar que se repitan, en la siguiente tabla se muestra la base de datos del producto no conforme.

Tabla 90 Base de datos Lean manufacturing de fabricación

Objeto de Aprendizaje	Contenido	Descripción
Lean manufacturing de fabricación	Reclamación de clientes	Se tomarán acciones de inmediatas tales como alerta de fallas, revisión de procesos, capacitación de personal y ayudas visuales para reducir las no conformidades en la fabricación de herramientas.
	Incidencia en controles internos	Se realizaran auditorías internas en los procesos de fabricación de troqueles por lo menos dos periodos al año, para detectar productos no conformes
	Incidencia con proveedores	Se realizarán auditorías periódicas a empaques para garantizar el producto no conforme

Análisis de fallas

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. El análisis de falla es un examen sistemático de la pieza dañada para determinar la causa raíz de la falla y usar esta información para mejorar la confiabilidad del producto.

Tabla 91 Base de datos Análisis de fallas

Objeto de Aprendizaje	Contenido	Descripción
Análisis de fallas	Determinar la causa raíz	En la fabricación de los herramientales las causas se determinarán a través del diseño, defecto las cuales proporcionaran información para su análisis
	Identificar los modos de falla	Se identificará la falla de los herramientales de manera que se elimine la forma de falla del producto o pieza, a través de monitoreo constante

Definición de los objetos de aprendizaje para el funcionamiento de herramientales

Para realizar el análisis de la función objetivo se tomaron en cuenta los objetos de aprendizaje más representativos en el funcionamiento de herramientales ya que tiene un mayor impacto en la innovación, para esto se realizó una base de datos lo que ayuda a tener un panorama amplio de la situación actual de funcionamiento antes mencionado.

Mantenimiento correctivo

Es necesario evitar o eliminar el mantenimiento correctivo tanto el planificado como el no planificado. Debido a que se incrementan los costos por daños materiales y humanos. Como se ha observado en la mayoría de las empresas este tipo de mantenimiento se aplica en sistemas complejos donde no es posible prever fallas, en estos casos se requiere tener personal de mantenimiento en donde esté capacitado en los mecanismos y funcionamiento del equipo que esté operando. Tenemos el inconveniente en este tipo de mantenimiento es que debe preverse

un capital inmovilizado y disponible para las piezas y elementos de repuesto, debido a que dependemos del tiempo de entrega y disponibilidad del elemento averiado.

Tabla 92 Base de datos de mantenimiento correctivo

Objeto de aprendizaje	Contenido	Descripción
Mantenimiento Correctivo	Detección de fallas	Se sugiere retroalimentar al personal de diseño cada vez que se detecte una falla, los motivos pueden ser diversos como mal diseño, mala selección del material, deficiencias en el proceso y/o la fabricación.
	Check list	Se debe de implementar estos formatos para controlar el cumplimiento de una lista de requisitos importantes en el funcionamiento de herramientas.
	SMED	Se sugiere la implementación del SMED para reducir el tiempo de preparación y pasarlo a tiempo productivo, se reduce el tamaño del inventario, el tamaño de los lotes de producción y tener la posibilidad de producir en el mismo día varios modelos en la misma máquina.

Lo más importante para que los herramientas trabajen continuamente es tener implementado un mantenimiento preventivo. El personal de mantenimiento debe estar capacitado para que lleve la bitácora de cada equipo y pueda planear el mantenimiento preventivo de cada máquina, logrando que se conserven los equipos funcionando e incrementando su fiabilidad.

Tabla 93 Base de datos de mantenimiento preventivo

Objeto de aprendizaje	Contenido	Descripción
Mantenimiento Preventivo	Programado	Es importante que el personal de mantenimiento esté capacitado para que realicen las revisiones por tiempo, horas de funcionamiento, etc.
	Predictivo	En este tipo de mantenimiento se debe tratar de determinar el momento en el cual se deben efectuar las reparaciones requeridas
	De oportunidad	Se sugiere que se debe aprovechar los periodos que no se utilice la máquina para evitar paros de la misma.

Simulación de elementos finitos y discretos (procesos)

El tema de simulación para verificar el funcionamiento de los herramientales es de suma importancia que este implementado y tener personal capacitado que pueda revisar virtualmente un herramientales antes de su fabricación. Para este fin tenemos el análisis de elemento finito.

El procedimiento de simulación.

El proceso de simulación comienza por:

- 1.- Planeación estratégica.
- 2.- Formulación del problema.
- 3.- Construcción del modelo en 3D
- 4.- Adquisición de datos.
- 5.- Desarrollo en el programa de simulación.

- 6.- Verificación.
- 7.- Validación.
- 8.- Experimentación
- 9.- Análisis de resultados
- 10.- Implementación y documentación.

Por medio de este procedimiento es como se puede llegar a asegurar que el diseño y la simulación cumplieron con las expectativas que se planteo en el problema a resolver.

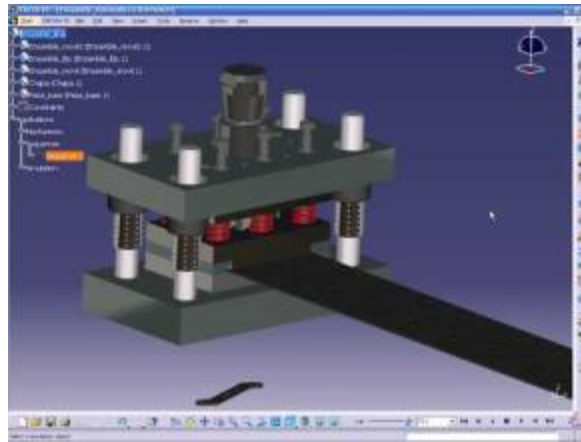


Ilustración 233 Simulación de troquel

Un curso adecuado de simulación dirigido a diseñadores e ingenieros, ayudará a mejorar de forma importante en el diseño y desarrollo de troqueles, eliminando los errores sistemáticos que se presentan al momento de diseñar un troquel, el curso debe tener como principal objetivo brindar formación a personal operativo de las empresas y profesionales independientes, en la incorporación del concepto de trabajo colaborativo, mediante la implementación de soluciones que hacen que el diseño y desarrollo del producto se logre a través de la creación de maquetas virtuales es decir, representaciones gráficas tridimensionales

del producto. Es así que, con CATIA V5 el producto puede ser definido y simulado, y validado antes de su fabricación.

Puntos importantes de una capacitación.

- Actualizar y explotar las características de dibujo como corte de borde y el agujero cónico
- Modificar la geometría CATPart en contexto montaje para crear un nuevo CATPart usando nueva Asociativamente comando
- Utilice el comando puntos y el plano de la repetición
- Personaliza una lista de materiales usando nuevo comando Avanzada Lista de materiales
- Demstrate Broken y normal (no roto) restricciones

Tabla 94 Base de datos de simulación de funcionamiento

Objeto de aprendizaje	Contenido	Descripción
Simulación de funcionamiento	Pre-Procesamiento (Construcción de modelo 3D)	Es importante que el diseñador defina el modelo de la estructura a ser analizada. Considerando tanto los factores ambientales como los técnicos. El departamento de diseño debe tener la capacidad de replicar de manera realista los parámetros importantes y características del modelo real.
	Solución de análisis (Computo de la solución)	En este tipo de análisis se sugiere que el personal de diseño esté capacitado para realizar una serie de procesos computacionales que involucran fuerzas aplicadas, en donde se determinan deformaciones, estiramientos o estrés causados por fuerzas estructurales. El software que se recomiendan para este análisis son Ansys, CAELINUX y Nastran/Patran.

	Post- Procesamiento (Visualización)	Se sugiere que se utilicen herramientas visuales dentro del ambiente FEA para poder visualizar e identificar completamente las implicaciones del análisis.
--	---	--

Lean manufacturing

Tabla 95 Base de datos Lean manufacturing de funcionamiento

Objeto de aprendizaje	Contenido	Descripción
Lean manufacturing de funcionamiento	Incidencia en controles internos	Se realizarán auditorías internas en los procesos de fabricación de troqueles por lo menos dos periodos al año, para detectar productos no conformes.
	Capacitación del personal en el proceso fabricación de herramientas	Es un proceso planificado que busca modificar, mejorar y ampliar los conocimientos y habilidades y actitudes del personal.
	Balanceo de operaciones	Es la técnica de equilibrar el flujo de producción en una instalación repetitiva orientada a la producción.

La capacitación dual debe darse de forma continua, la mejor forma de preparar a las personas es brindándole más práctica que teoría, pudiendo ser el mejor ejemplo un curso donde la practica en alguna empresa sea de 80% y la teoría en la aula del 20% restante (sistema dual).

La forma de innovar después de una capacitación en diseño, es la forma en cómo se debe de diseñar respetando las normas y tolerancias que requiere un diseño, para poder llevarlos a su fabricación.

Educación dual

La creatividad dentro de las empresas se identifica de forma cultural o en el pensamiento, y no tanto en lo relacionado con el entorno económico o empresarial. Sin embargo, la creatividad puede ser puesta en práctica dentro de la empresa a través de técnicas que responden a un enfoque adaptado a la mejora competitiva.

Para que el capital humano pueda desarrollar su creatividad, es necesario que la propia empresa posibilite su libertad de acción. Todos estos elementos aumentan la motivación del trabajador favoreciendo la aparición de ideas y su aplicación.

Por otro lado, la flexibilidad tanto de las actividades como de las metodologías de trabajo creativas facilita la gestión del cambio en las organizaciones, aspectos clave en un contexto tan cambiante como el actual.

La creatividad debe extenderse por consiguiente no sólo a los ámbitos de actuación que actualmente han sido más propensos (como la I+D o el marketing), sino a todos los departamentos de la empresa como son el de la producción, administración y gestión, recursos humanos, y sobre todo la dirección.

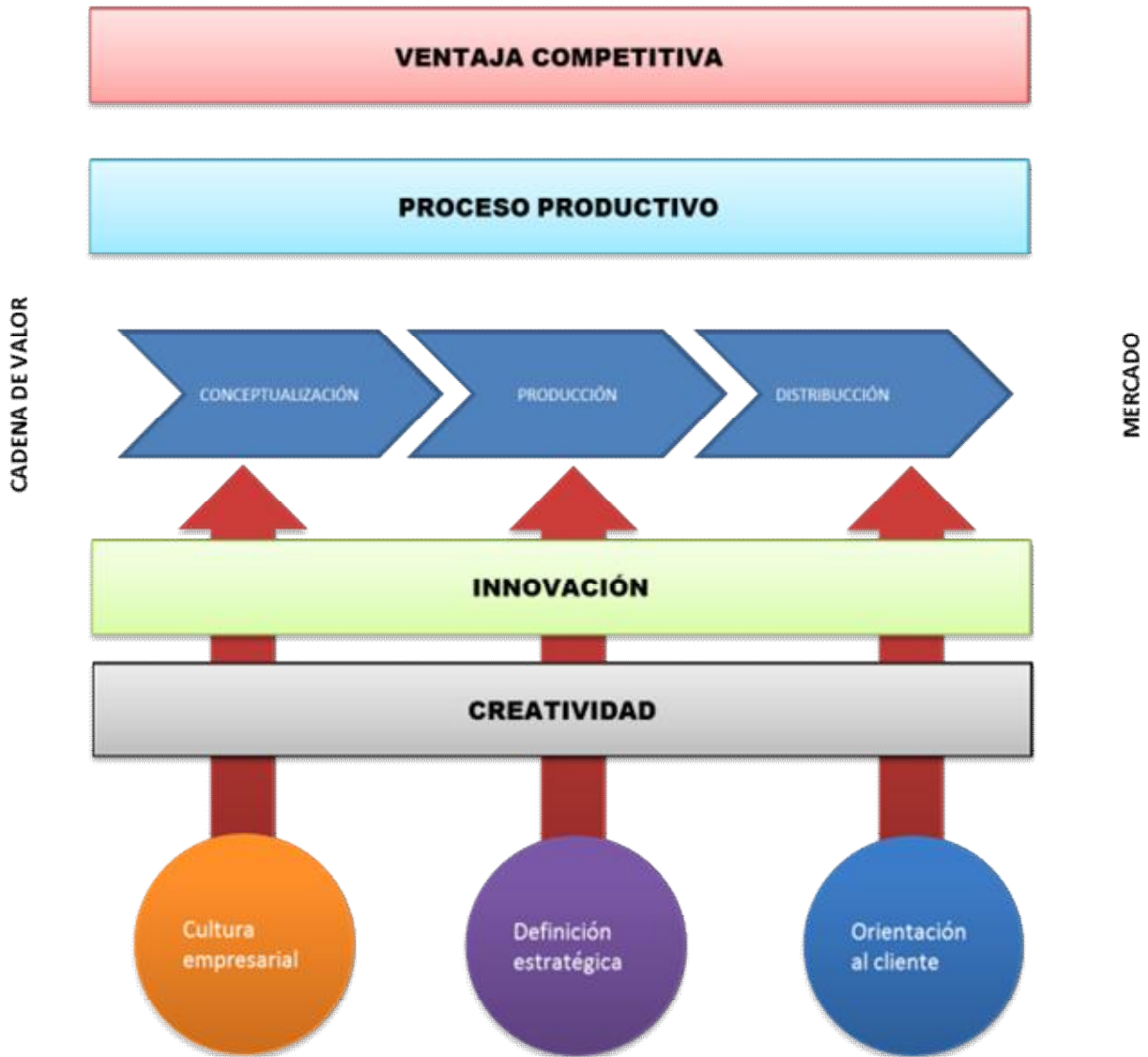


Ilustración 234. Creatividad en las empresas

Para desarrollar la innovación a nivel operativo las empresas deberán adoptar tres elementos que actúan directamente en la creatividad del personal los cuales se presentan en la siguiente figura.

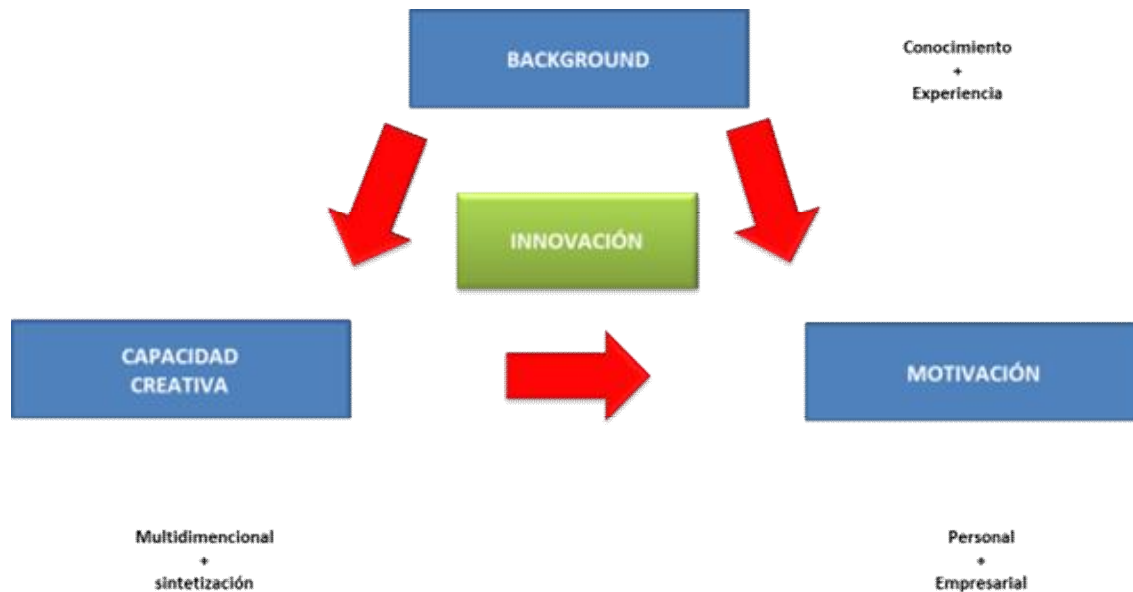


Ilustración 235 Ciclo de innovación

A partir de estos 3 ejes, un aspecto interesante es reflexionar sobre cuáles son los mecanismos correctos a través de los cuales las empresas pueden incorporar la creatividad en su actividad cotidiana.

Los programas de capacitación han estado evolucionando con el paso del tiempo en la siguiente figura se muestra de manera general los procesos de producción.

Procesos tradicionales	Procesos Modernos
Producción en serie	Producción diferenciada
Especialización	Polivalencia
Puestos de trabajo definidos	Redes de trabajo
Actividades repetitivas	Innovación y creatividad

Ilustración 236 Comparación de métodos de capacitación tradicionales / modernos

Los problemas cotidianos de los jóvenes que son egresados de la educación medio superior y universidades son:

- Falta de experiencia
- Escaso capital social

Esto se traduce a menudo en altas tasa de desempleo, baja productividad e ingresos inestables de los egresados de educación media superior. Para lograr la innovación en los procesos de herramientas se sugiere realizar convenios entre universidades – empresas la cual busca vincular la teoría y la práctica en el estudiante para desarrollar sus habilidades profesionales con el fin de lograr una educación integral mediante convenios de colaboración y coordinación educativa entre empresas e instituciones educativas. La educación dual se representa en la siguiente ilustración.

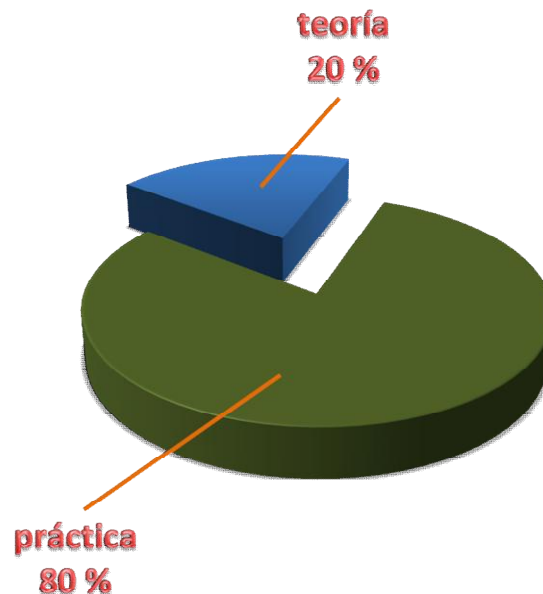


Ilustración 237 Educación Dual

En la siguiente ilustración se presenta un diagrama de la educación dual, el objetivo es promover la vinculación con el mundo laboral y lograr desarrollar las habilidades del aprendiz en el ámbito industrial. Para esto se propone un plan estratégico empresa-escuela el cual desarrollara las habilidades del aprendiz, por otro lado dentro del plan estratégico se sugiere implementar simuladores con los cuales se pretenda reproducir las sensaciones físicas del comportamiento del equipo de la maquina que se pretenda simular.

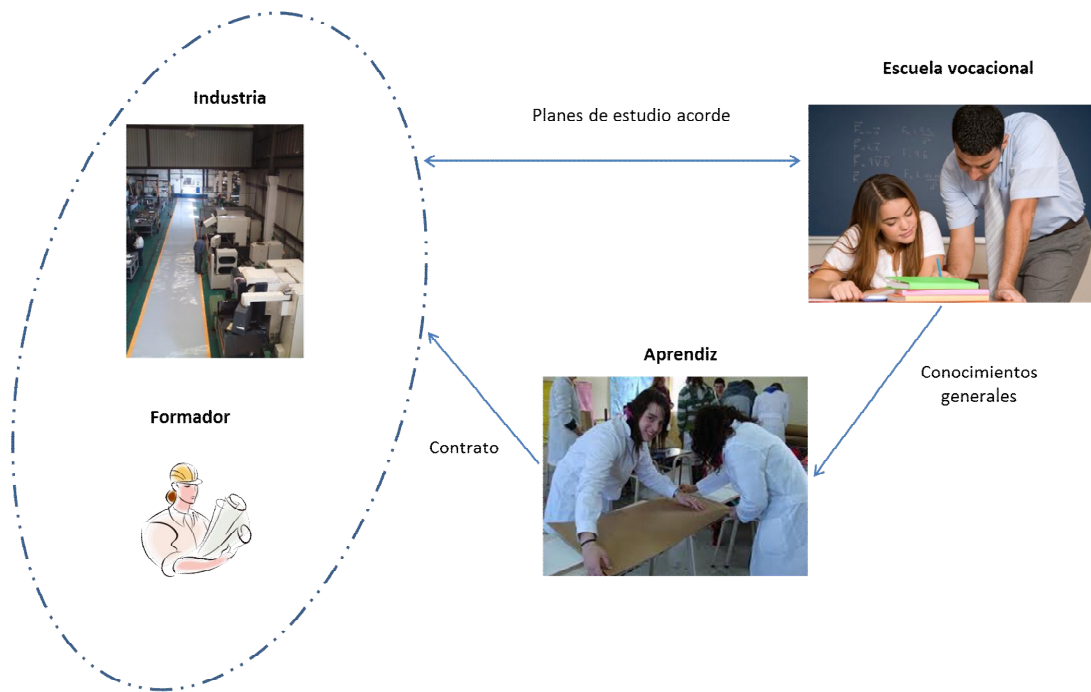


Ilustración 238 Proceso de educación Dual

5.2 GENERACIÓN DE PRÁCTICAS DE OPTIMIZACIÓN DE DISEÑOS

Modalidades para impartir capacitación

Elaborado el plan y los programas de capacitación, el siguiente paso es llevarlos a la práctica; es decir, operar las acciones de capacitación. Para ello se deben prever algunos aspectos antes, durante y después de la realización de los eventos:

1. Seleccionar la modalidad de capacitación más adecuada:

Curso

- Evento de capacitación formal.
- Desarrolla la adquisición de conocimientos, habilidades y actitudes.
- Puede combinar la teoría y la práctica.
- Su duración depende del tiempo disponible y contenidos, en promedio 20 horas.
- Se emplea cuando se desea involucrar al trabajador en actividades más teóricas.

Taller

- Evento de capacitación que desarrolla temas vinculados a la práctica.
- Es de corta duración (menor de 12 horas)

Seminario

- Tiene como objetivo la investigación o estudio de temas.
- Los participantes fungen como investigadores.
- Se conforman por grupos de discusión y análisis de temas.
- Su duración es corta (2 a 4 horas diarias aproximadamente).

- Se utiliza para tener un conocimiento más profundo de determinados temas y/o situaciones.

Conferencia

- Su finalidad es proporcionar información, datos, temas, etc.
- El ponente debe ser un experto que explique, ilustre, etc.
- Su duración es relativa, depende de la prolongación de las sesiones.
- Se lleva a cabo principalmente para capacitar a personal de nivel directivo y cuando se dispone de poco tiempo para el desarrollo de un tópico o grupo de ellos.

2. Los requisitos para su conformación son:

Revisar el programa de capacitación a fin de determinar con claridad los objetivos generales, particulares y específicos.

Análisis del contenido

- Se revisan los temas y subtemas para establecer el manejo, orientación y metodología de instrucción.
- Selección, ordenamiento de actividades y técnicas de instrucción
- Asignación de tiempos (del instructor y participantes).
- Selección de recursos y materiales didácticos a emplear por evento.

Agentes capacitadores

- Otro elemento importante a considerar para la operación de las acciones se refiere al papel de los agentes capacitadores, pues de ellos depende en gran medida los resultados que se obtengan de los eventos, son una parte a considerar en la planeación de los mismos y en las sesiones de instrucción así como un factor sustancial en la presentación del plan y programas de capacitación.

• Existen diferentes tipos de agentes capacitadores de acuerdo a sus características y funciones así como por lo establecido en los artículos que determinan su fundamentación jurídica.

Tomando como base los pasos anteriores para llevar a cabo la capacitación en el diseño se tienen siete potencias de mejora las cuales se presentan a continuación:

- Aplicación de GD&T a la posición y localización de componentes del herramental
- Capacitación en Análisis de Manufacturabilidad para el diseño
- Implementación de herramientas de simulación de elementos finitos (CAE)
- Capacitación en criterios y/o normas de diseño
- Capacitación en Análisis de formabilidad para el diseño de herramientas
- Capacitación en procesos de diseño de herramientas

Definición de oportunidades de mejora en el diseño de herramientas

Dentro del diseño de herramientas nos encontramos con una gran lista de oportunidades que van desde la capacitación del personal, hasta la optimización del software y hardware, volviendo más poderosas las herramientas de diseño, facilitando la detección de fallas y pudiendo hacer simulaciones en tiempo real, para poder realizar las correcciones necesarias antes de la fabricación, así se puede llegar a un gran ahorro en tiempo y dinero evitando paros de línea y fallas que podrían no solo dañar al herramental, sino a toda la prensa, todo esto nos da las pautas necesarias para optimizar el diseño de herramientas.

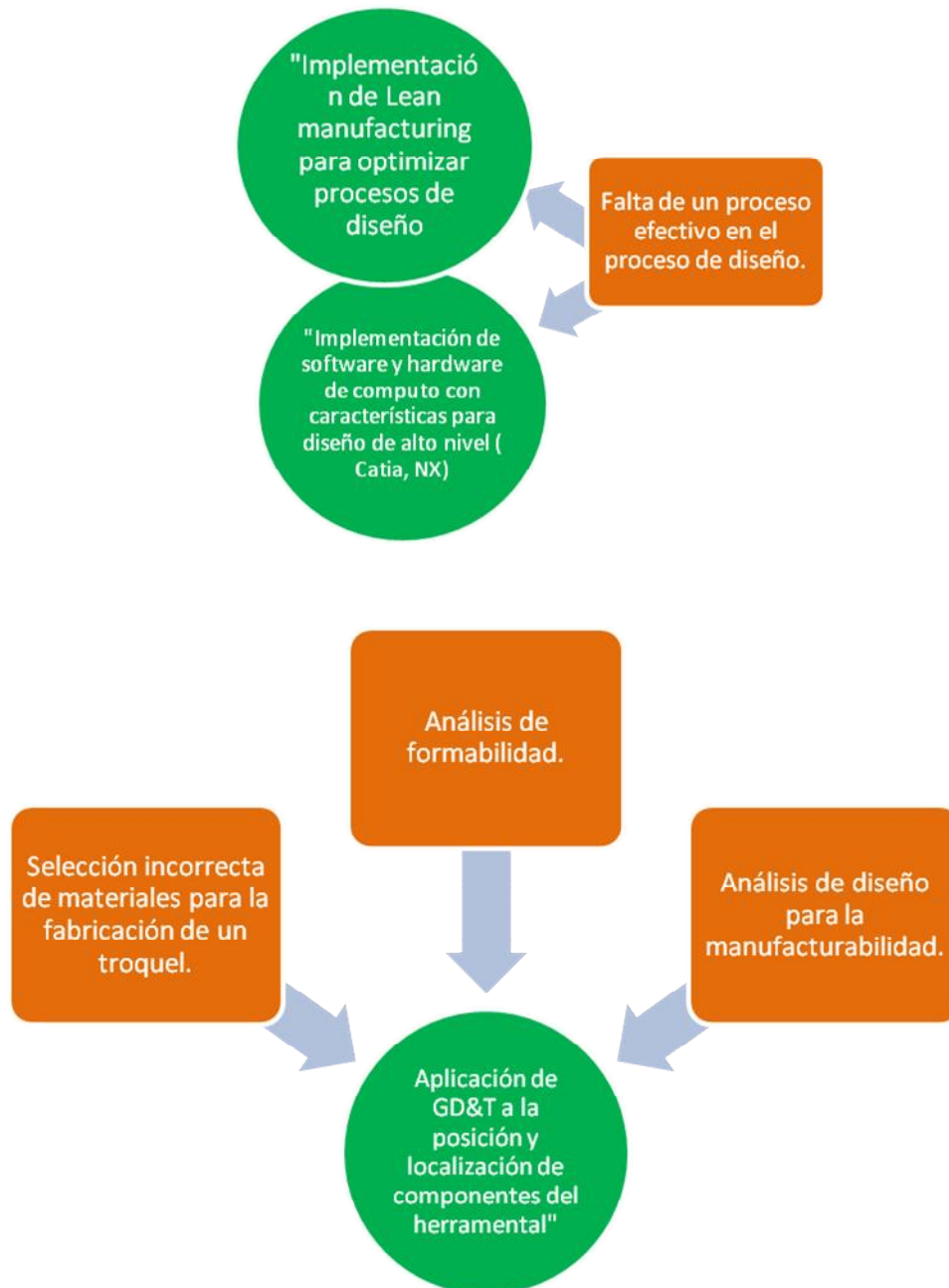
Representación gráfica de las fallas de diseño de herramientas y sus potenciales mejoras.

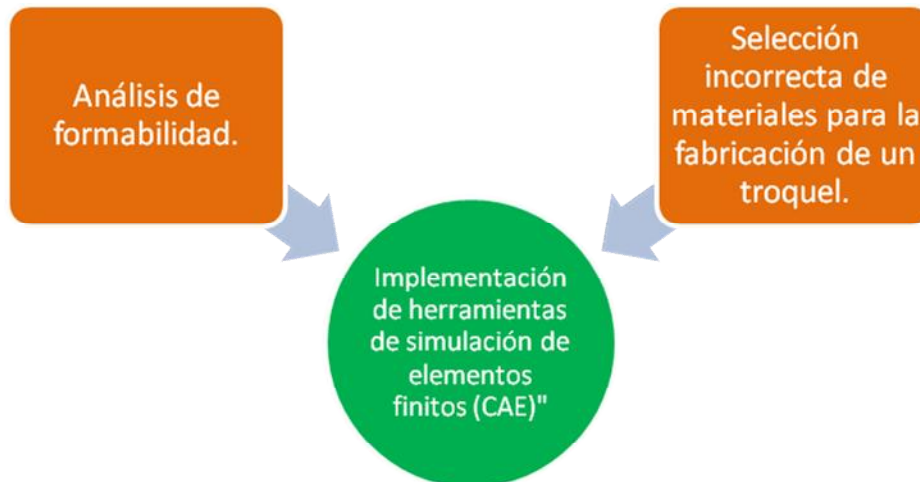


Mejoras potenciales



Fallas en el diseño de un troquel





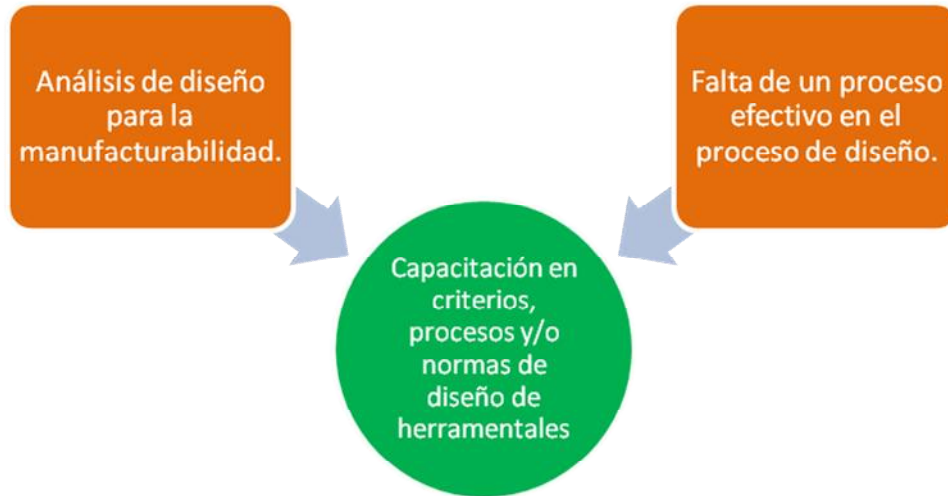


Ilustración 239 Oportunidades de mejora en el diseño

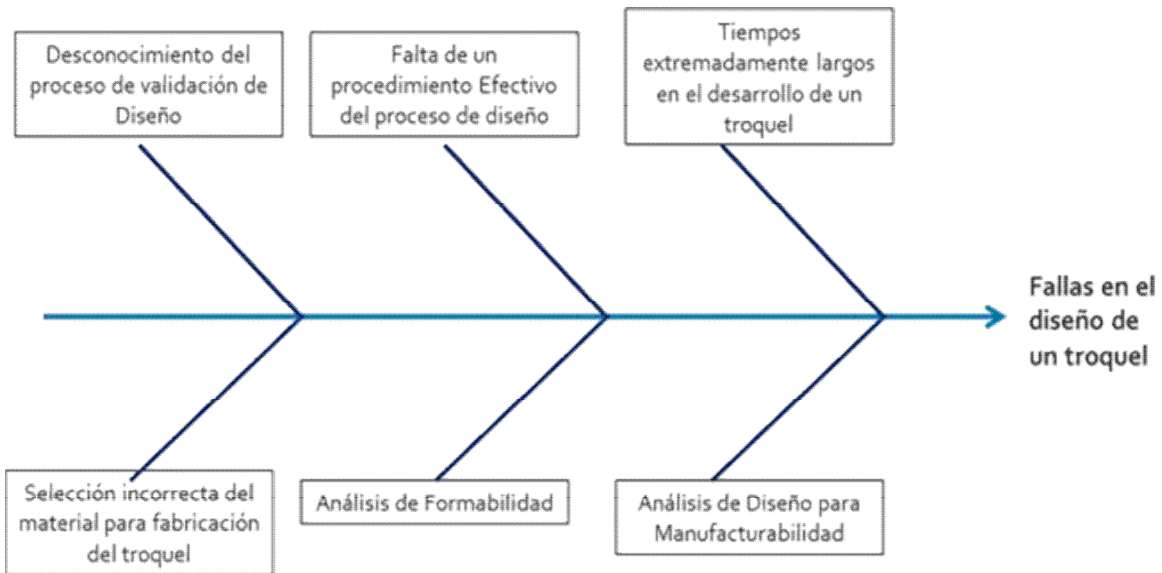


Ilustración 240 Fallas en el diseño de un troquel

Aplicación de prácticas de aprendizaje (objetos de aprendizaje) a la optimización de diseño

Capacitación

A continuación se presentan los objetos de aprendizaje que se orientarán a la optimización del diseño. Los cursos que se sugieren son en base a los resultados obtenidos en el capítulo 4.3. Con estos cursos se fortalecerá la función objetiva como se muestra a continuación.

Cronograma de capacitación de Diseño de herramientas

#	Cursos	Duración	Dirigido a	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	
Capacitación																
1	Norma ISO DIN 7160 y 7161	25 horas	Diseñadores Ingenieros, Técnicos, Herramientitas				■	■								
2	Aplicación de la norma GD&T	30 horas											■	■	■	
3	ISO/TS16949	20 horas								■	■					
4	Uso de galgas	30 horas		■												
5	Calibración Pasa- NO Pasa	20 horas				■										
5	Capacitación del personal en el área de metrología	40 horas						■	■	■	■	■				

Ilustración 24.1 Cronograma de Capacitación

Resultados: de la construcción de la propuesta

En la actualidad una de las principales actividades que se realizan en la zona, es en el sector automotriz, ya que tiene mayor auge para el crecimiento económico de la región de Puebla. Como resultado de esta actividad se tiene mayor demanda de personal capacitado para las diferentes áreas de operación, pero como se observo en capítulos anteriores el personal carece de conocimientos necesarios para dar soluciones a los objetivos establecidos por cada organización.

Para aumentar la eficiencia de diseñadores, técnicos e Ingenieros se genero un plan estratégico como se muestra a lo largo del capítulo.

Objetivo

Elaborar un plan de capacitación del personal Técnico, Diseñadores e Ingenieros, con base a los procesos de mejora para conocer las fortalezas y debilidades de personal.

Dirigido a	Cursos de Capacitación para diseño					
	Análisis de Manufacturabilidad	Aplicación de GD&T a la posición y localización de componentes del herramental	Aspectos de Manufacturabilidad	Conocimiento de los componentes de un troquel en los diseñadores	Criterios y/o normas de diseño	Dimensionamiento de componentes y sistemas
Técnicos	✓		✓		✓	
Diseñadores		✓		✓	✓	✓
Ingenieros	✓	✓	✓		✓	

Ilustración 242 Plan estratégico de capacitación de diseño

La capacitación es el constante aprendizaje sobre métodos de fabricación nuevos o sobre algún proceso o maquinaria, el objetivo de una capacitación es tener actualizado al personal sobre las nuevas técnicas ya sea de producción, mantenimiento, diseño o en áreas administrativas, el fin es llegar a tener un mejor desempeño en el trabajo realizado.

Es recomendable contar con un buen plan de capacitación del cual se pueda aplicar constantemente al personal indicado, para mantener una producción sin contratiempos ni fallas. Se requiere de una capacitación en las Normas ISO DIN 7160 y 7161 las cuales se refieren a los ajustes y tolerancias de herramientas los cuales ayudaran a mejorar la fabricación de los herramientas, es recomendable que este tipo de capacitación sea para todo el personal que labora en la planta, la capacitación sobre la Norma GD&T, ayudará a especificar las zonas de tolerancia en los herramientas ya que anteriormente no se contaba con una estandarización de tolerancias en los herramientas, esta debe de ser aplicada al personal encargado del diseño y al personal que se encarga de la fabricación de los herramientas.



Ilustración 243 Capacitación de personal

También se requieren capacitaciones de ISO, ISO/TS 16949 e ISO 9001:2008. Como se explicó anteriormente, estas son unas normas internacionales que centran todos los elementos de administración de calidad con los que la empresa debe contar para tener un sistema efectivo que permita administrar y mejorar la calidad de sus productos y servicios, se debe de tener definido el sistema de gestión de la calidad para el diseño de herramientas, lo cual nos ayudará a administrar de manera adecuada la documentación y como resultado la satisfacción de los clientes, estos tipos de capacitación deben de ser aplicadas a todo el personal que se encuentre laborando en la planta.

Una capacitación sobre objetos de medición como lo son el uso de galgas y de calibradores debe de ser dirigida al personal que labora en el área de metrología, la cual se encarga de llevar la medición de las piezas fabricadas y comprobar que se encuentren dentro de las especificaciones, normas y tolerancias que exige el cliente.



Ilustración 244 Laboratorio de metrología

Una mala interpretación de planos o manuales de calidad, puede llegar a originar pérdidas materiales, económicas y de tiempo, por esta razón es necesaria una capacitación en esas áreas dirigidas al personal de mantenimiento y de producción, que son los encargados de la fabricación de los herramentales y del mantenimiento de los mismos.

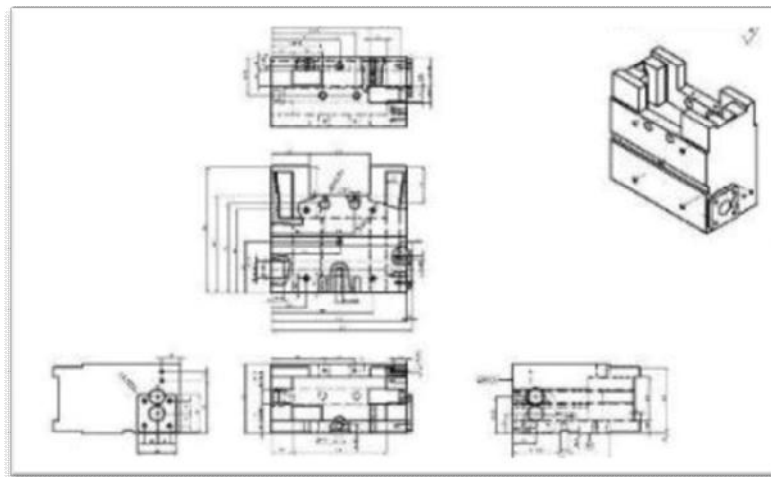


Ilustración 245 Plano de un Herramental

Infraestructura

A continuación se presentan los objetos de aprendizaje que orientaran a la optimización del Diseño. Los cursos que se sugieren son en base a los resultados obtenidos en el capítulo 4.3. Con estos cursos se fortalecerá la función objetiva como se muestra a continuación.

Cronograma de capacitación de Diseño de herramientas

#	Cursos	Duración	Dirigido a	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	
Infraestructura																
1	Catia	40horas	Diseñadores Ingenieros, Técnicos, Herramientitas	■	■											
2	NX	25 horas				■	■									
3	Solidedge	25 horas							■	■	■					
4	VX Model	30 horas											■	■	■	
5	Sistemas ópticos de medición	20 horas									■	■	■			
5	Sistemas ópticos de medición	40 horas				■	■	■	■							

Ilustración 246 Cronograma de Infraestructura

Dirigido a	Curso de infraestructura tecnológica para diseño	
	Manejo adecuado de herramientas de diseño (CAD)	Verificación de tolerancias
Técnicos	●	●
Diseñadores		●
Ingenieros	●	●

Ilustración 247 Plan estratégico de infraestructura

La infraestructura del departamento de diseño se basa en software y hardware, los cuales se encargan de darle forma a las ideas y de poder visualizarlas en forma 3D en un ambiente virtual, donde toda corrección es posible antes de ser fabricados, por ese motivo es necesaria una buena capacitación, que sea dirigida al personal del área de diseño, la cual abarque el principal software disponible en el mercado, como lo es: Software NX, Solid Edge, Catia V5 R19, Software

VX model, todos estos paquetes crean un ambiente virtual donde podremos fabricar prácticamente todo, en un personal bien capacitado, este tipo de software se vuelve una herramienta muy poderosa, capaz de crear simulaciones y poder detectar fallas en este caso de los troqueles antes de que estos siquiera se fabriquen.

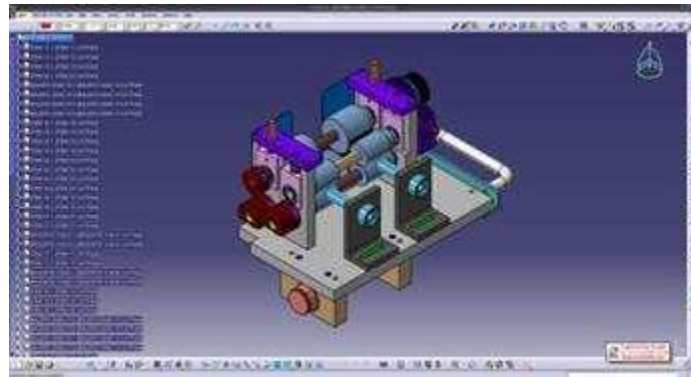


Ilustración 248 Imagen de un herramental en CATIA

Existen otras formas de modelar piezas ya existentes y poderlas pasar de un ambiente real a uno virtual, es posible gracias a herramientas como el Scanner Handy Scan3D, el cual nos puede ayudar a pasar a un herramental completo que carezca de planos a un software de diseño capaz de generar dicho plano, la capacitación sobre el uso de esta herramienta deberá ser dirigido tanto a diseñadores como a fabricantes de los herramentales.



Ilustración 249 Pistola scanner 3D

Lean Manufacturing

A continuación se presentan los objetos de aprendizaje que se orientarán a la optimización del Diseño. Los cursos que se sugieren son en base a los resultados obtenidos en el capítulo 4.3. Con estos cursos se fortalecerá la función objetiva como se muestra a continuación.

Cronograma de capacitación de Diseño de herramientas

#	Cursos	Duración	Dirigido a	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	
	Lean Manufacturing															
1	Modelo DMAIC	30 horas	Diseñadores Ingenieros, Técnicos, Herramientitas													
2	7 Herramientas estadísticas de calidad	20 horas														
3	5'S	25 horas														
4	Capacitación del personal en la fabricación de herramientas	50 horas														
5	Balaceo de operaciones	20 horas														

Ilustración 250 Cronograma de Lean Manufacturing

generando en él un sentido de pertenencia al poder participar de forma activa en el proceso al proponer sus ideas de cómo hacer mejor las cosas, que ayuden a una producción más eficaz.

Esto puede ser aplicado al diseño, tratando de ser más eficientes con menos tiempos muertos, y al hacer una programación de forma consciente en el CNC, eligiendo las herramientas que mejor vayan con el proceso a realizar, de esta manera, se puede ahorrar en el desgaste de materiales y herramientas utilizadas innecesariamente.

La aplicación de las conocidas 5's las cuales hacen referencia de forma general al orden y la limpieza en el área de trabajo y en la producción, es de suma importancia que el personal llegue a entender en plenitud lo que ellas significan.

Seiri (subordinar, clasificar, descartar) hay que retirar los elementos de trabajo que ya no sean requeridos y clasificar y ordenar los que sean necesarios.

Seiton (sistematizar, ordenar), ordenar el área de trabajo, teniendo a la mano únicamente las herramienta a utilizar en un momento específico.

Seiso (limpiar) Un ambiente de trabajo limpio, es siempre un lugar seguro y agradable, al mantener un área limpia nos podemos dar cuenta, de fugas, material gastado o cualquier otra cosa que no sea normal en el trabajo, así podemos llegar a corregir a tiempo las anomalías y poder evitar accidentes.

Seiketsu (simplificar y estandarizar.) Sirve para mantener la limpieza y el orden utilizando los pasos anteriores.

Shitsuke (sostener el proceso, disciplinar) este punto es para mantener el proceso de los pasos anteriores en un correcto funcionamiento.



Ilustración 253 Metodología 5's

En el área de herramientas, es necesario un estricto control de las 5's, y una capacitación al personal sobre lo que significa Lean Manufacturing, ya que al trabajar con herramientas de precisión, se debe de tener un ambiente controlado y limpio, donde todo el proceso de fabricación de los herramientas se encuentra ordenado y estandarizado, lo cual es de gran ayuda al no generar desperdicios ni re trabajos.

Balanceo de operaciones es identificar los desperdicios que son generados en el área de troqueles, los desperdicios identificados son 7 las cuales son:

1. Sobreproducción.
2. Inventario.
3. Defectos, retrabajos y reparaciones.
4. Movimiento.
5. Del proceso.
6. Esperas (colas).
7. Transporte.

Una vez conociendo los desperdicios son fácilmente identificables, lo cual nos ayudará a tratar de evitarlos, mejorando así la fabricación de lo herramientales, ocupando solo lo necesario.

La capacitación del personal en el Modelo DMAIC nos ayudará a tener una herramienta de estrategia de calidad basada en estadística, la cual da mucha importancia a la recolección de información y a la veracidad de los datos como base de una mejora, cada paso en la metodología se enfoca en obtener los mejores resultados posibles para minimizar la posibilidad de error en el diseño y fabricación de los herramientales.

Una capacitación al personal sobre las 7 herramientas estadísticas de la calidad mejorarán enormemente la calidad ya que se puede dar una solución efectiva de problemas, poder hacer un mejoramiento de procesos y también se puede hacer un establecimiento de controles en las operaciones del proceso, esto nos ayudara a solucionar los problemas que se presenten el procesos de fabricación de troqueles.



Ilustración 254 Metodología 7 herramientas de calidad.

Criterios y/o normas de diseño

Para lograr los objetos de aprendizaje de los criterios y/o normas se sugieren unos pasos los cuales ayudaran a optimizar el diseño de herramientales. Estos pasos proporcionan información para poder optimizar de manera adecuada el proceso de diseño de herramientales y los cuales cuentan con la información adecuada para la capacitación. Para la optimización de este punto se toma como base de datos estos puntos:

- ❖ Norma ISO DIN 7160 y 7161
- ❖ Aplicación de la Norma GD&T
- ❖ ISO/TS 16949

Se sugiere la siguiente estructura para llevar a cabo los objetos de aprendizaje mencionados anteriormente los cuales son los siguientes:

- ❖ Contenido
- ❖ Actividades de aprendizaje
- ❖ Elementos de contextualización

Norma ISO DIN 7160 y 7161

Contenido

Teniendo en cuenta que la mejor manera para adquirir el conocimiento de las normas ISO DIN 7160 y 7161 para el diseño de herramientales, es a través de explicaciones, definiciones, talleres, videos etc. Estas técnicas de aprendizaje son efectivas para la capacitación del personal lo que permite aumenta las habilidades en cuanto al diseño de herramientales. Cabe mencionar que las oportunidades detectadas con la interpretación de las normas ISO 7160 y 7161 se encuentran en el siguiente contenido.

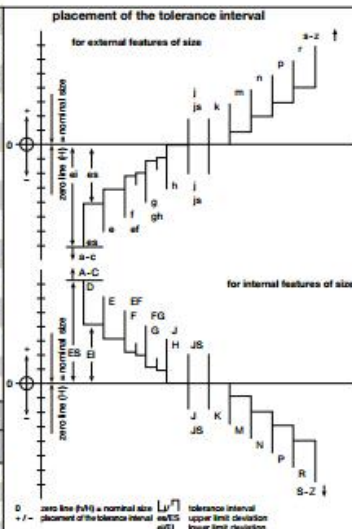
- Conocimiento general de las normas ISO 7160 y 7161

Products mentioned in this technical documentation are available from MARYLAND METRICS P.O. Box 261 Owings Mills, MD 21117 USA
ph: (410)358-3130 (800)638-1830 fax: (410)358-3142 (800)872-9529 web: http://mdmetric.com email: sales@mdmetric.com

Tolerances, ISO deviations



Tolerances	Nominal dimensions												
	≤ 3	> 3	> 6	> 10	> 18	> 30	> 50	> 80	> 120	> 180	> 250	> 315	> 400
IT classes (mm) standard tolerances	IT12	0.10	0.12	0.15	0.18	0.21	0.25	0.30	0.35	0.40	0.46	0.52	0.63
	IT13	0.14	0.18	0.22	0.27	0.33	0.39	0.46	0.54	0.63	0.72	0.81	0.99
	IT14	0.25	0.30	0.36	0.43	0.52	0.62	0.74	0.87	1.00	1.15	1.30	1.40
	IT15	0.40	0.48	0.58	0.70	0.84	1.00	1.20	1.40	1.60	1.85	2.10	2.50
	IT16	0.60	0.75	0.90	1.10	1.30	1.60	1.90	2.20	2.60	2.90	3.30	4.00
	IT17	1.00	1.20	1.50	1.80	2.10	2.50	3.00	3.50	4.00	4.60	5.30	6.30
	for internal features of size in mm	h 11	-0.270	-0.270	-0.280	-0.290	-0.300	-0.310	-0.320	-0.330	-0.340	-0.350	-0.360
e 11		-0.060	-0.070	-0.080	-0.095	-0.110	-0.120	-0.130	-0.140	-0.150	-0.160	-0.170	-0.180
f 8		-0.006	-0.010	-0.013	-0.016	-0.020	-0.025	-0.030	-0.035	-0.040	-0.045	-0.050	-0.055
h 6		0	-0.014	-0.018	-0.022	-0.027	-0.033	-0.039	-0.046	-0.054	-0.063	-0.072	-0.081
h 5		0	-0.025	-0.030	-0.036	-0.043	-0.052	-0.062	-0.074	-0.087	-0.100	-0.115	-0.130
h 10		0	-0.040	-0.048	-0.058	-0.070	-0.084	-0.100	-0.120	-0.140	-0.160	-0.185	-0.210
h 11		0	-0.060	-0.075	-0.090	-0.110	-0.130	-0.160	-0.190	-0.230	-0.270	-0.320	-0.380
h 13		0	-0.14	-0.18	-0.22	-0.27	-0.33	-0.39	-0.46	-0.54	-0.63	-0.72	-0.81
h 14		0	-0.25	-0.30	-0.36	-0.43	-0.52	-0.62	-0.74	-0.87	-1.00	-1.15	-1.30
h 15		0	-0.40	-0.48	-0.58	-0.70	-0.84	-1.00	-1.20	-1.40	-1.60	-1.85	-2.10
h 16		0	-0.60	-0.75	-0.90	-1.10	-1.30	-1.60	-1.90	-2.20	-2.60	-2.90	-3.30
h 17		0	-1.00	-1.20	-1.50	-1.80	-2.10	-2.50	-3.00	-3.50	-4.00	-4.60	-5.30
js 15		+0.200	+0.240	+0.290	+0.350	+0.420	+0.500	+0.600	+0.700	+0.800	+0.925	+1.050	+1.250
js 16		+0.300	+0.375	+0.450	+0.550	+0.650	+0.800	+0.950	+1.100	+1.250	+1.450	+1.650	+1.950
js 17		+0.500	+0.600	+0.750	+0.900	+1.050	+1.250	+1.500	+1.750	+2.000	+2.300	+2.600	+3.150
k 8	+0.006	+0.009	+0.013	+0.016	+0.020	+0.025	+0.030	+0.035	+0.040	+0.045	+0.050	+0.055	
m 8	+0.008	+0.012	+0.015	+0.018	+0.021	+0.025	+0.030	+0.035	+0.040	+0.045	+0.050	+0.055	
for internal features of size in mm	D 9	+0.045	+0.060	+0.074	+0.093	+0.117	+0.142	+0.167	+0.192	+0.217	+0.242	+0.267	+0.292
	D 10	+0.060	+0.076	+0.098	+0.120	+0.149	+0.180	+0.210	+0.240	+0.270	+0.300	+0.330	+0.360
	D 11	+0.080	+0.105	+0.130	+0.160	+0.195	+0.240	+0.280	+0.330	+0.380	+0.430	+0.480	+0.530
	D 12	+0.110	+0.150	+0.190	+0.230	+0.275	+0.330	+0.390	+0.450	+0.510	+0.570	+0.630	+0.690
	E 11	+0.024	+0.025	+0.025	+0.025	-	-	-	-	-	-	-	-
	E 12	+0.030	+0.030	+0.030	+0.030	-	-	-	-	-	-	-	-
	EF 8	+0.024	+0.025	+0.025	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	H 9	+0.025	+0.030	+0.036	+0.043	+0.052	+0.062	+0.074	+0.087	+0.100	+0.115	+0.130	+0.140
	H 11	+0.060	+0.075	+0.090	+0.110	+0.130	+0.160	+0.190	+0.230	+0.270	+0.320	+0.380	+0.440
	H 13	+0.140	+0.180	+0.220	+0.270	+0.330	+0.390	+0.460	+0.540	+0.630	+0.720	+0.810	+0.990
	H 14	+0.250	+0.300	+0.360	+0.430	+0.520	+0.620	+0.740	+0.870	+1.000	+1.150	+1.300	+1.400
	H 15	+0.400	+0.480	+0.580	+0.700	+0.840	+1.000	+1.200	+1.400	+1.600	+1.850	+2.100	+2.500
	JS 9	+0.0125	+0.015	+0.018	+0.0215	+0.026	+0.031	+0.036	+0.041	+0.046	+0.051	+0.056	+0.061
	K 9	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	General tolerance for linear dimensions	Tolerance class	≤ 0.5	> 0.5	> 3	> 30	> 120	> 400	> 1000	> 2000	> 4000	> 6000	> 10000
f (fine)		± 0.050	± 0.050	± 0.100	± 0.150	± 0.200	± 0.300	± 0.400	± 0.500	± 0.600	± 0.700	± 0.800	± 1.000
m (medium)		± 0.100	± 0.100	± 0.200	± 0.300	± 0.400	± 0.600	± 0.800	± 1.000	± 1.200	± 1.400	± 1.600	± 2.000
g (coarse)		± 0.150	± 0.200	± 0.300	± 0.400	± 0.600	± 0.800	± 1.200	± 1.600	± 2.000	± 2.500	± 3.000	± 4.000
sg (very coarse)	-	-	± 0.500	± 0.800	± 1.000	± 1.500	± 2.000	-	-	-	-	-	



Excerpts from ISO 286, 965, 4759 (DIN 267-2, 7160, 7161, 7168)

TI-91

copyright © 2011 maryland metrics, reynier ndchig GmbH + co kg
This technical information is provided by the courtesy of F. Reynier Nchig GmbH + Co KG, Hamburg/Germany, with some editing by Maryland Metrics

Ilustración 255 Normas ISO 7160

- Manejo de software de diseño para herramientas (CATIA, NX, SOLIDWORK etc.)

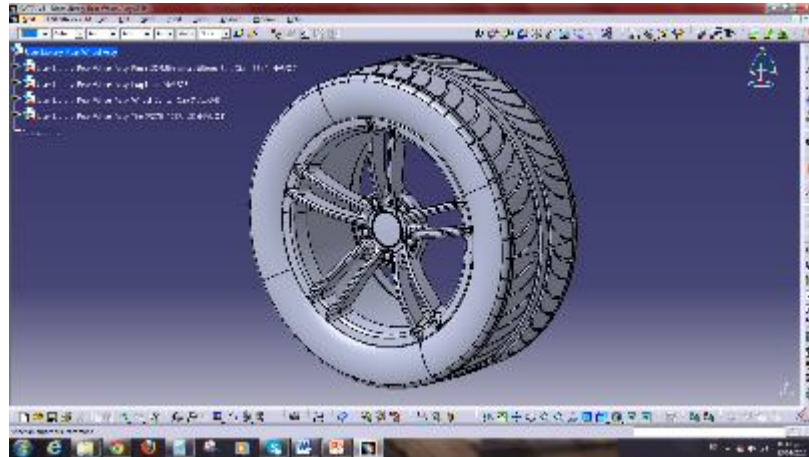


Ilustración 256 Software CAD

- Interpretación de planos

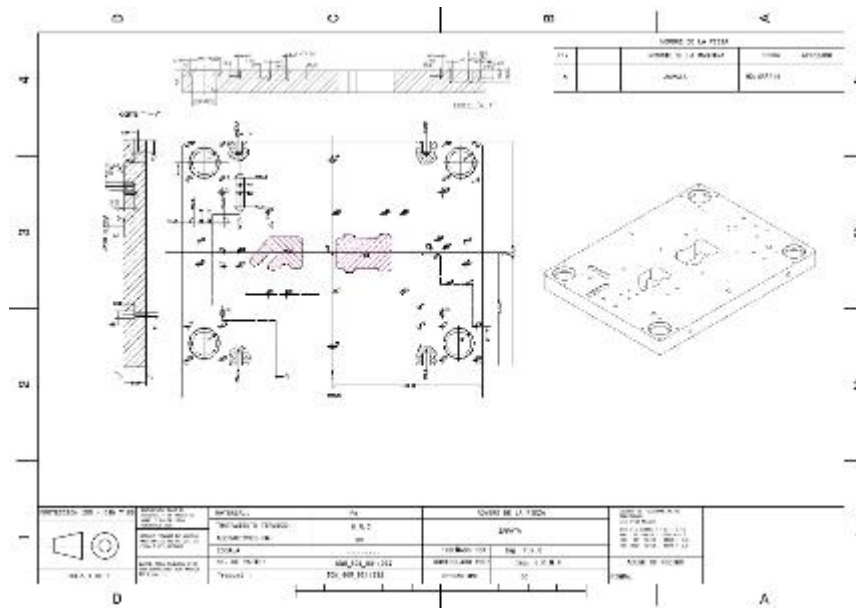


Ilustración 257 Interpretación de un plano

Elementos de contextualización

En la última parte del proceso se recomienda que la capacitación se realice a técnicos, departamento de metrología e Ingenieros encargados del diseño de herramientas, ya que estos están involucrados directamente con el diseño de herramientas. Con la capacitación adecuada en las normas ISO 7160 y 7161 se obtendrán beneficios positivos ya que se reduce el porcentaje de falla en cuanto a las tolerancias al momento de la fabricación.

En las siguientes ilustraciones se muestran los formatos que se aplicarán en los planes estratégicos para la formación del personal.


CALENDARIO DE FORMACIÓN																																				
Nombre y apellidos del trabajador:										Empresa:										Fecha de contrato:																
Centro de formación:										Inicio de la formación:					Fin de formación:					Horario:																
Nombre del título															Horas de formación:																					
Nombre del tutor																																				
Indicar en las casillas de los días de formación el número de horas de formación. Nota tener en cuenta los días no laborables																																				
AÑO 2015	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Horas mes	Hras Acum.	Observaciones		
Enero																																				
Febrero																																				
Marzo																																				
Abril																																				
Mayo																																				
Junio																																				
Julio																																				
Agosto																																				
Septiembre																																				
Octubre																																				
Noviembre																																				
Diciembre																																				

Ilustración 259 Calendario de formación

PROGRAMA DE FORMACION PROFESIONAL		
Nombre del trabajador:		
FORMACIÓN PROFESIONAL	Denominación:	Duración
	Familia profesional:	Nivel:
	Ocupación:	Evaluación:
	Modulos profesionales	Metodología y pruebas de evaluación a aplicar:

Ilustración 26o Programación de formación profesional

5.3 GENERACIÓN DE PRÁCTICAS DE OPTIMIZACIÓN DE LA FABRICACIÓN DE HERRAMENTALES

Actualmente las organizaciones navegan con mayor frecuencia en entornos altamente volátiles donde existe una mayor incertidumbre y un mayor aumento tecnológico en la fabricación de herramientas. Para contrarrestar este tipo de entornos se necesitan desarrollar habilidades en el personal para agilizar los procesos, mejorando los entornos se pueden dar respuestas a las cada vez cambiantes condiciones del mercado.

Las empresas necesitan optimizar la fabricación de herramientas, esta actividad se genera mejorando la infraestructura de la empresa, capacitando al personal e implementando técnicas de administración de calidad. Lo que permite desarrollar formas diferentes de penetrar en los mercados locales y nacionales, pero sobre todo ser una empresa líder en los mercados logrando la satisfacción del cliente. Para llevar a cabo una buena optimización en la fabricación de herramientas se proponen los siguientes puntos:

- Mejorar la colaboración entre fabricación y planificación
- Definir y optimizar los procesos de fabricación
- Diseñar y fabricar herramientas de alto rendimiento
- Permitir la comunicación eficaz con sistemas de producción y de planta de producción
- Monitorear y controlar la calidad

Definición de oportunidades de mejora en la fabricación de herramientas

Para identificar el potencial de mejora se realizó un análisis en base a las fallas que se presentan en el proceso de fabricación. Lo que dará la pauta para describir nuestros objetos de aprendizaje para la optimización de la fabricación.

A continuación se presentan el potencial de mejora en la fabricación de herramientas.

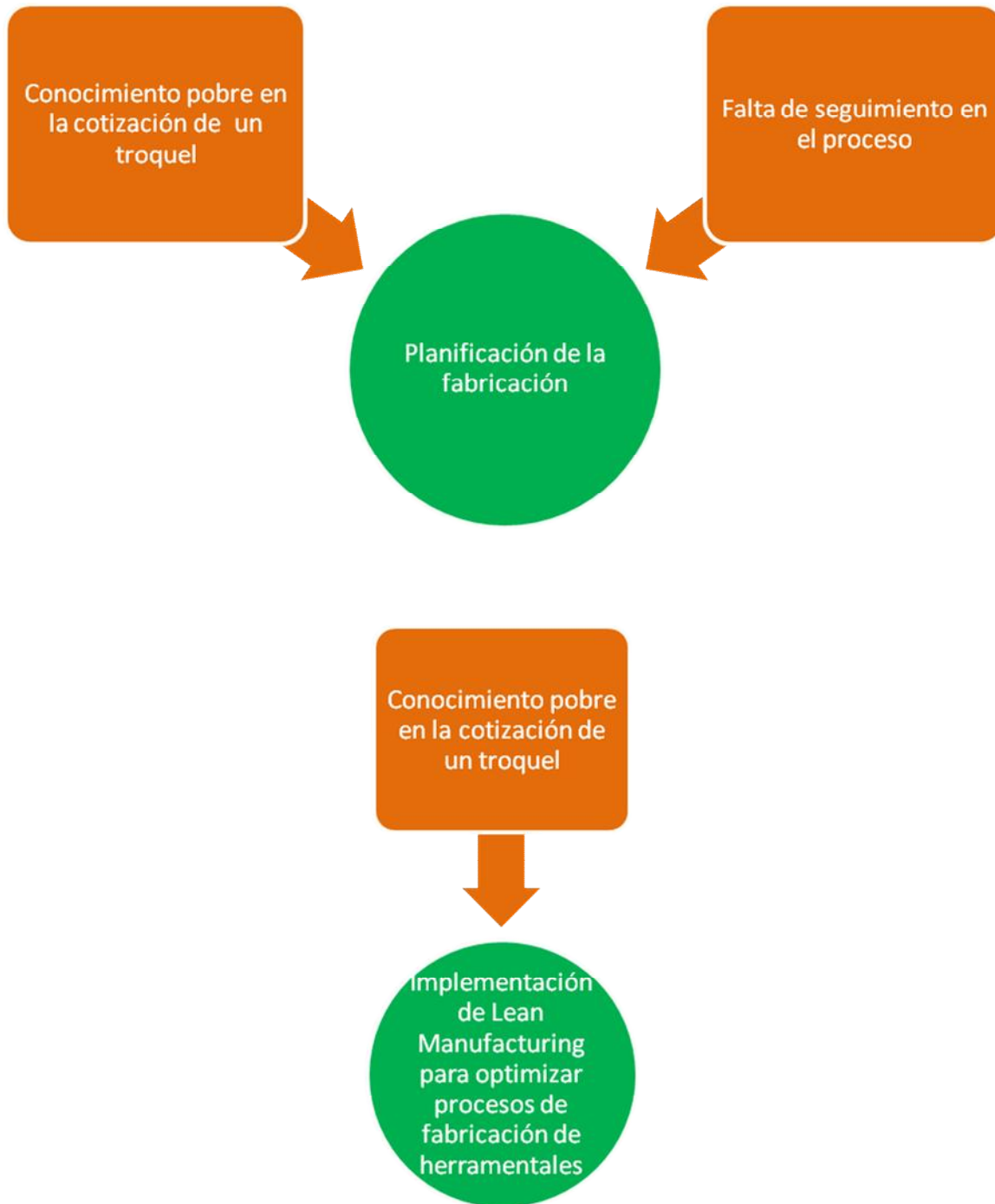


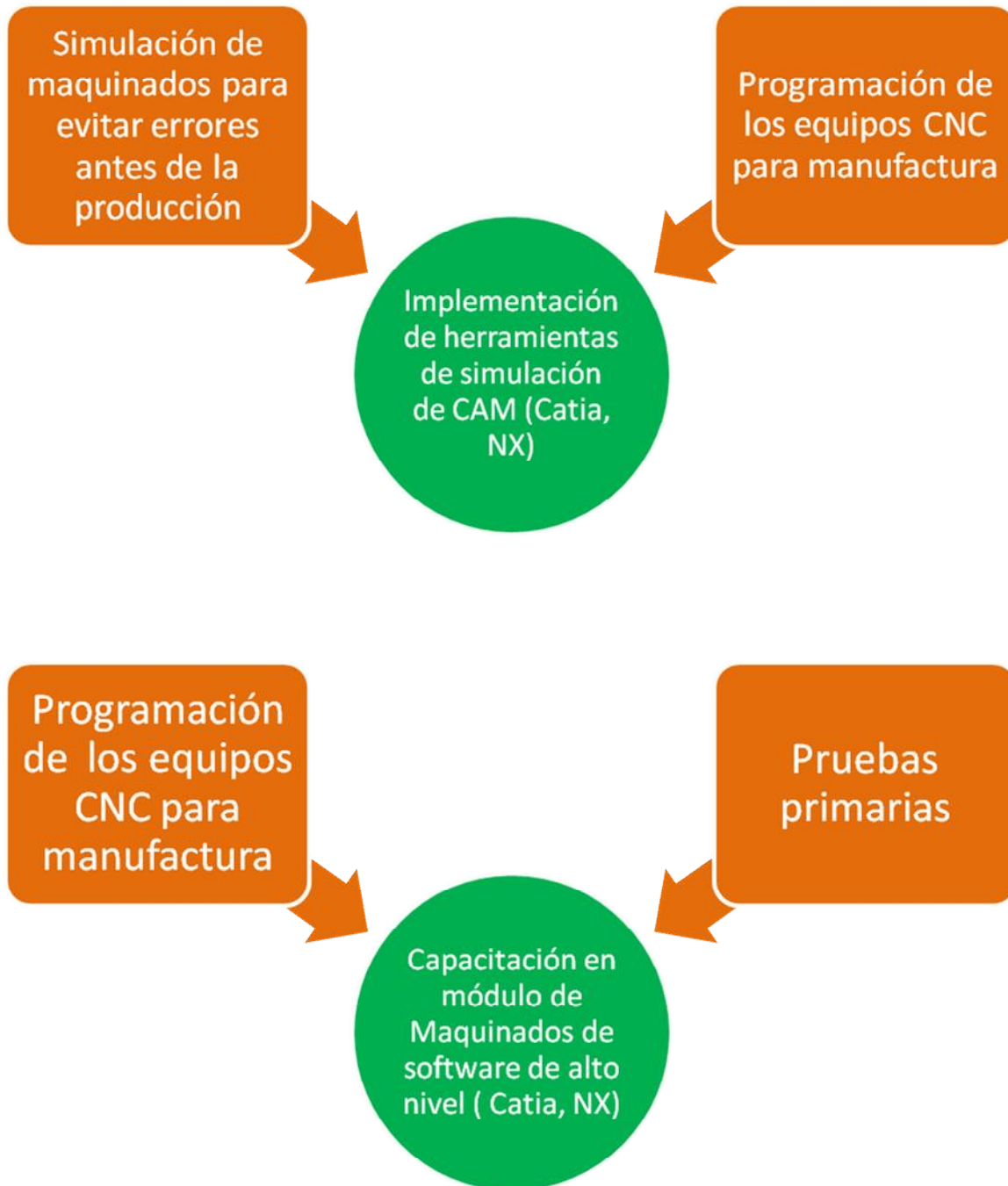
Potencial de mejora



Fallas en el proceso de fabricación







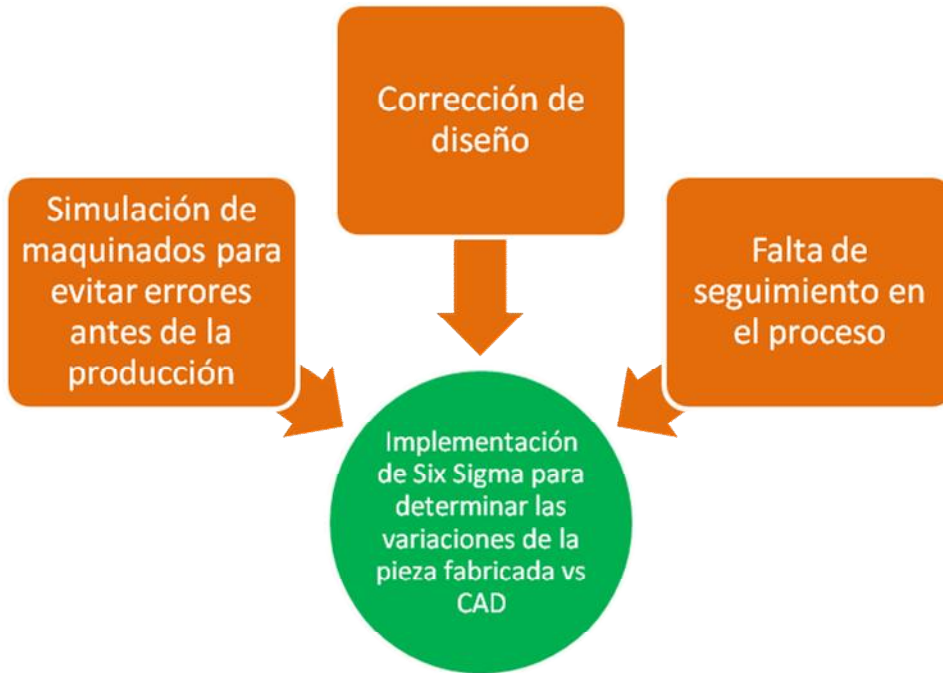


Ilustración 261 Oportunidades de mejora en la fabricación

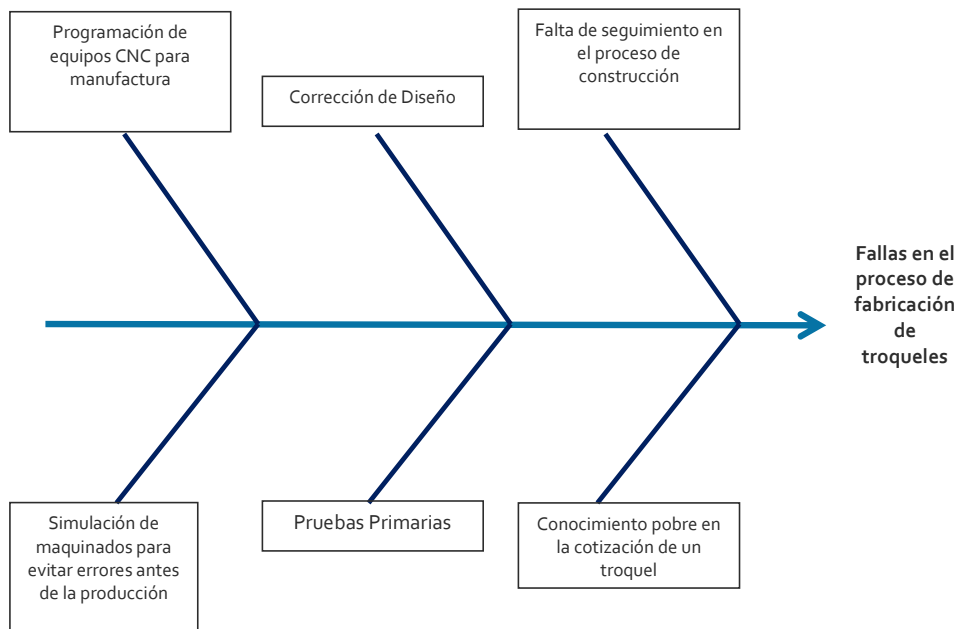


Ilustración 262 Fallas en los procesos de fabricación de herramientas

Aplicación de prácticas de aprendizaje (objetos de aprendizaje) a la optimización de la fabricación

Como se mostró en la sección anterior se determinaron las oportunidades en la fabricación de herramientas, las cuales establecen los objetos de aprendizaje, teniendo como meta la capacitación del personal para lograr la optimización en la fabricación. Ya que el objetivo es proporcionar de manera adecuada y eficaz las herramientas para desarrollar las habilidades del personal.

Lean manufacturing

A continuación se presentan los objetos de aprendizaje que orientarán a la optimización de la fabricación. Los cursos que se sugieren son en base a los resultados obtenidos en el capítulo 4.3. Con estos cursos se fortalecerá la función objetivo como se muestra a continuación.

Cronograma de capacitación de Fabricación de herramientas

#	Cursos	Duración	Dirigido a	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	
	Lean manufacturing															
1	5's en el almacén de herramientas	20 horas	Diseñadores Ingenieros, Técnicos, Herramientitas													
2	Capacitación del personal en la fabricación de herramientas	20 horas														
3	Balanceo de operaciones	20 horas														
4	Modelo DMAIC	20 horas														
5	Las 7 herramientas estadísticas de la calidad	20 horas														
6	Reclamación de clientes	20 horas														

Ilustración 263 Cronograma de Lean Manufacturing

Resultados: de la construcción de la propuesta

En base a la fabricación de troqueles para la producción de piezas automotrices se elaboró un plan estratégico el cual a través de técnicas de planificación de producción, control de procesos, criterios de calidad, optimizará los procesos de fabricación. Para poder desarrollar estas

técnicas se plantean cursos para las áreas de Lean Manufacturing, capacitación y análisis de fallas, los cuales se muestran a continuación.

Dirigido a	Cursos de Lean Manufacturing para fabricación de herramientas						
	Control de inventarios	Círculos de calidad	Solución de problemas (8D's)	Metodología APQP	Implementación de SMED y Kanban	Sistemas de gestión de calidad	Técnicas de empaque de producto terminado
Técnicos	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Diseñadores			✓		✓	✓	
Ingenieros			✓	✓	✓		✓

Ilustración 264 Plan estratégico de Lean Manufacturing

La metodología de Lean manufacturing proporciona herramientas que son de gran utilidad para la fabricación de herramientas, las empresas carecen de técnicas que ayuden a solucionar problemas las cuales se presentan en la fabricación de los mismos. Con una adecuada capacitación a la organización y sobre todo teniendo en cuenta la metodología Lean manufacturing; la cual persigue la eliminación de desperdicios que no aportan valor a los procesos de fabricación, se obtendrá beneficios óptimos en la fabricación de herramientas.

Tomando en cuenta los factores que inhiben a los procesos de variabilidad de fabricación de herramientas (detrás de la variación, existen causas asignables no identificadas que deben ser analizadas para poder eliminarlas de forma prioritaria), sus pérdidas y su constancia (es decir: que se le dificulta adaptarse a las necesidades del cliente), se podría concluir que actuando se pueden conseguir importantes puntos de mejora en los procesos de fabricación de herramientas para mejorar los indicadores críticos de *Entrega, Costo y Calidad*.

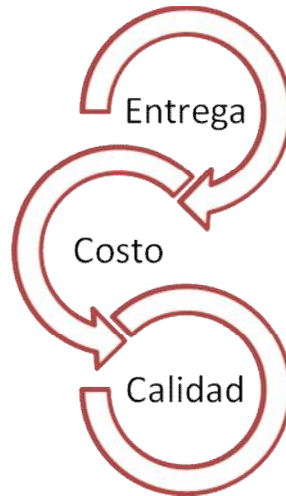


Ilustración 265 Indicadores críticos para la satisfacción de herramientas

Es importante mencionar que para lograr un cambio de cultura en la organización, se sugiere considerar cuatro elementos claves denominado: “*Principle Elements of Lean Management*”. Los cuales impactarán en la fabricación de herramientas.

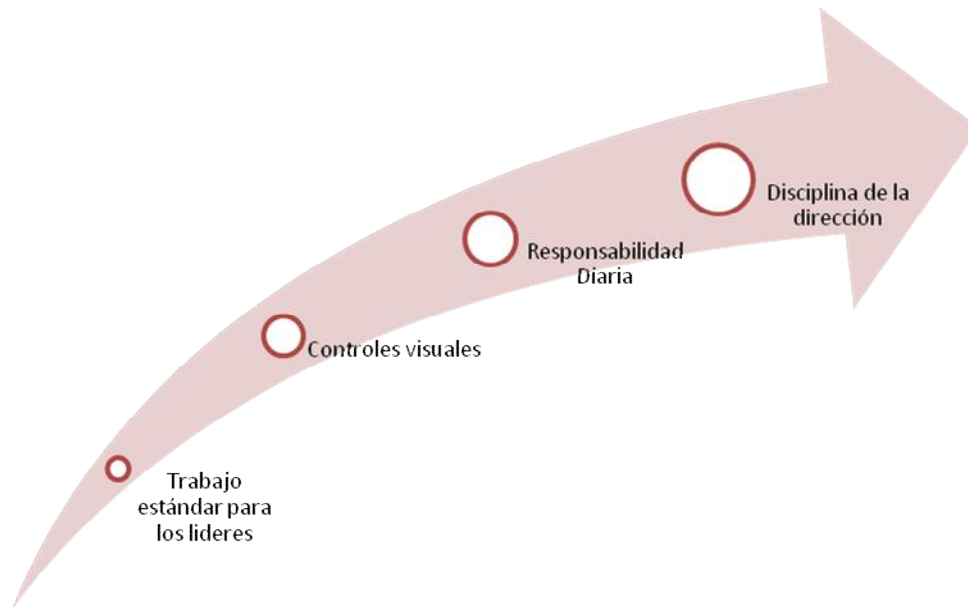


Ilustración 266 Principle elements of Lean Management

Las técnicas que se sugieren para la aplicación de Lean manufacturing son las siguientes:

- 5's en el almacén de herramientas
- Metodología DMAIC
- 7 Herramientas de la calidad

5's en el almacén de herramientas

Como se mostró en el capítulo dos, la metodología de las 5's ayudará a la organización a realizar numerosas mejoras en el almacén de herramientas. A continuación se proponen la forma de implementar las 5's dentro de la organización

SEIRE (Clasificación)

Se sugiere colocar una tarjeta de identificación de color roja en la cual se puede considerar los siguientes datos. Lo importante es identificar lo útil de lo innecesario.

Item (marcar)	Material en proceso	Herramientas	Otros
	Producto terminado	Maquinas o equipos	
Nombre del Objeto			
Cantidad			
Causa (marcar)	No necesario	Uso no inmediato	Sin identificación
	Ident. Errónea	En exceso	otros

Destino del objeto	Descarte	Otra área	Otros	Resultado
	Devolución	Stock		Sí No
Fecha				

Ilustración 267 Tarjeta de identificación

SEITON (Organizar)

Se elaborará un plano de la planta el cual muestre las áreas a organizar, estas se pueden identificar con colores para tener mayor control, así como los objetos que están en cada área con la finalidad de identificar cada objeto de acuerdo a su área.



Ilustración 268 Identificación de áreas por colores

SEISO (Limpieza)

Es importante documentar a través de fotografías el antes y el después de a ver realizado la actividad de limpieza ya que esto se verá reflejado en la actitud de la organización.

ANTES			DESPUÉS		
Fecha: xx/xx/xx			Fecha: xx/xx/xx		
OFICINAS			OFICINAS		
TALLER			TALLER		
BODEGAS			BODEGAS		
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Ilustración 26g Antes y después de la limpieza

SEIKETSU (Bienestar personal)

Lo importante es mantener las condiciones de trabajo logradas en las primeras tres 3S, es importante mostrar en un panel las fotos de mejora e indicadores de evolución del orden.



Ilustración 270 Tablero de evolución

SHITSUKE (Disciplina)

Cumplir con las normas y procedimientos de la operación en forma habitual, ya que la autodisciplina es fundamental para todo proceso de mejora continua.

Algunas recomendaciones son las siguientes:

- Establecer información que conecta personas con materiales
- Nombre del material (denominación única)
- Identificación de nombre de cada sector (carteles indicadores)
- Identificación de lugar (codificar ubicación)
- Identificar en el material el sector y lugar de ubicación
- Datos sobre el material (cantidad, uso, estado)

Tener en cuenta lo siguiente: **“un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”**



Ilustración 271 Disciplina organizacional

Metodología DMAIC

Dentro de la fabricación de herramientas existen situaciones adversas a los procesos de fabricación, que provocan variaciones entre piezas; la metodología de Six Sigma utiliza un modelo llamado DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) el cual consiste en cinco fases conectadas de manera lógica entre sí, cada una de estas utiliza herramientas que darán solución a los problemas de fabricación de herramientas.

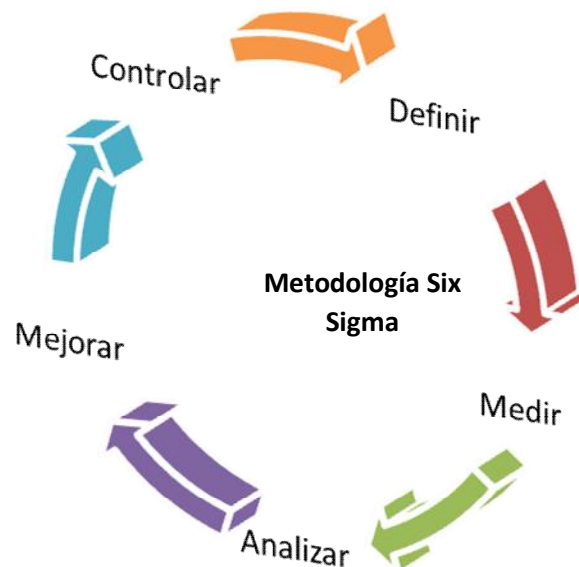


Ilustración 272 Fases DMAIC

Para llevar a cabo la metodología de Seis Sigma se debe considerar las siguientes fases las cuales se presentan a continuación.



Ilustración 273 Fases de la metodología Seis Sigma

A continuación se presenta un esquema de métodos y herramientas estadísticas utilizadas en el DMAIC.



Ilustración 274 Herramientas utilizadas en Seis Sigma

Capacitación en sistemas de calidad

A continuación se presentan los objetos de aprendizaje que orientaran a la optimización de la fabricación. Los cursos que se sugieren son en base a los resultados obtenidos en el capítulo 4.3. Con estos cursos se fortalecerá la función objetivo como se muestra a continuación.

Cronograma de capacitación de Fabricación de herramientas

#	Cursos	Duración	Dirigido a	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	
Capacitación en sistemas de calidad																
1	Norma ISO 9001:2008	10 horas	Diseñadores Ingenieros, Técnicos, Herramientitas													
2	AMEF	20 horas														
3	Manuales de calidad	20 horas														

Ilustración 275 Cronograma de Capacitación en sistemas de calidad

Dirigido a	Curso de capacitación para la fabricación de herramientas				
	Configuración de programas CNC	Montaje, alineado, centrado de pieza y forma de amarre óptimos	Análisis y corrección de defectos en piezas troqueladas	Técnicas de programación de CNC (CAM)	Técnicas de montaje de troqueles de prensas (SMED)
Técnicos		●	●	●	●
Diseñadores	●			●	
Ingenieros	●	●	●	●	●

Ilustración 276 Plan estratégico de capacitación

La Capacitación en la fabricación de herramientas es muy importante ya que podemos disminuir los errores sistemáticos que ocurren en este tipo de actividades, la base para la capacitación se encuentra en los sistemas de calidad, se sugiere una capacitación en ISO 9001:2008, la técnica del AMEF y manuales de calidad, para esto se propone los siguientes pasos de capacitación para los sistemas de calidad.

Curso

- Evento de capacitación formal.
- Desarrolla la adquisición de conocimientos, habilidades y actitudes.
- Puede combinar la teoría y la práctica.

Taller

- Evento de capacitación que desarrolla temas vinculados a la práctica.

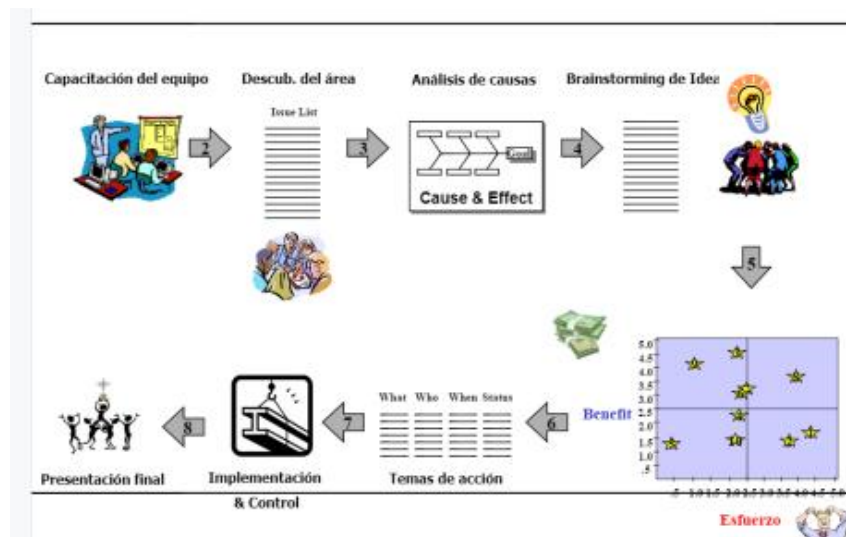


Ilustración 277 Capacitación del sistema de calidad

Capacitación ISO 9001: 2000

El enfoque principal con la implementación de la ISO 9001: 2008 es desarrollar, implementar y mejorar la eficiencia de los sistemas de calidad, lo que aumentara la satisfacción del cliente mediante el cumplimiento de sus requisitos. Es importante mencionar que para que funcione se tiene que gestionar numerosas actividades relacionadas entre sí.

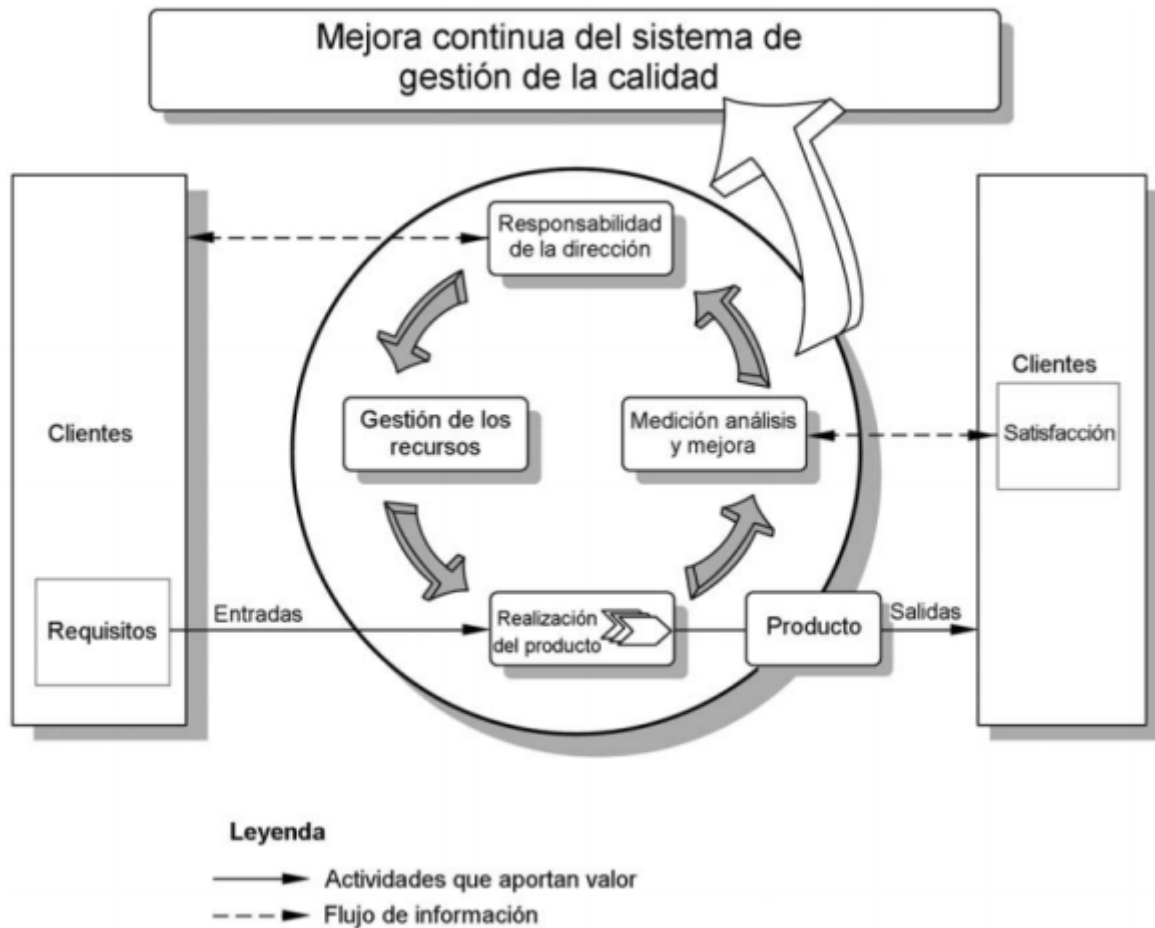


Ilustración 278 Modelo de un sistema de gestión de calidad basado en proceso

Es importante mencionar que los clientes juegan un papel significativo para definir los elementos de entrada. El seguimiento a la satisfacción del cliente requiere la evaluación de la información relativa a la percepción del cliente de si la organización ha cumplido sus requisitos. Cabe mencionar que se puede aplicar la metodología conocida como “Planear-Hacer-Verificar-Actuar” (PHVA).

AMEF (Análisis de modo y Efecto de Falla)

El análisis de modo y efecto de falla proporcionara la orientación y los pasos a un grupo de personas involucradas los cuales identificarán y evaluarán las fallas potenciales de los procesos de fabricación de herramientas. Es importante mencionar que un AMEF se considera como un sumario de las experiencias del equipo de ingeniería (incluyendo un análisis de las características que pueden fallar, basados en las experiencias y en procesos similares a los anteriores. El responsable de la ingeniería debe asegurarse que existan los representantes de todas las áreas involucradas directa o indirectamente. No se debe limitarse solamente al diseño, ensamble, manufactura, materiales, calidad, servicio y proveedores. El AMEF debe ser capaz de estimular el intercambio de ideas entre las funciones afectadas promoviendo el trabajo en equipo.

EDICIÓN :	ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS Y FALLAS (AMEF)			
REVISIÓN :				
NOMBRE / SECC :			DEPARTAMENTO :	
ARCHIVO :			ÁREA :	

NO. DE PARTE :		DESCRIPCIÓN :		Cliente :	
FECHA	DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO	NUMERO DE DIBUJO	ESPECIFICACIONES DE LA MATERIA PRIMA :		
	Primera Edición		OBSERVACIONES		
	Revisión				
EDITÓ :					
REVISÓ :					
APROBÓ :					

Función	Modo de falla potencial	Efectos de falla	S	G	Causa de la falla	O	Controles actuales	D	NRP	Acciones correctivas	Responsables	Valoracion		
												S	O	D

Ilustración 279 Formato de análisis de modo y efecto de fallas

Análisis de fallas

A continuación se presentan los objetos de aprendizaje que orientaran a la optimización de la fabricación. Los cursos que se sugieren son en base a los resultados obtenidos en el capítulo 4.3. Con estos cursos se fortalecerá la función objetivo como se muestra a continuación.

Cronograma de capacitación de Fabricación de herramientas

#	Cursos	Duración	Dirigido a	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Análisis de fallas															
1	Determinar la causa raíz	20 horas	Diseñadores Ingenieros, Técnicos, Herramientitas	■					■						■
2	Identificar los modos de falla	20 horas				■					■	■			

Ilustración 280 Cronograma de Análisis de fallas

Dirigido a	Curso de analisis de fallas para la fabricacion de herramientas				
	Técnicas para eliminar rebabas	Instrumentos de verificación	Análisis y solución de defectos en piezas troqueladas	Análisis y solución en piezas terminadas con operación faltante	Eliminación de re trabajos
Técnicos	●	●	●	●	●
Diseñadores					
Ingenieros	●		●	●	●

Ilustración 281 Plan estratégico para el análisis de fallas

El análisis de falla en los herramientas requiere de procesos especializados y complejos debido que para determinar las causas probables de fallas se requiere de numerosas técnicas, por lo general, se analizan separadamente siguiendo un orden minucioso para obtener diagnósticos, conclusiones y recomendaciones finales. Para ello se sugiere capacitar constantemente al personal involucrado en los procesos de fabricación de herramientas. Los temas a capacitar son los siguientes: Determinar la causa raíz del problema e identificar los modos de falla más

comunes en la fabricación de herramientas. Se recomienda generar la siguiente información para tener una base de datos de las fallas más frecuentes en la fabricación de herramientas:

- Certificados de pruebas.
- Planos.
- Fotografías.
- Pruebas destructivas.
- Análisis de composición química.

Capacitación

La presente tabla muestra los temarios para cada objeto de aprendizaje los cuales se impartirán para un grupo de 15 personas por sesión durante el tiempo asignado para cada curso, es importante mencionar que son 80% prácticos y 20% teóricos, logrando que el receptor tenga las herramientas suficientes para solucionar los problemas y sobre todo lograr la toma de decisiones durante la fabricación de herramientas.

En el capítulo 5.2 se presentan unos formatos para la formación del personal los cuales se aplicaran de acuerdo a las necesidades de los planes estratégicos.

Formato de matriz de capacitación de personal

Nombre	Puesto																					
		Detección de fallas	7 Herramientas básicas	Mantenimiento básico	Mantenimiento productivo total	Cambios rápidos SMED	Generación de modelos 3D	Sistemas de solución	Simulación virtual 1	Simulación virtual 2	Simulación virtual 3	Balaceo de líneas	Cuellos de botella	Análisis de tiempos y movimientos	Análisis de flujo de materiales	Estandarización de trabajo	Kan Ban	Kaizen	7 Desperdicios	5 S	Takt time	




Nivel Básico	
Nivel Avanzado	
Necesita capacitación	
Prioridad	X

Ilustración 282 Matriz de capacitación

5.4 GENERACIÓN DE PRÁCTICAS DE OPTIMIZACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS

En términos generales con la optimización del funcionamiento de los equipos nos referimos a mejorar la función propia de un herramental para que estampe piezas de manera satisfactoria. Esto se logra encontrando las fallas en el funcionamiento de los diferentes tipos de herramientas. La funcionalidad del equipo le dará servicio y retribución a quien lo esté utilizando, por otro lado, encontramos la mejor manera de desarrollar las técnicas y metodologías de capacitación para el óptimo funcionamiento de los herramientas. La capacitación en este tema nos ayudará a encontrar las mejores técnicas en el funcionamiento de herramientas.

Definición de oportunidades de mejora en el funcionamiento de los equipos

Dentro del funcionamiento de los equipos, encontramos una importante cantidad de oportunidades que incluyen: áreas de simulación, Lean manufacturing y mantenimiento. Cubriendo estas áreas de oportunidad se garantiza el buen funcionamiento de los equipos fabricados, siempre y cuando se cumpla con un plan de mantenimiento efectivo para evitar los tiempos muertos por ajustes o interferencias en sus componentes. No perdiendo de vista estos aspectos podemos lograr la optimización en el funcionamiento de los equipos.

Representación gráfica de las fallas en el funcionamiento de los herramientas y sus mejoras potenciales.

Simbología



Mejoras potenciales Fallas en el funcionamiento de herramientas.

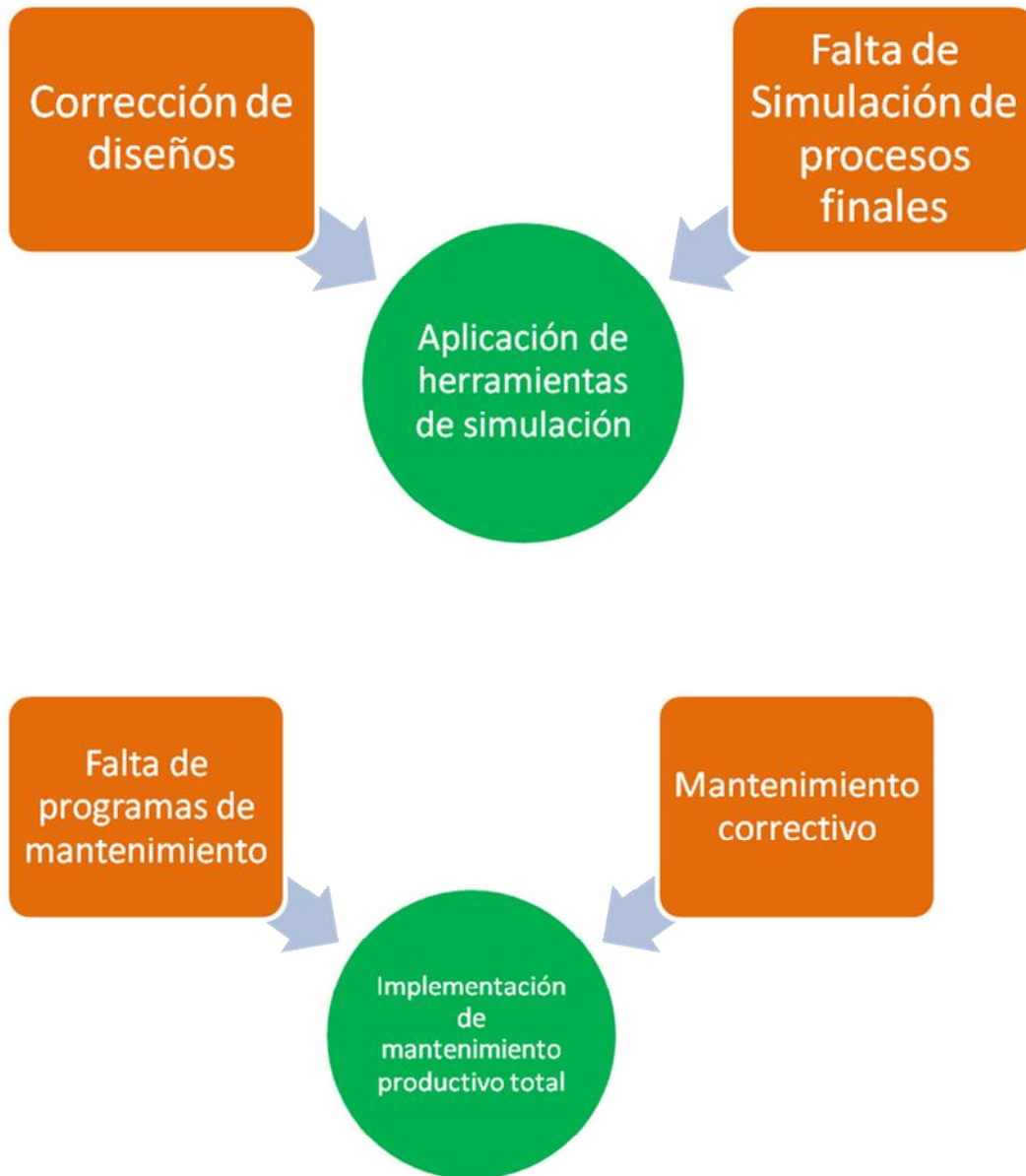




Ilustración 283 Oportunidades de mejora en el funcionamiento de equipos

En la siguiente gráfica se muestran las fallas con mayor incidencia en el funcionamiento de los equipos.

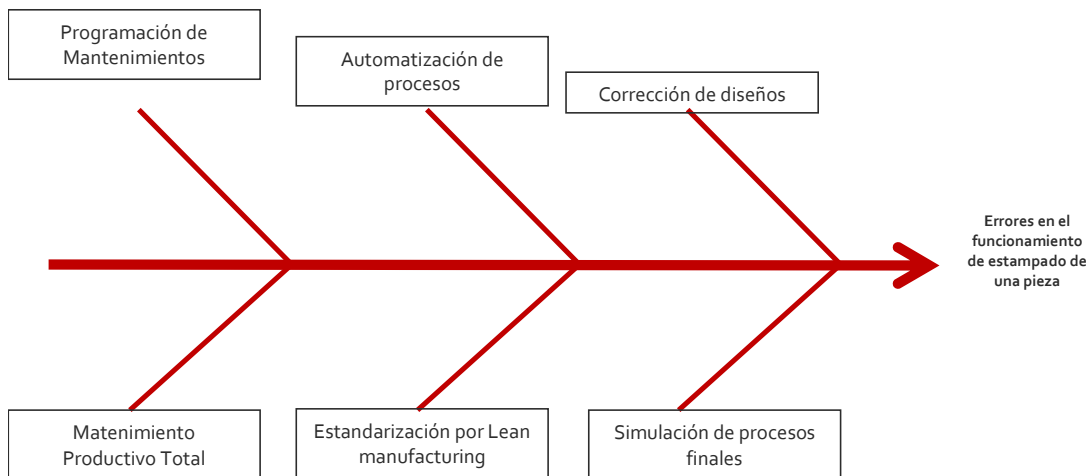


Ilustración 284 Falla en los procesos de Funcionamiento de estampado de piezas

Aplicación de prácticas de aprendizaje (objetos de aprendizaje) a la optimización del funcionamiento de herramientas.

MANTENIMIENTO

A continuación se presentan los objetos de aprendizaje que orientaran a la optimización del funcionamiento. Los cursos que se sugieren son en base a los resultados obtenidos en el capítulo 4.3. Con estos cursos se fortalecerá la función objetivo como se muestra a continuación.

Cronograma de capacitación de Funcionamiento de herramientas

#	Cursos	Duración	Dirigido a	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
	Mantenimiento														
1	Detección de fallas	24horas	Diseñadores Ingenieros, Técnicos, Herramientitas	■											
2	7 Herramientas estadísticas de calidad	40 horas				■									
3	Mantenimiento Productivo Total	40 horas							■						
4	Cambios rápidos de herramientas (SMED)	40 horas											■		

Ilustración 285 Cronograma de Mantenimiento

El instrumento se desarrollo para medir las principales fallas que se prestan a lo largo del funcionamiento de los equipos. El cual ayudará a garantizar la competitividad de las mismas , tales como la innovación, gestión de la tecnología y el capital intelectual, relación con los clientes y proveedores, desarrollo de procesos productivos y de productos, entrenamiento, estudio de actividades entre otras.

Los cuales se desglosan en cursos para Mantenimiento, Simulación y Lean Manufacturing como se muestra a continuación

Objetivo

Elaborar un plan de análisis de fallas para Técnico, Diseñadores e Ingenieros, con base a los procesos de mejora para conocer las fortalezas y debilidades de personal.

Dirigido a	Curso de mantenimiento en funcionamiento				
	Instrumentos de verificación para piezas troqueladas	Técnicas para puesta a punto de herramientas	Elementos de protección, manipulación de herramientas	Mantenimiento predictivo	Mantenimiento preventivo
Técnicos	●	●		●	●
Diseñadores	●	●			
Ingenieros	●	●	●		

Ilustración 286 Plan estratégico de mantenimiento de funcionamiento

La programación óptima para el mantenimiento debe llevarse a cabo en forma periódica en base a un plan establecido y no a una demanda del operario o usuario. Una de las prácticas claves que se deben realizar es la programación de inspecciones, tanto del funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación y calibración de acuerdo a su plan establecido. El propósito de este mantenimiento es prever las fallas potenciales, manteniendo los herramientas en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos. Además se pueden determinar las causas de las fallas repetitivas o detectar puntos débiles de los herramientas.

Se sugiere capacitar al personal de la empresa en estas habilidades para que se observen con mayor claridad las siguientes ventajas:

- Confiabilidad, los herramientas operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado y condiciones de funcionamiento.

- Disminución del tiempo de muerto, tiempo de paro de los herramientales.
- Mayor duración de los herramientales, es decir prolongar su vida útil.
- Menor costo de las reparaciones por el mantenimiento oportuno.

Actividades de aprendizaje sugeridas:

- Se recomienda un plan de detección de fallas (Departamento responsable: Matricería y Calidad)
- Implementar check list para la liberación del herramental para la producción en serie. (Departamentos responsables: Mantenimiento y Calidad)
- Impartir curso de sistema SMED para la reducción de tiempos muertos. (Departamentos responsables: Ingeniería y mantenimiento)
- Se recomienda una planeación programada para el mantenimiento de cada herramental (Departamento responsable: Matricería y mantenimiento)
- Implementar el mantenimiento predictivo para tener una lista de prioridades de las reparaciones requeridas (Departamentos responsables: Mantenimiento y Calidad)
- Capacitar al personal en mantenimiento de oportunidad para la reducción de tiempos muertos por paro de máquina. (Departamentos responsables: Matricería y mantenimiento)



Ilustración 287 Gestión del mantenimiento

SIMULACIÓN

A continuación se presentan los objetos de aprendizaje que orientaran a la optimización del funcionamiento. Los cursos que se sugieren son en base a los resultados obtenidos en el capítulo 4.3. Con estos cursos se fortalecerá la función objetivo como se muestra a continuación.

Cronograma de capacitación de Funcionamiento de herramientas

#	Cursos	Duración	Dirigido a	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
	Simulación														
1	Generación de modelos 3D	24 horas	Diseñadores Ingenieros, Técnicos, Herramientitas	■											
2	Sistemas de solución	16 horas					■								
3	Simulación Virtual 1	40 horas			■										
4	Simulación Virtual 2	40 horas						■							
4	Simulación Virtual 3	40 horas								■					
4	Balanceo de líneas	32 horas										■			

Ilustración 288 Cronograma de Simulación

Dirigido a	Cursos de simulación en funcionamiento	
	Técnicas de uso de herramientas de simulación de elementos discretos (procesos)	Técnicas de uso de herramientas de simulación de elementos finitos (CAE)
Técnicos	✓	
Diseñadores	✓	✓
Ingenieros	✓	

Ilustración 28g Plan estratégico de simulación del funcionamiento

En múltiples ocasiones se tiene la necesidad de hacer alguna modificación o mejora en los herramientas, el éxito de estas modificaciones depende en gran medida de la experiencia y habilidad del personal de matricería. Personal que es difícil encontrar en el campo laboral, por esta razón y utilizando tecnología de punta como la simulación encontramos las siguientes ventajas: Con la aplicación de la simulación no es necesario interrumpir las operaciones del herramental, ya que se puede analizar de manera virtual. Con la simulación se tiene un control total sobre el tiempo, debido a que se puede acelerar el cambio requerido. Al permitir al diseñador observar y jugar con el sistema se mejora el proceso de innovación. Generalmente resulta más barato mejorar el sistema vía simulación que hacerlo en el sistema real. Con la simulación es más sencillo visualizar y comprender los métodos de simulación que los métodos puramente analíticos, se puede profundizar y entender el sistema.

Actividades de aprendizaje sugeridas:

- Se recomienda que el diseñador se capacite en la generación de modelo 3D, es decir que cumpla con la etapa de pre-procesamiento (Departamento responsable: Ingeniería)
- Se sugiere que el personal esté capacitado en sistemas de solución de análisis para generar el modelo y para hacer el análisis aplicando fuerzas y deformaciones. (Departamentos responsables: Ingeniería)

- El personal debe tener la infraestructura para poder visualizar (Post-Procesamiento) e identificar el comportamiento de las piezas. (Departamento responsable: Ingeniería).

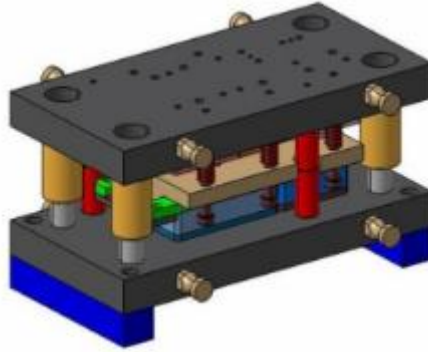


Ilustración 290 Simulación en procesos de matricería

LEAN MANUFACTURING

A continuación se presentan los objetos de aprendizaje que se orientarán a la optimización del funcionamiento. Los cursos que se sugieren son en base a los resultados obtenidos en el capítulo 4.3. Con estos cursos se fortalecerá la función objetivo como se muestra a continuación.

Cronograma de capacitación de Funcionamiento de herramientas

#	Cursos	Duración	Dirigido a	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	
	Lean Manufacturing															
1	Cuellos de botella	16 horas	Diseñadores Ingenieros, Técnicos, Herramientitas			■										
2	Análisis de tiempo y movimientos	32 horas							■							
3	Análisis de flujo de materiales	32 horas										■				
4	Estandarización de trabajo	16 horas												■		
4	Kamban	40 horas		■												
4	Kaizen	32 horas					■									
4	Desperdicios	40 horas						■								
4	5'S	16 horas											■			

Ilustración 291 Cronograma de Lean Manufacturing

Dirigido a	Curso de Lean Manufacturing en funcionamiento de equipos			
	Cuellos de botellas en el funcionamiento de los equipos	Técnicas para minimizar fallas de equipos	Solución de errores más comunes en el estampado	Optimización de tiempos en el montaje de herramientas (SMED)
Técnicos	●	●		●
Diseñadores			●	
Ingenieros	●		●	●

Ilustración 292 Plan estratégico de Lean Manufacturing

Como se mencionó anteriormente las herramientas de la metodología Lean Manufacturing son de gran utilidad para la fabricación de herramientas y lograr un funcionamiento óptimo de los herramientas. Por esta razón la capacitación al personal de la empresa debe ser la adecuada para lograr la eliminación de desperdicios (defectos, espera, movimientos, inventarios, transportación, re-trabajo y mano de obra) que no aportan valor al producto fabricado, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere. Al eliminar estos desperdicios, la calidad mejora y el tiempo de producción y el costo se reducen. Se deben aplicar procesos continuos de análisis (Kaizen), producción pull (Kanban) y procesos a prueba de error (Poka Yoke). Se sugiere la capacitación en esta metodología para que todos trabajando en equipo logren la reducción de costos, mejorar los procesos y eliminar los desperdicios para aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad.

Se recomienda porque proporciona a las compañías herramientas para sobrevivir en un mercado global que exige cada día una mejor calidad, la entrega de los productos más rápida a menor costo y en la cantidad requerida. Con la capacitación del personal de la compañía se reduce la cadena de desperdicios, se reduce el inventario en el piso de producción, se crean sistemas de entrega de materiales apropiados y mejora las distribuciones de planta para aumentar la flexibilidad. La implementación de las técnicas de producción esbelta debe ser en

las diferentes áreas de la compañía porque beneficia a ella misma y a sus empleados. Los beneficios que se generan con estas medidas son: Reducción de alrededor del 50% en costos de producción, reducción del tiempo de entrega, mejor calidad, menos mano de obra, mayor eficiencia de equipo y disminución de los siete desperdicios.

Actividades de aprendizaje sugeridas:

- Se recomienda que se fortalezcan los controles internos, como son las auditorías a los procesos de fabricación (Departamento responsable: Calidad.)
- Se debe capacitar al personal en la fabricación de equipos, para lograr un buen funcionamiento ya en la producción en serie.
- Debe haber un balanceo de operaciones óptimo para incrementar la producción y se vea reflejado en buen funcionamiento de los equipos.



Ilustración 293 Proceso Lean Manufacturing

Se presenta el cronograma de capacitación para el funcionamiento de herramientas, en el cual aparecen los tres objetos de aprendizaje Mantenimiento, Simulación y Lean Manufacturing, la duración y a qué departamento está dirigido.

En las siguientes ilustraciones se muestra formatos los cuales se aplicaran en los planes estratégicos para la formación del personal.

En el capítulo 5.2 se muestran las ilustraciones 245 “Calendario de formación” y 246 “Programa de formación personal”, los cuales son formatos que se sugieren aplicar para la planeación estratégica, para incrementar la optimización del funcionamiento de los herramientas.

Formato de matriz de capacitación para el funcionamiento de equipos

Nombre	Puesto	Detección de fallas	7 Herramientas básicas	Mantenimiento productivo total	Cambios rápidos SMED	Generación de modelos 3D	Sistemas de solución	Simulación virtual 1	Simulación virtual 2	Simulación virtual 3	Balaneo de líneas	Cuellos de botella	Análisis de tiempos y movimientos	Análisis de flujo de materiales	Estandarización de trabajo	Kan Ban	Kaizen	7 Desperdicios	5 S	Takt time

Nivel Básico	■
Nivel Avanzado	■
Necesita capacitación	■
Prioridad	X

Ilustración 294 Matriz de capacitación

REFERENCIAS

FUENTE BIBLIOGRÁFICA.

- 1) Peterson, (1994). Society of Manufacturing. Dearborn, Mich. Senior editor.
- 2) Altrum. (2002). Center for Automotive Research. A Collaborative Business Model for the Tool and Die Industry. Manufacturing System Group.
- 3) Lasheras, J. (1996). Tecnología mecánica y metrotecnica. España: Editorial Donostiarra.
- 4) Marín, C. (2009). Troqueles y troquelado, para la producción en grandes series de piezas. *Metal Actual*.
- 5) Eugene A. (1995). Manual del ingeniero mecánica Marks, Editorial Mc. Graw Hill. 9ª edición.
- 6) 36 Heinrich Gerling (1964). Alrededor de las máquinas - herramientas, Editorial Reverté. 2ª edición.
- 7) Gutiérrez, G. (2004). Aterrizando Seis Sigma. México. Regiomontanas (2ª. Edición).
- 8) Hernández. J. (2013). Lean Manufacturing, Conceptos, Técnicas e Implementación. Madrid, España: EOI
- 9) Pyzdek, T. (2014). The six sigma handbook. New York: McGraw-Hill Education.
- 10) Thompson, S. (1999) Handbook of mold, tool and die repair welding, Norwich, NY: William Andrew Pub.
- 11) Suchy, I. (2006) Handbook of die design, New York: McGraw-Hill.

FUENTE DIGITAL

- 1) Interempresas. (2003). La larga historia del prensado de metales. Agosto 10, 2014, de eMagazine Metalmecánica Sitio web:
<http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/10544-La-larga-historia-del-prensado-de-metales.html>

- 2) Patricio. (2011). El principio de Pascal. Julio 22, 2014, de Química y algo más Sitio web: <http://www.quimicayalgomas.com/fisica/teorema-de-pascal-prensa-hidraulica>
- 3) Grupo Gestamp. (2014). Estampación. Agosto 22, 2014, de Grupo Gestamp Sitio web: <http://gestamp.com/home.aspx>
- 4) Piquets, J. (2014). Calidad y procesos de fabricación. Julio 28, 2014, de Julien S.A. Sitio web: <http://www.piquets-julien.fr/sp/qualite/procedes-de-fabrication.php>
- 5) American Hydroformers. (2014). Hydroforming. Agosto 29, 2014, de American Hydroformers Sitio web: <http://www.americanhydroformers.com/what-is-hydroforming.aspx>
- 6) Talleres Arva. (2014). Estampación en caliente. Julio 14, 2014, de Talleres Arva Sitio web: <http://www.talleresarva.es/estampacion-en-caliente.html>
- 7) Metalmecánica. (2014). Panorama del sector de moldes en México. Agosto 19, 2014, de Carvajal Medios B2B Sitio web: <http://www.metalmecanica.com/temas/Panorama-del-sector-de-moldes-en-Mexico+98464?pagina=1>
- 8) Cluster Industrial. (2014). Directorio Automotriz. Agosto 03, 2014, de Cluster Industrial Sitio web: <https://www.directorioautomotriz.com.mx>
- 9) XpertCad. (2014). Modelado avanzado de superficies. Agosto 13, 2014, de NC Tech Sitio web: <http://www.nctech.com.mx/ita/cursos/modelado-avanzado-de-superficies/>
- 10) DUBLAL. (2011). Cálculo de barras de acero según SANS 10162-1:2011. Agosto 04, 2014, de DLUBAL Sitio web: <https://www.dlubal.com/es/steel-sans-8xx.aspx>
- 11) ISO-TOOLS. (2012). Especificación Técnica para la Calidad en la Industria del Automóvil Julio 30, 2014 Sitio web: <http://www.isotools.org/2012/04/18/especificacion-tecnica-para-la-calidad-en-la-industria-del-automovil/>
- 12) METALMECANICA. (2013). Formato de datos JT de Siemens aprobado como un estándar ISO mundial. 2 de agosto de 2014, de METALMECANICA Sitio web:

<http://www.metalmecanica.com/temas/Formato-de-datos-JT-de-Siemens-aprobado-como-un-estandar-ISO-mundial+7091314>

13) Clúster Automotriz de Guanajuato. A.C. Mayo 2014. Disponible en:

<http://www.claugto.org/>

14) CLAUT, Clúster Automotriz de Nuevo León. Mayo 2014. Disponible en:

<http://claut.com.mx/>

15) Cluster Mapping Project. Junio 2014. <http://www.clustermapping.us/about>

16) European Cluster Observatory. Junio 2014. Disponible en:

<http://www.clusterobservatory.eu/index.html>

17) Foy, H. FINANCIAL TIMES: La triste industria automotriz en Europa. El Financiero. Julio 2013. Disponible en: <http://www.elfinanciero.com.mx/archivo/financial-times-la-triste-industria-automotriz-en-europa.html>

18) Panorama del sector de moldes en México. Mayo 2014. Disponible en:

<http://clusterindustrial.com.mx/panorama-del-sector-de-moldes-en-mexico/>

19) Porter, M. Clusters and the New Economics of Competition. 1998. Mayo 2014.

Disponible en: <http://www.rimisp.org/wp-content/>

20) The Automotive Industry in the United States. SELECT USA. Junio 2014. Disponible en:
<http://selectusa.commerce.gov/industry-snapshots/automotive-industry-united-states>

21) Müller Weingarten. Julio 2014. Disponible en:

http://www.schulergroup.com/minor/mx/about_us/index.html

22) Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial. Agosto 2014. Disponible en:

<http://cidesi.com/wsite/index.php>

23) Consultores en Conformado y Procesos de Manufactura s.a. de C.V. Agosto 2014.

Disponible en: <http://www.consultorescpm.com.mx/consultorescpm/index.php/es/>

24) Permont. (Jun 10, 2014). Troquelados y estampados. Jul 02, 2014, de permont Sitio web:

<http://permont.com.mx/troquelados/>

25) INTRODUCCIÓN AL CAD/CAM

<http://lenguajedeingenieria.files.wordpress.com/2013/02/introduccion-al-cad-CAM>

26) Ruiz Vidal, Eduardo [en línea]. [Fecha de consulta 01 septiembre 2014]. Disponible en:

http://www.mercuriovalpo.cl/prontus4_noticias/site/artic/20080216/pags/20080216000305.html

27) López Martínez, A (2011). Complementos Teóricos. Disponible en:

http://www.ual.es/personal/alm212/documentos/Complementos_Tecnologia_Mecanica.pdf